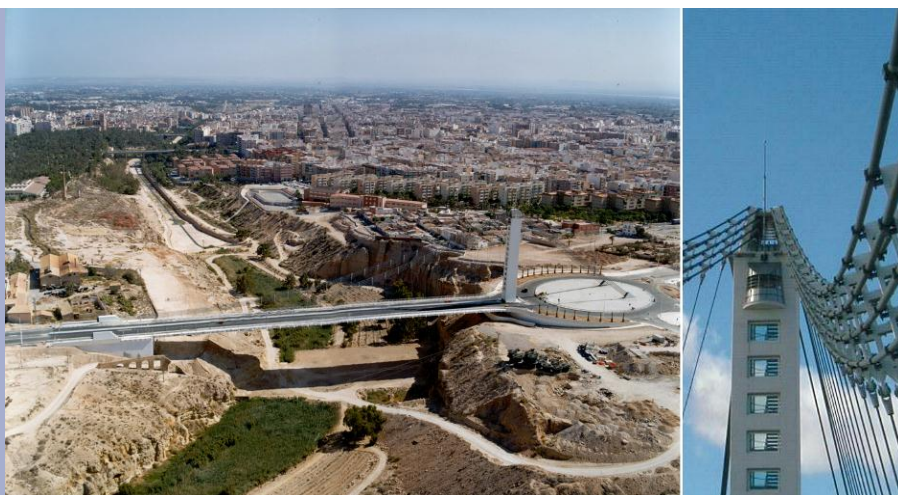


## Puente Colgante en Elche



<b>Tipología estructural</b>	Puente colgante de 164,50 m de luz.
<b>Localización</b>	Ronda Norte de Elche. Provincia de Alicante.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Julio de 2000.
<b>Propiedad</b>	Generalitat Valenciana.
<b>Construcción</b>	FCC.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

El puente colgante sobre el río Vinalopó, en la Ronda Norte de Elche, es asimétrico de 164,50 m de luz y 23,00 m de anchura. El tablero está sustentado por dos conjuntos de cables, situados en planos inclinados, que se anclan en sendos contrapesos. Hay una única pila, situada en la margen derecha. Cada cable principal está formado por ocho cables cerrados de 125 mm de diámetro. Esta solución permite la utilización de cables de catálogo, con un resultado más económico, así como la sustitución de estos elementos. Las péndolas, situadas cada 6,00 m, están también resueltas con cables cerrados de 60 mm de diámetro. El tablero es mixto y de canto variable entre 0,60 y 0,90 m de espesor. La pila de hormigón armado, de 44,50 m de altura, está formada por dos pantallas paralelas al eje del puente que se rigidizan transversalmente con una escalera situada en su interior.

Los cables principales se montaron con un sistema de cable guía. Las péndolas y sus conexiones con el cable principal han sido montadas con un sistema especialmente diseñado que circulaba sobre los cables principales previamente instalados. El tablero metálico se montó con grúas.

El hormigonado de la losa se realizó de una vez, utilizando un hormigón con retardador de fraguado para que tuviera lugar cuando el tablero estuviera totalmente hormigonado.

## Puente sobre el Río Sil



<b>Tipología estructural</b>	Celosía mixta de 93,50+170,00+93,50 m de luz.
<b>Localización</b>	Autovía del Noroeste entre San Román de Bembibre y Villafranca del Bierzo. Provincia de León.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Julio de 2000.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento.
<b>Construcción</b>	ACS Proyectos Obras y Construcciones. Operaciones de empuje Lastra Ibérica.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción, Asistencia Técnica y Proyecto de Reparación.

Los puentes sobre el río Sil son dos celosías mixtas de tres vanos de 93,50+170,00+93,50 m de luz y 13,20 m de anchura, respectivamente. Cada tablero tiene dos celosías de canto variable, desde 4,00 m en los estribos y en el centro de vano hasta 10,00 m en las pilas. Las barras de la celosía son cajones de 0,60 x 0,45 m (cordones superior e inferior) y de 0,40 x 0,45 m (diagonales). Los nudos tienen un diseño especial para simplificar su construcción. La solución estructural incorpora una doble acción mixta, con una losa de hormigón en el cordón inferior, de canto variable entre 0,50 y 0,25 m de espesor.

Las celosías se han empujado por mitades desde los dos estribos. En el proyecto se había previsto, inicialmente, el empuje apoyado en el cordón superior con una estructura auxiliar que se apoyaba en las pilas. Finalmente se optó por un sistema muy ingenioso, apoyándose en el cordón inferior.

Para controlar los efectos de inestabilidad longitudinal de las pilas, se ha limitado su desplazamiento, mediante un sistema especial de conexión del tablero a los estribos.

## Puente sobre el Embalse de El Burguillo



<b>Tipología estructural</b>	Arco de hormigón de tablero superior de 165,00 m de luz.
<b>Localización</b>	Embalse de El Burguillo próximo a El Tiemblo. Provincia de Ávila.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Julio de 1999.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento.
<b>Construcción</b>	UTE Construcciones Sobrino y Tapusa.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

El puente sobre el Embalse de El Burguillo es un arco de hormigón armado. El tablero superior, también de hormigón armado, es de 287,00 m de longitud total y de 165,00 m de luz principal. El arco es macizo, de ancho constante e igual a 4,00 m, con canto variable de 3,10 m en arranques a 1,75 m en clave. El tablero está formado por una sección maciza esbelta de 0,90 m de canto. Dicha sección está constituida por un núcleo central de 4,00 m de anchura que coincide con la del arco, y por dos grandes voladizos de canto variable, cada uno, asimismo, de 4,00 m. El tablero está apoyado rígidamente en las pilas de los viaductos de acceso y en los pilares que nacen del arco cada 13,75 m. Las pilas son de ancho constante de 4,00 m, igual que el arco, y de canto variable en función de la altura desde 0,90 m hasta 0,35 m en las pilas mas bajas.

El arco, empotrado en el tablero, se ha construido por avance en voladizo y atirantamiento provisional. El tablero se realizó con una cimbra autolanzable.

## Puente sobre el Canal del Chacao



<b>Tipología estructural</b>	Puente colgante de dos vanos de 1.100,00+1.055,00 m de luz.
<b>Localización</b>	Canal del Chacao. X Región. República de Chile.
<b>Fecha de finalización</b>	Septiembre de 2001.
<b>Propiedad</b>	MOP. República de Chile.
<b>Proyecto</b>	Ingeniería Cuatro - COWI - FHECOR Ingenieros Consultores.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Licitación y Estudio de Viabilidad.

El puente sobre el Canal del Chacao constituirá la unión fija entre la Isla Grande de Chiloé y el continente, en la X Región de Chile, a unos 1.000 km al sur de Santiago de Chile. En su función de expertos estructurales, FHECOR Ingenieros Consultores ha participado en las siguientes dos etapas de este proyecto, desarrolladas hasta ahora el Estudio Preliminar de Inversión y el Proyecto de Licitación.

La solución propuesta es un puente colgante de dos vanos de 1.100,00 m y 1.055,00 m de luz y de 19,80 m de anchura. Las pilas son de hormigón armado y se cimentaron de la siguiente manera La pila norte en el agua, a unos 20,00 m de profundidad, la pila intermedia en una pequeña isla que se encuentra sumergida cerca del centro canal y la pila sur directamente en la Isla de Chiloé.

Uno de los condicionantes más importantes del proyecto es la sismicidad de la zona de emplazamiento que se encuentra próxima a la zona de mayor sismo registrado, con una aceleración máxima de 0,4 g.

Otro aspecto singular a tener en cuenta en el procedimiento constructivo es el de las fuertes corrientes que se generan, entre la marea alta y baja, con velocidades que alcanzan hasta 5 m/s.

## Viaducto sobre el Río Alberche



<b>Tipología estructural</b>	Jácena mixta con luces de 38,00+56,00+66,00+52,00+34,00 m.
<b>Localización</b>	Variante de El Tiemblo. Provincia de Ávila.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Julio de 1999.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento.
<b>Construcción</b>	UTE Construcciones Sobrino y Tapusa.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

Este viaducto tiene un tablero mixto de dos vigas con luces de 38,00 m, 56,00 m, 66,00 m, 52,00 m y 34,00 m. Las pilas, de hormigón armado, son muy esbeltas, con alturas entre 22,00 y 45,00 m. Su sección cajón es de 4,00 x 1,80 m<sup>2</sup> de dimensiones exteriores, de paredes de 0,30 m de espesor y cuenta con un cabezal mixto, distinto para cada pila, debido a la geometría del tablero. Para controlar la esbeltez longitudinal, el tablero está unido a los estribos mediante un sistema especial que permite movimientos causados por temperatura y retracción, a la vez que fija el tablero contra movimientos rápidos debidos al frenado.

Las pilas se construyeron con encofrado deslizante. Los cabezales metálicos se montaron con grúa y se hormigonó con bomba. Las vigas de la estructura metálica se instalaron, asimismo, con grúa. La losa superior se hormigonó sobre prelosas.

## Viaducto Puerta de Hierro



<b>Tipología estructural</b>	Cajón mixto multivano.
<b>Localización</b>	Nudo de Puerta de Hierro. Madrid.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Julio de 2000.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento.
<b>Construcción</b>	ACS Proyectos Obras y Construcciones.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción.

Esta estructura está compuesta de dos viaductos paralelos de 413,17 m y de 265,17 m de longitud total, respectivamente, que parten de la N-VI y pasan sobre la M-30 y la propia N-VI. Los vanos normales tienen luces próximas a los 25,00 m, siendo el vano máximo, sobre la N-VI, de 40,00 m. El tablero es de canto constante, igual a 1,25 m, con acartelamientos en los apoyos del vano principal. Las pilas son fustes troncocónicos o pantallas, dependiendo de sus posibilidades de apoyo.

Los viaductos se construyeron mediante la instalación de cajones metálicos por tramos y con grúas. La losa superior se construyó con prelosas, sobre las que se dispuso la armadura y se hormigonó.

## Autovía del Cantábrico. Tramo Trubia-Llera



<b>Tipología</b>	Viaducto mixto tipo bijácena.
<b>Localización</b>	Tramo Trubia-Llera CN 634). Asturias.
<b>Fecha de inauguración</b>	Abril 2006
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento.
<b>Construcción</b>	UTE TRUBIA-LLERA.
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de Construcción.

El Viaducto 2 sobre el río Nora es una estructura mixta tipo bijácena de 246 m de longitud con un tablero de hormigón de 12,00 m de ancho. La estructura viene condicionada por la presencia de sendos túneles a su entrada y salida así como por el propio río Nora que cruza bajo el viaducto con un esviaje importante. Otro condicionante del encaje de la estructura es el estudio de impacto ambiental que requiere que las pilas se sitúen a 10,00 m de la vegetación de ribera. Estos condicionantes dan lugar a una distribución de luces de 68 + 81 + 58 + 39 m.

El canto del tablero es de 3,10 m, dando lugar a una esbeltez de  $L/26$ . Las pilas, de sección rectangular hueca y relativamente esbeltas tienen un canto de 2,00 m, un ancho de 4,00 m y una altura máxima de 36,00 m.

El tablero está formado por 2 vigas armadas, conectadas transversalmente mediante una losa de hormigón de canto variable entre 0,30 y 0,15 m y por diafragmas intermedios cada 3,00 metros. La cuantía de acero estructural en tablero, incluyendo diafragmas, riostras y rigidizadores, es de 207 kg/m<sup>2</sup>.

La cimentación es profunda en las dos pilas correspondientes al vano principal y directa en la tercera pila. Las pilas 1 y 2 se cimentan mediante 6 pilotes de 1,50 m de diámetro y una longitud aproximada de 12,00 m. La pila 3 se cimenta directamente sobre la roca caliza, a una profundidad lo suficientemente importante para evitar las cavidades cársticas detectadas en los sondeos.

## Puentes Enlace de la Zarzuela



<b>Tipología estructural</b>	Viaductos de tablero de hormigón pretensado con vanos de 45,00 a 50,00 m.
<b>Localización</b>	Enlace de la Zarzuela en la M-40 de Madrid.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Julio de 1996.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento.
<b>Construcción</b>	UTE OCP- AUXINI y Dragados Obras y Proyectos.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

El enlace de la Zarzuela se encuentra en la M-40, sobre la carretera de El Pardo y el río Manzanares, conectando la M-40 con la M-30 y con la carretera de El Pardo. En un pequeño espacio se concentran 2.247,20 m lineales de viaductos ó 32.760,00 m<sup>2</sup> de estructuras.

En la elección de los tableros de hormigón pretensado para estos viaductos influyeron los siguientes factores el aumento de las luces de los vanos para reducir al mínimo el número de pilas, la disposición de cantos lo más ajustados posible, con esbelteces compatibles y el juego con la forma de la sección transversal, con una longitud mayor de los voladizos para disimular el canto establecido.



Conexión con la  
M-40 en el PAU  
Las Tablas



<b>Tipología estructural</b>	Viaducto mixto y estructuras de hormigón.
<b>Localización</b>	Vías de Servicio de la M-40 entre la Carretera de Colmenar y la N-I.
<b>Fecha inauguración</b>	Septiembre de 2004.
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Madrid.
<b>Trazado</b>	Vigiconsult.
<b>Alcance del Trabajo</b>	Proyecto de Construcción de las Estructuras.

Esta obra permite conectar el nuevo barrio de Las Tablas en el Norte de Madrid con la M-40 y el centro de la ciudad. El proyecto comprende 10 estructuras entre las que destaca el Viaducto sobre la N-I.

Esta última estructura está muy condicionada por los gálibos debido a que debe pasar por encima de la N-I y por debajo del viaducto que enlaza la N-I (dirección Madrid) con la M-40 (dirección A-2). En la actualidad, este ramal presenta una estructura de gran luz y gran visibilidad. Por ello, el canto máximo que puede tener la estructura del viaducto en su paso por encima de las vías de servicio de la N-I es de 0,70 m. Por otra parte, debido a la presencia de un túnel bajo la N-I, resulta imposible disponer un apoyo en la mediana de esta autovía, por lo que la futura estructura debe salvar un vano mínimo de 45,00 m.

La estructura resultante es mixta, de 11 vanos y 15 metros de ancho. Está formada por dos cajones metálicos que soportan una losa de 0,20 m de espesor. El encaje da lugar a luces —medidas en el eje de trazado—, de 30-45-3×27-2×30-45-27-30-21 para el cajón de la derecha y a luces de 28-45-29-2×27-2×30-45-27-30-21 para el cajón de la izquierda. La diferencia de luces en la parte inicial del viaducto (E-1) obedece al gran esviaje de la intersección entre la vía nueva colectora y el Ramal M-40 (dirección A-6) – N-I (dirección Burgos).

Los vanos de 45,00 m están resueltos mediante una estructura de acero *corten* de canto variable, tipo parabólico. En este caso, el canto sobre pilas es de 2,00 m (L/22,5) mientras que en el centro de vano es de 1,00 m (L/45). Los demás vanos están resueltos con dos cajones de acero *corten*, cubiertos por una losa superior de hormigón de canto total de 0,70 m y apoyados en cartelas de hormigón sobre las pilas. A pesar de los aludidos condicionantes impuestos (gálibos, vano de 45,00 m), esta solución permite disimular elegantemente la disparidad de cantos, impuesta por razones funcionales. Por otra parte, el acartelamiento se integra bien en el entorno al ser una tipología utilizada en las estructuras existentes del nudo. El canto máximo en los apoyos acartelados sobre pilas es de 1,35 metros (L/22).

## Puente sobre el Barranco de Cavalls



<b>Tipología estructural</b>	Celosía mixta con pretensado exterior de 56,00 m de luz.
<b>Localización</b>	Distribuidor Comarcal Sur de Valencia.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Diciembre de 1998.
<b>Propiedad</b>	Generalitat Valenciana.
<b>Construcción</b>	Dragados Obras y Proyectos.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

El puente sobre el Barranco de Cavalls está formado por cuatro celosías espaciales mixtas de 56,00 m de luz, 3,00 m de canto y 4,00 m de anchura. En conjunto dan lugar a un tablero de 17,00 m de anchura. Para optimizar la utilización del acero estructural, se ha precomprimido el cordón inferior, traccionado en servicio, mediante un pretensado exterior constituido por dos tendones de 24 cordones paralelos de 0,6”.

Sobre la estructura metálica formada por las celosías, se hormigonó la losa del tablero contra un encofrado perdido. Finalmente se tesó el pretensado exterior.

## Puente del Picado



<b>Tipología estructural</b>	Tablero mixto bi-jácena con vanos de 50+5x70+50 m de luz.
<b>Localización</b>	Embalse de Guadalcaacín II. Provincia de Cádiz.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Marzo de 1999.
<b>Propiedad</b>	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
<b>Construcción</b>	ACS
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

El puente del Picado tiene una longitud total de 450,00 m, con una luz máxima de 70,00 m y un canto total de 2,30 m. El tablero se compone de dos vigas metálicas con losa superior hormigonada sobre prelosas. Las pilas están constituidas por dos pilas pilote de 1,60 m de diámetro, con alturas entre 23,00 m y 35,00 m. El cabecero de las pilas es mixto, sirviendo el cajón metálico como encofrado y armadura.

El montaje de las pilas pilote se realizó desde una barcaza. Después de que el cabecero metálico había sido instalado y hormigonado, se empujó la estructura metálica del tablero para que las prelosas, llevadas en barcaza, pudieran disponerse encima de las vigas.

## Alto de Santo Domingo



<b>Tipología</b>	Puente de voladizos sucesivos (Barbantiño) y Puente de sección cajón sobre autocimbra (Miño).
<b>Localización</b>	Orense (Galicia).
<b>Fecha de Inauguración</b>	Febrero de 2005.
<b>Propiedad</b>	ACEOUSA.
<b>Proyecto de trazado</b>	CIISA-G.O.C.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción.

Los puentes sobre los ríos Barbantiño y Miño forman parte de la autovía de peaje Santiago — Orense en el tramo comprendido entre el Alto de Santo Domingo y la Autovía das Rías Baixas.

El viaducto del Barbantiño es una estructura de 805,00 m de longitud con una distribución de luces de 125-3 185-125 m. El ancho del tablero es de 25,00 m, lo cual permite el paso de dos calzadas de autovía con una anchura de 10,50 m. En la zona central quedan 3,00 m que, en caso de necesidad, permitirían una ampliación de la autovía.

La sección transversal es una sección en cajón de canto variable entre 8,75 m en apoyos y 3,50 m en centros de vano. Los voladizos laterales tienen 8,00 m de luz y se apoyan sobre costillas transversales, situadas a una distancia de 5,00 m entre sí. Las pilas, con una altura máxima de 80,00 m, están formadas por dos pantallas empotradas al tablero, con una sección en H, de canto variable en dirección longitudinal. Esta tipología presenta varias ventajas

-La flexibilidad y el funcionamiento estructural óptimo de estas pilas proporcionan una rigidez transversal y una resistencia adecuadas para hacer frente a las cargas de viento, a la vez que minimizan la rigidez en sentido longitudinal y, por tanto, las acciones impuestas (temperatura, comportamiento diferido del hormigón). Esta circunstancia permite que dichos elementos se diseñen con un ancho transversal constante.

-Desde el punto de vista constructivo, el encofrado requerido es sencillo sin necesidad de paramento interior.

-Desde el punto de vista estético, las alas de la sección en H dan lugar a un juego de sombras que produce un hermoso efecto visual en la superficie del hormigón.

El puente sobre el río Miño es una estructura continua de 450,00 m de longitud y una distribución de vanos de 42-2 52-3 70-52-42 m. La sección transversal tiene el mismo ancho que la del Barbantiño y una tipología en cajón con un canto de 2,80 m. Asimismo, los voladizos laterales cuentan con una longitud de 8,00 m y se apoyan sobre costillas transversales cada 5,00 m.

## Autopista Central. Chile



<b>Tipología Estructural</b>	Puentes, pasos superiores e inferiores.
<b>Localización</b>	Santiago de Chile. República de Chile.
<b>Fecha de Inauguración</b>	2006.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Obras Públicas. República de Chile.
<b>Construcción</b>	Dragados – Skanska - Belfi – Brotec.
<b>Concesionario</b>	Autopista Central.
<b>Consultor Principal</b>	Ingeniería Cuatro.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción de las Estructuras.

La Autopista Central de Santiago de Chile está constituida por dos grandes ejes que atraviesan la capital de norte a sur y cruzan el río Mapocho en dos ocasiones. El eje norte – sur discurre entre el mencionado río y la Av. Américo Vespucio norte a lo largo de 40 km. El eje General Velásquez tiene una longitud de 20 km. Una vez finalizada esta autopista, será la tercera del mundo y la primera de Sudamérica (junto con otras concesiones de la Región Metropolitana) en la que se implante el Peaje *Free Flow*, que permite el tránsito de vehículos sin detenerse.

El proyecto incluye la ejecución de numerosas estructuras en zonas urbanas y periurbanas, densamente pobladas y con una carga de tráfico importante, así como un gran número de intervenciones sobre estructuras existentes, por lo que resulta imprescindible mantener el paso de vehículos —aunque restringido— durante el proceso constructivo. Las estructuras del proyecto comprenden 5 puentes, 32 pasos superiores, 35 pasos inferiores, 34 pasarelas, 3,7 km de falso túnel y 24 km de muros.

Las tipologías utilizadas en los puentes, en los pasos superiores e inferiores responden a distintos condicionantes, tanto geométricos como constructivos. Por ello, se han proyectado losas pretensadas con armadura postesa, losas armadas, estructuras mixtas y estructuras con vigas armadas y pretensadas prefabricadas.

La estructura del falso túnel está constituida por losas de hormigón armado o postesado de 1 y 2 vanos sobre pilotes. Para los 3,7 km, el proceso constructivo adoptado ha consistido en la excavación, la ejecución de los pilotes y el posterior hormigonado de la losa sobre el terreno. En último lugar se realizó la excavación bajo la losa.

El proyecto de las estructuras de la Autopista Central ha estado condicionado por la actividad sísmica que se produce en Chile. La norma de proyecto de puentes y estructuras vigente en este país es el código americano AASHTO 1996, complementado por el Manual de Carreteras del MOP.

## Paso atirantado sobre el By Pass en Valencia



<b>Tipología estructural</b>	Puente mixto atirantado
<b>Localización</b>	Torrent (Valencia)
<b>Propiedad</b>	Generalitat Valenciana
<b>Constructor</b>	UTE FCC-PAVASAL
<b>Consultor general</b>	INOCSA
<b>Consultor estructural</b>	FHECOR Ingenieros Consultores
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de construcción y Asistencia técnica al constructor
<b>Fecha de redacción</b>	Diciembre 2003
<b>Puesta en servicio</b>	Junio 2005

La nueva autovía de conexión entre el Distribuidor Comarcal Sur de Valencia y la autovía A-7 que circunvala la ciudad (By pass), precisa pasar sobre esta última y sus vías de servicio con un esviaje del 45° y sin apoyarse en la mediana de la A-7 para facilitar la futura ampliación de esta. Esta nueva conexión presenta en la zona de enlace dos calzadas, una de 7,00 m y otra de 4,00 m de ancho, arcenes laterales de 2,50 m y mediana central de 3,00 m.

La estructura propuesta para resolver el paso consta de 3 vanos de luces 34,50 + 57,0 + 34,50 m, resolviéndose el tablero dos vigas cajón metálicas longitudinales (de 1800 mm. ancho por 1000 mm. de canto) que se atirantan de parejas de pilonos mediante sendos planos de cables formados por tres tirantes delanteros y tres de retenida formando un sistema autoanclado.

Los cables del sistema de atirantamiento, con diámetro exterior variable entre 225 y 245 mm., entre formado por cordones paralelos y son de longitud prefijada y terminados en mazarotas de conexión.

Transversalmente el tablero, de 23,00 m de ancho total, esta formado por un entramado mixto de vigas biarticuladas metálicas armadas de 0,80 m de canto sobre las que apoya una losa de hormigón de 0,20 m de espesor máximo, que se ejecuta sobre una chapa grecada. En los extremos debido al esviaje se dispone una viga metálica de cierre con 2,05 canto, que recoge las vigas transversales de la zona próxima al ángulo agudo del tablero.

Los pilonos, de 12,0 m altura y sección hexagonal, son mixtos con chapa exterior de 20 mm. y relleno de hormigón y están empotrados en el tablero en su unión con las vigas longitudinales y transversales. Bajo la unión del tablero con los pilonos se han colocados aparatos de neopreno que transmiten las cargas a las pilas de hormigón armado con forro formal metálico. Estas pilas, también con sección hexagonal, tiene una altura en le entorno de los 8,0 m y esta cimentada sobre encepados que recogen cinco pilotes de 1,0 m de diámetro.

En la zona de estribos, el tablero se apoya, a través de apoyos tipo POT, en dos pilastras prismáticas de hormigón armado cimentadas sobre dos pilotes de 1,0 m pilotes, situadas por delante de los paramentos de suelo reforzado del estribo, independizando de esta forma la estructura principal del comportamiento deformacional del macizo de suelo reforzado que constituyen los estribos.

Puente sobre el  
Río Najerilla.  
Nájera



**Tipología estructural**

Puente arco de tablero mixto y arco metálico de 45,00 m de luz.

**Localización**

Sobre el río Najerilla en Nájera. La Rioja.

**Fecha de Inauguración**

Febrero de 2005.

**Propiedad**

Excmo Ayuntamiento de Nájera.

**Construcción**

EUROCONTRATAS S.A.

**Taller estructura metálica**

ASCAMON.

**Alcance de la Obra**

Proyecto de Construcción y D. de obra

La estructura proyectada cuenta con un único vano de 45,00 m de luz entre apoyos. Está compuesta por un tablero mixto, un arco metálico, 5 cables cerrados de acero galvanizado y unos estribos de hormigón armado. La anchura total de la estructura se estableció en 14,00 m, de los cuales los 9,00 m centrales se destinan al tráfico rodado, quedando 2,50 m en cada uno de los laterales para el uso peatonal.

El mecanismo longitudinal resistente del tablero consta de un núcleo central metálico de 9,00 m de anchura, resultante de la unión de dos trapecios y de 0,82 m de canto máximo. La losa superior de hormigón que corona este cajón se ha proyectado con un espesor de 0,18 m, llegando a un canto total máximo en el eje de la estructura de 1,00 m.

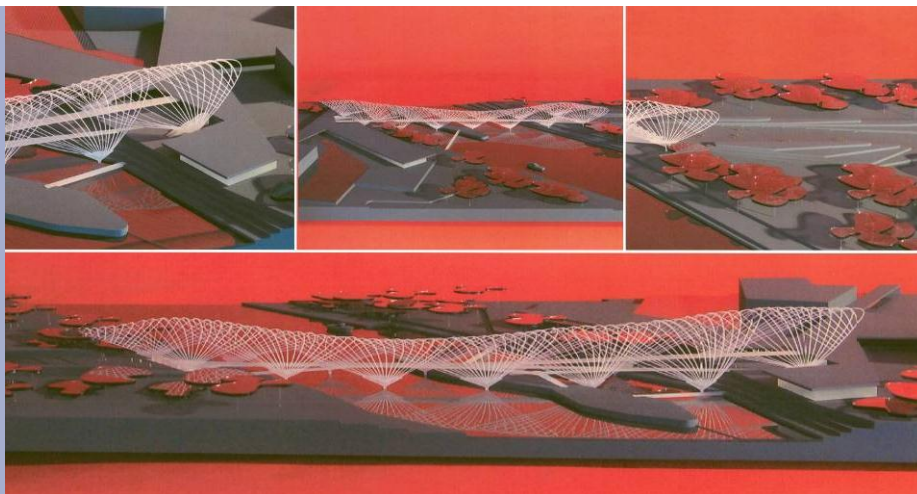
Para complementar este mecanismo longitudinal, que recoge directamente las cargas provenientes del tráfico rodado —la anchura de 9,00 m coincide con la destinada a la calzada—, con una separación de 3,20 m, se han proyectado unas costillas de sección triangular que vuelan 2,50 m respecto a los límites exteriores del cajón. Este mecanismo transversal recoge la carga peatonal excéntrica y la transmite al cajón central.

La sección transversal resultante, por tanto, sumamente adecuada, puesto que minimiza las cargas muertas del tablero, sobre todo en las zonas alejadas del eje de la estructura (plano de péndolas), siendo de singular eficacia para resistir los esfuerzos combinados de axil, cortante y torsión.

El arco es metálico de sección variable. Posee una directriz circular y una sección transversal triangular. El valor de la flecha, igual a 6,40 m, proporciona un rebajamiento de 1/7.

Se ha dispuesto un único plano central de 5 péndolas de diámetro nominal de 60 mm. La planta de los estribos cerrados, de hormigón armado, se ha diseñado de forma apuntada y con unos muros laterales paralelos al cauce del río. Esta disposición permite una gran versatilidad y posibilidades de adaptación a futuras configuraciones de acceso.

Concurso de  
Anteproyectos para el  
Pabellón-Puente de la  
Expo-Zaragoza 2008



<b>Tipología estructural</b>	Bóveda reticulada multivanos
<b>Localización</b>	Zaragoza
<b>Fecha</b>	2005
<b>Arquitecto</b>	Richard Rogers Partnership y Vida y Asociados Arquitectos
<b>Alcance de la Obra</b>	Concurso de Anteproyecto

El funcionamiento estructural de la solución planteada es el de una bóveda reticulada multivanos. Es bien conocido que las bóvedas tienen un comportamiento muy adecuado para resolver grandes luces frente a cargas distribuidas.

La propuesta estructural para esta pasarela es colgarla de una bóveda de múltiples vanos, formada por una estructura con una única capa reticular. La bóveda está formada por un primer nivel de elementos tubulares de forma trapezoidal variable, unidos en los nudos. Inmediatamente por debajo de este nivel hay otro nivel, formalmente imperceptible, constituidos por cables pretensados que se sitúan en las diagonales de los trapecoides del primer nivel.

La bóveda está apoyada en pilas, a ambos lados, que se sitúan en el cauce del río paralelas a su dirección. Resultan vanos de luces moderadas, del orden de 50,00 m y, en todo caso, con un número de pilas menos que las que tienen los puentes antiguos de la ciudad.

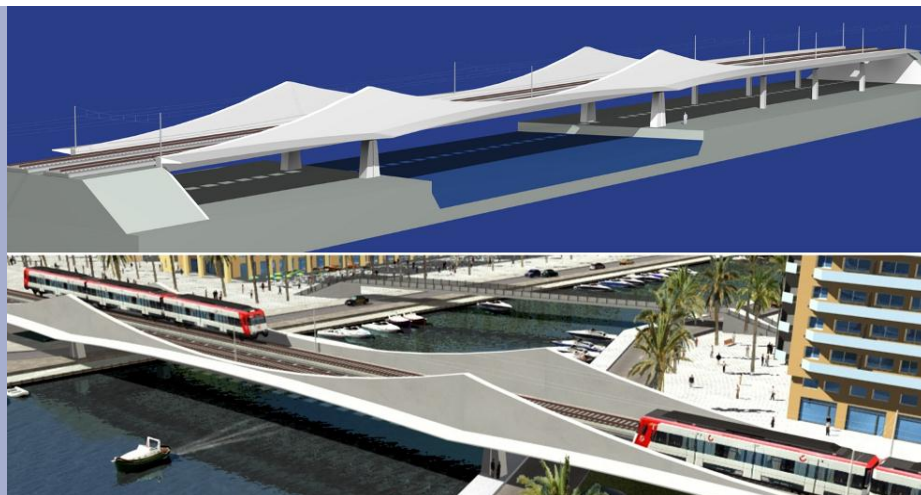
La pasarela de entrada se sitúa debajo de esta gran bóveda y transcurre con un trazado en planta que dialoga con el río. De la bóveda se suspende la pasarela peatonal, colgada en distintos y múltiples nudos. Para distribuir la carga de la pasarela las péndolas tienen distintas inclinaciones, y así se consigue el arriostramiento horizontal de la misma.

El material elegido para la ejecución de la estructura es un material compuesto de matriz de resina epoxi y fibras de vidrio. Son materiales con una gran eficiencia estructural debido a su poco peso, gran capacidad de resistencia, durabilidad, son, sin duda, los materiales estructurales del futuro.

Es una solución pionera que muestra tendencias futuristas planteadas desde una perspectiva subordinada a un orden estructural impecable.



## Puente Marina de Badalona



<b>Tipología estructural</b>	Puente de ferrocarril de hormigón pretensado.
<b>Localización</b>	Badalona (Cataluña).
<b>Fecha</b>	2004
<b>Cliente</b>	Marina de Badalona S.A.
<b>Propiedad</b>	Marina de Badalona S.A.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Dirección de Obra.

El diseño de estructuras en zonas metropolitanas es siempre un desafío, debido al gran número de condicionantes. Cuando se trata de una estructura ferroviaria o de una carretera, el diseño representa un reto, puesto que tiene que combinar las necesidades de estas infraestructuras con el entorno humano. Este es el caso del puente de ferrocarril de la ciudad de Badalona.

En la actualidad, la zona urbana colindante con el mar está ocupada por industrias contaminantes. Por ello, el ayuntamiento está intentando abrir la ciudad al Mediterráneo mediante la demolición de los edificios obsoletos de escaso valor formal y el cambio utilitario de aquellos con valor arquitectónico o técnico. El proyecto incluye la habilitación de una playa y la construcción de un puerto deportivo y pesquero.

Una línea de ferrocarril discurre paralelamente a la costa, separando el núcleo urbano del mar. Actualmente no existen recursos suficientes para soterrar la línea férrea. Surge, pues, la necesidad de construir un puente para mejorar la conexión entre el centro de la ciudad y las nuevas instalaciones.

Para lograr aquello, Marina de Badalona S.A. convocó a varias empresas a un concurso para este puente de ferrocarril que cruzará una nueva zona peatonal, una parte del nuevo puerto y dos vías de tráfico. El contrato para el diseño del puente y la dirección de obra fue adjudicado a FHECOR Ingenieros Consultores, en base al prediseño propuesto.

La idea que llevó a concebir esta estructura es la de combinar la funcionalidad, la racionalidad estructural, la estética y un coste de construcción y de mantenimiento reducidos. El cliente quisiera, además, que el puente se convirtiera en un símbolo del nuevo desarrollo urbano.

La solución propuesta es una estructuras de 5 vanos de hormigón pretensado con luces de 39,00 m, 78,00 m, 39,00 m, 30,00 m y 21,00 m, respectivamente. La sección transversal está formada por dos almas de canto variable, desde 1,90 m en el centro de vanos y los vanos de acceso, hasta 6,50 m sobre las pilas del vano principal. El canto del tablero se adapta, por tanto, a la ley de variación de momentos flectores.

Las almas están conectadas mediante vigas prefabricadas de hormigón pretensado. Estas vigas forman costillas a través de las cuales penetra la luz. Este aspecto del diseño es importante para hacer realidad la idea de iluminar el paseo inferior y para contrarrestar la elevada relación entre ancho y altura del tablero. Por su carácter discontinuo, esta luz sirve, también, como imagen análoga del ferrocarril.

## Nueva Terminal de Barajas. Accesos



<b>Tipología estructural</b>	Puentes con tablero de hormigón armado o pretensado, dependiendo de las luces.
<b>Localización</b>	Madrid.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Febrero de 2006
<b>Propiedad</b>	AENA.
<b>Arquitectos</b>	Richard Rogers Partnership y Estudio Lamela.
<b>Construcción</b>	Dragados Obras y Proyectos.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica de las Estructuras.

Los accesos pueden dividirse en dos tipos de estructuras en las dársenas que son las estructuras adyacentes al edificio terminal (T\$) y en los puentes de distintas características geométricas que se sitúan en los viales de acceso a las dársenas.

Las dársenas tienen dos niveles. Sus pilas coinciden con las de los pilares de la estructura del edificio terminal, con luces de 18,00 m. Los singulares puentes, de gran anchura e importantes condicionantes geométricos transversales, se han resuelto con losas de hormigón armado que se apoyan en dinteles pretensados con armadura postesada, monolíticamente unidos a las pilas

Nueva Terminal de Barajas. Estructura metálica de acceso del Aparcamiento al Edificio Terminal



<b>Tipología estructural</b>	Estructura metálica.
<b>Localización</b>	Madrid.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Febrero de 2006
<b>Propiedad</b>	AENA.
<b>Arquitectos</b>	Richard Rogers Partnership y Estudio Lamela.
<b>Construcción</b>	Dragados Obras y Proyectos.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica de la Estructura.

La conexión peatonal entre el Aparcamiento y el Edificio de la T4 está resuelta con una serie de pasarelas peatonales metálicas de distintas luces y tipologías.

La pasarela, que discurre a gran altura paralelamente al aparcamiento, recoge el flujo de viajeros de los distintos módulos. Esta estructura tiene una modulación que no es del todo compatible con la de los módulos de la estructura de hormigón. Se ha resuelto, pues, apoyándola en unos pilares con forma de V, situados cada 18,00 m. Por razones de compatibilidad de movimientos, se ha proyectado completamente independiente de la estructura de hormigón del edificio.

Para las pasarelas perpendiculares se ha adoptado una tipología similar, aunque con una modulación diferente de luces, impuesta por otros condicionantes geométricos.

## Viaducto Ferroviario de Altea



<b>Tipología estructural</b>	Puente losa postesado con aleta central
<b>Localización</b>	Altea. Alicante
<b>Fecha de Inauguración</b>	2003
<b>Propiedad</b>	Generalitat Valenciana
<b>Construcción</b>	Constructora Levantina
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción

La actuación se enmarca dentro del Programa de Supresión y Mejora de Pasos a Nivel de la Dirección General de Transportes de la Generalitat Valenciana, para la línea de ferrocarril de ancho métrico Alicante- Denia. Esta línea férrea atraviesa el casco urbano de Altea (Alicante) paralelamente a la costa y a la carretera nacional N-330, creando en algunos puntos una barrera para el acceso de la población al mar.

El proyecto contemplaba la sustitución de un terraplén del acceso del ferrocarril a la ciudad por un viaducto, suprimiendo dos pasos a nivel y aumentando la permeabilidad transversal de la infraestructura. FHECOR Ingenieros Consultores elaboró para INARTEC un estudio de soluciones atendiendo a los condicionantes funcionales, económicos, urbanísticos y estéticos de la actuación. De entre las soluciones propuestas las Dirección General de Transportes eligió la finalmente construida. El proyecto de construcción se redactó en septiembre de 2000 y el viaducto se puso en servicio en el verano de 2003.

El viaducto ferroviario de Altea se proyectó y construyó con un tablero nervado, que presenta la particularidad de poseer de un "aleta" central que da canto resistente a la estructura por encima de la rasante. Las propiedades que caracterizan la superestructura

- Tablero de hormigón pretensado (HP-35) esta formado por una viga continua de 330m de longitud y ochos vanos de 30+ 45 x 6 +30 metros de luz.

- Sección transversal en forma de artesa trapezoidal, con una base superior de 10,60 metros de anchura y una base inferior de 4,50 metros. El canto bajo rasante es constante de 1,40 metros. Esta sección permite alojar dos vías, una a cada lado del nervio central, de ancho métrico y raíles embebidos, de las en la primera fase sólo se ha puesto en servicio la vía del lado mar.

- El nervio central de tablero tiene una anchura de 1,40 metros y presenta su altura máxima de 4,0 metros sobre las pilas, variando según una ley parabólica hasta altura de 1,0 metro en 22,50 metros a cada lado de las pilas.

Los soportes de tablero están formados por siete pilas y los dos estribos.

## Nuevo Puente de Manzanal del Barco



<b>Tipología estructural</b>	Puente de hormigón pretensado de luz principal 190
<b>Localización</b>	Embalse de Ricobayo
<b>Fecha de Inauguración</b>	Noviembre 2008
<b>Propiedad</b>	Diputación de Zamora
<b>Construcción</b>	FCC Construcción S.A.
<b>Alcance del Trabajo</b>	Proyecto de licitación, construcción y A.T

El nuevo Puente de Manzanal tiene por objeto la sustitución del actual, que data de 1935 y sustituyó al construido en 1927, sumergido por el Embalse de Ricobayo. El puente actual está formado por un arco central de 50.00 m de luz y ocho tramos rectos de aproximación de 25.00 m de luz desde cada margen. Su anchura de 3.40 m plantea problemas de circulación. En su día se desestimó su ampliación.

El proyecto del Nuevo Puente de Manzanal del Barco corresponde a la Solución Variante II de un concurso de proyecto y obra, obra de la que resultó adjudicataria FCC Construcción S.A. La Solución Variante I consistía en un puente atrantado de longitud total 430.00 m y luz principal 295.00 m.

La nueva obra de paso es un puente de hormigón pretensado de 479.25 m de longitud y cuatro vanos de luces 61.25 + 114.00 + 190.00 + 114.00 m. El canto varía de forma parabólica entre los 9.50 m sobre pilas del vano principal ( $L/20$ ), y los 3.80 m ( $L/50$ ) en la zona central del vano principal. En el vano 1 el canto es constante igual a 3.80 m. El ancho del tablero es de 11.00 m.

La sección cajón tiene almas verticales, y la longitud de sus voladizos es  $\frac{1}{4}$  del ancho. La losa superior tiene canto variable transversalmente, con un mínimo de 0.20 m en su extremo, y 0.35 m al final del voladizo. En el eje del tablero el espesor se reduce a 0.24 m. El espesor de la losa inferior varía longitudinalmente entre 0.30m y 1.00 m.

El pretensado del tablero está formado por el pretensado de construcción de los voladizos, con trazado recto y alojado en la losa superior. En el vano 1 y los  $L/5$  del vano 2 se tiene un pretensado con trazado parabólico situado en las almas del cajón. Con él enlaza el pretensado de continuidad de positivos del vano 2. En la zona final del vano 4 hay un pretensado similar al descrito anteriormente. Finalmente, el pretensado de continuidad de positivos del vano principal tiene trazado paralelo a la tabla inferior de la sección cajón, en la que se aloja.

La pila 1 tiene sección rectangular hueca y cimentación directa. Las pilas 2 y 3 están formadas por un par de pantallas macizas rectangulares empotradas en el tablero. Cada una de las pilas nace de un encepado de 10 pilotes de diámetro 2.00 m que se empotran en la roca y se han ejecutado al abrigo de una península provisional. La cota de coronación de la península se fijó tras el análisis de la cota de inundación probable durante el periodo estival. Los estribos son cerrados, de dimensiones normales

## Dos Estructuras mixtas en la Glorieta sobre la A-1



<b>Tipología estructural</b>	Puentes mixtos con sección cajón.
<b>Localización</b>	Sobre la A-1.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Febrero de 2004.
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Madrid.
<b>Construcción</b>	DRAGADOS.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y A.T.

Las dos estructuras pertenecen al enlace de la Renault situado sobre la A-1 y las vías de servicio que discurren por ambas márgenes. La glorieta en planta no presenta una única alineación circular, sino que está compuesta por varias alineaciones circulares tangentes.

Para cada uno de las dos estructuras (E-3 y E-4), el esquema estructural elegido es una viga continua de dos vanos y canto constante con pila en mediana de la A-1. El espacio disponible entre calzadas condiciona las luces de los puentes y la tipología de las cimentaciones y pilas en los apoyos intermedios.

Las cimentaciones de las pilas se resuelven mediante pilas-pilote por su ocupación mínima, condición fundamental para afectar al tráfico existente lo menos posible.

Asimismo, para evitar al máximo los problemas de tráfico durante la construcción, ambos puentes se han proyectado con tablero mixto, montándose la viga en 4 tramos mediante apeos provisionales que permiten su izado con grúas, sin necesidad de cimbras. A continuación, se procederá a la colocación de prelosas y al hormigonado de la losa superior.

Las luces de cada puente son de 45 metros por vano tanto de la E-3, como de la E-4. La anchura del tablero de cada estructura es de 21,50 m, que aloja 4 carriles de 3,50 m y una acera de 5,00 m, más arcenes, barreras y barandillas de protección. Por limitación del gálibo, el canto total es de 1,60 m, de los que 1,25 m corresponden al cajón metálico y 0,25 m a la losa de hormigón. La sección transversal está formada por 3 cajones trapezoidales, con un ancho de 4,50 m en su parte alta y de 3,00 m en su parte baja. Los voladizos en la losa son de 2,00 m. La losa superior se realizó con prelosas de hormigón armado.

Los estribos de la estructura E-3 se resuelven con muros-pantalla de pilotes de 1,80 m de diámetro, con una separación de 2,20 m entre ejes, y un cargadero sobre el que se apoyan los tableros. El motivo de emplear pantallas es, de nuevo, la falta de espacio para realizar la excavación, dado que las vías de servicio en funcionamiento se encuentran muy próximas a los ramales superiores.

Además, para la solución final de estas dos estructuras mixtas había que tener en cuenta la futura implantación de un carril Bus-VAO en la mediana de la A-1. Como la presencia de las dos pilas de los puentes en dicha mediana es incompatible con este futuro carril, se ha previsto que, llegado el momento de su implantación, las pilas de la mediana sean sustituidas por un par de pilas, separadas 10,60 m, de manera que permita el paso de un Bus-VAO de 9,00 m de ancho.

L.A.V. Córdoba-Málaga.  
Tramo Cártama-  
Apeadero de los  
Remedios (Málaga).  
Viaductos nº1, 3 y 4



<b>Tipología estructural</b>	Puentes losa postesados de canto constante
<b>Localización</b>	Cártama (Málaga)
<b>Fecha de inauguración</b>	Año 2004
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Ferrocarriles
<b>Construcción</b>	OHL
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción

Las estructuras proyectadas (Viaductos nº1, 3 y 4) constan de un único tablero (13 vanos en el caso del viaducto nº1, 4 en el viaducto nº3 y 6 en el viaducto nº4), con luces extremas de 25.00 m y luces intermedias de 32.00 m, que dan lugar a longitudes totales de 402.00 m para el caso del viaducto nº1, 114.00 m para el caso del viaducto nº3 y 178.00 m para el caso del viaducto nº4. La anchura del tablero es constante e igual en todos los casos a 14.00 m.

Por tratarse de viaductos de luces moderadas (32.00 m), se ha escogido una tipología para el tablero de losa aligerada de canto constante. Esta solución presenta una gran ventaja estética frente a las secciones en cajón, por ser de menor canto, resultando además, la solución de tablero más racional bajo el punto de vista estructural en el rango de luces de 30.00 a 35.00 m.

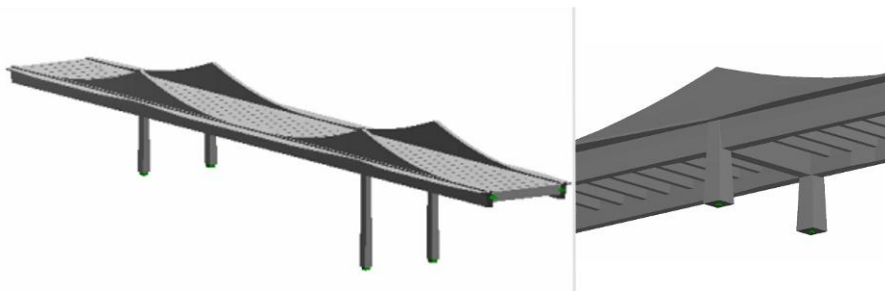
Todos los viaductos presentan una misma sección transversal, consistente en una losa aligerada de hormigón pretensado de canto 1,90 m y anchura 14,00 m. La anchura inferior es de 5,20 m, contando con sendos paramentos laterales inclinados 62,3° respecto a la horizontal y voladizos extremos de 3,70 m.

En lo que se refiere a la configuración de las conexiones de la superestructura con la subestructura se ha optado por la siguiente tipología

- En el caso del Viaducto nº1, ante la imposibilidad de concentrar la transmisión de la totalidad de la fuerza horizontal longitudinal en un único punto como consecuencia de la gran magnitud de la masa de la estructura, se ha optado por la disposición de un sistema de amortiguación longitudinal, funcionando a tracción-compresión en el estribo nº1.

- En el caso de los viaductos nº3 y nº4, como consecuencia de la moderada longitud de los mismos, así como a la también moderada aceleración sísmica de cálculo ( $a_c = 1,30 \times 0,08g = 0,104g$ ), se ha acudido, en sentido longitudinal, al establecimiento de un único punto fijo en uno de los estribos, encargado de recoger la totalidad de las cargas horizontales de frenado y arranque y la carga horizontal longitudinal sísmica. El esquema de transmisión de la fuerza horizontal es similar al explicado con anterioridad para el Viaducto nº1, confiriéndose esta capacidad a las guías de los aparatos de apoyo en las pilas y a los tetones inferiores del tablero en los estribos.

## Viaductos de acceso a Valladolid, subtramo Valdestillas-Duero



<b>Tipología estructural</b>	Puentes vela de ferrocarril de hormigón pretensado.
<b>Localización</b>	Sobre los ríos Adaja, Cega y Duero en la provincia de Valladolid
<b>Fecha</b>	2005
<b>Propiedad</b>	ADIF
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción

Los viaductos sobre los ríos Adaja, Cega y Duero se engloban en los accesos a Valladolid e integración urbana de su red ferroviaria en el subtramo Valdestillas-Duero, todos ellos situados en la provincia de Valladolid.

Debido a los fuertes condicionantes medioambientales, que impiden la afección al cauce y a la vegetación de ribera durante las fases de construcción, se plantean viaductos empujados con luces principales sobre los ríos entre 70 y 80 m. Dada la proximidad existente entre la rasante y el terreno natural, y para evitar una estructura con gran canto y escasa altura, se plantea darle al tablero el canto necesario hacia arriba mediante dos velas exteriores a las vías funcionando como dos vigas invertidas.

El procedimiento de empuje concebido para los tres puentes es similar y consiste en empujar medio tablero desde cada estribo apoyando sobre estos y hormigonar insitu una dovela de cierre de 2 metros. Para posibilitar esta maniobra, dado el excesivo peso de la estructura, se retrasa el hormigonado de la losa del vano principal hasta la última fase del proceso.

Dado que los condicionantes en todos los casos son similares se emplea la misma tipología con las ventajas de homogeneización y economía que esto conlleva. De esta forma, la solución propuesta para el viaducto sobre el río Adaja está formada por tres vanos de luces 40-70-40 y variación de canto en las velas de 3 a 8 m, luces de 35-77.5-40 sobre el río Duero y variaciones de canto de 3 a 8 m y luces de 32-32-39-80-48-38 sobre el Cega y la carretera CL-600 con variaciones de canto de 3,50 a 8 m. En todos los casos el ancho del tablero es igual a 16.20 m.

Las variaciones de canto en el tablero consiguen ajustarse a las variaciones de las leyes de momentos flectores solicitantes adoptando un hormigón HP-60 en las velas para poder hacer frente a las fuertes compresiones en el centro de vano con una cabeza de compresión reducida. Las velas están conectadas mediante costillas de hormigón armado aproximadamente cada 3 m.

Las pilas están formadas por un fuste octogonal bajo cada vela con sección variable linealmente desde los arranques con una altura moderada del orden de 10 m. Para hacer frente a las acciones de frenado y arranque en el tablero en todos los casos se ancla el tablero al estribo más bajo mediante un dado de hormigón.



## Viaducto de la Rambla de Alpera



<b>Tipología estructural</b>	Viaducto de tablero de hormigón pretensado con sección cajón y vanos de 45.0 m
<b>Localización</b>	Variante de Alpera de la línea de ferrocarril de alta velocidad Madrid-Alicante
<b>Fecha</b>	2001
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento
<b>Construcción</b>	UTE ACS-COMSA
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción y Asistencia Técnica a las constructoras

La estructura tiene 11 vanos con unas luces de  $30.00 + 9 \times 45.00 + 30.00$  metros. El ancho del puente es de 13.00 metros, lo que permite albergar una plataforma ferroviaria de alta velocidad de doble vía. La tipología es la de una viga continua hiperestática en sección cajón postesada, el canto del tablero es constante de 3.20 metros, lo que supone  $1/14$  de la luz principal.

La gran altura del estribo 2, aproximadamente 17.0 m, y la importancia de las acciones horizontales de frenado y sismo condicionan las tipologías escogidas para los estribos, desde el punto de vista económico y de comportamiento estructural es más adecuado que los esfuerzos horizontales de frenado y sismo sean transmitidos únicamente al estribo 1 por ser el más bajo. Por ello se ha escogido la tipología de estribo cerrado para el más bajo (E-1) y abierto para el más alto (E-2).

El estribo 2 resulta un estribo abierto con dos fustes de canto variable situados bajo los apoyos del tablero. Su cimentación es directa al terreno. Para evitar la transmisión de grandes esfuerzos horizontales del tablero al estribo se ha optado por una sustentación mediante apoyos tipo POT, que permiten el deslizamiento del tablero una vez que la fuerza horizontal supera el valor del rozamiento del teflón, es decir un 5% de la carga vertical.

El estribo 1 es cerrado con contrafuertes, su cimentación es directa al terreno mediante zapata. La sustentación del tablero también se realiza mediante POTs, ya que para la transmisión de los esfuerzos horizontales se dispone aparatos capaces de permitir desplazamientos lentos, reaccionar frente al frenado como amortiguadores de impacto (lo que supone que a efectos de frenado el tablero está fijo al estribo) y para sismo como disipadores de energía.

Se disponen disipadores de energía colocados únicamente en un estribo, su número óptimo se ha establecido en cuatro de modo que se reduzca el espacio mínimo a disponer en el estribo para su colocación y que no se dificulten las labores de montaje y mantenimiento de éstos.

La infraestructura está formada por diez pilas huecas de sección rectangular biseladas en sus cuatro esquinas.

La sustentación del tablero sobre las pilas y estribos se realiza mediante dos apoyos de neopreno-teflón no confinados. En las 2 pilas centrales se disponen apoyos de neopreno zunchado, con el objeto de compensar los movimientos del tablero y recentrar el puente en su posición, tanto para frenado como para sismo, además se logra situar el punto fijo para movimientos reológicos en el centro del puente y minimizarlos

## Viaducto de Noia. A Coruña



<b>Tipología estructural</b>	Puente continuo de hormigón con vano principal atirantado.
<b>Localización</b>	Variante de Noia. A Coruña
<b>Fecha</b>	2010
<b>Ciente</b>	Xunta de Galicia
<b>Propiedad</b>	Xunta de Galicia.
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción.

Se trata de un viaducto de longitud total igual a 1470 m, divididos en 46 vanos de las siguientes luces  $21.00 + 27 \times 30.00 + 48.00 + 102.00 + 48.00 + 14 \times 30.00 + 21.00$ .

El tablero tiene un ancho de 13,5 m que permite albergar una calzada con 2 carriles y una acera peatonal de 2.5 m de ancho.

Para los viaductos de acceso se adopta una solución constituida por un tablero de hormigón postesado aligerado de 1.50 m de canto y sección triangular, con luces de 30.00 m para los vanos tipo y de 21.00 m para los vanos de compensación.

Cada una de las pilas está formada por dos pilas-pilote separadas 2.00 m, que se unen por encima del nivel del agua para formar un único elemento.

El vano de mayor longitud, que salva el canal navegable, se resuelve mediante una solución atirantada con una única pila situada en el eje del tablero. La luz del vano central es igual a 102.00 m y las de los vanos laterales igual a 48.00 m. En los extremos de los vanos laterales se disponen juntas de dilatación que la independizan de los viaductos de acceso.

En el tramo atirantado, para poder alojar la pila y los cables en el eje del puente, es necesario aumentar la anchura de la sección transversal tipo, que pasa a ser igual a 17.00 m. La sección transversal tipo del tablero es mixta de 1.50 m de canto total con losa de compresión de 0.20 m de espesor.

## Puente sobre el río Tajuña. Guadalajara



<b>Tipología estructural</b>	Puente con tablero en cajón de hormigón construido por voladizos sucesivos
<b>Localización</b>	Autovía de la Alcarria. Guadalajara
<b>Fecha</b>	2009
<b>Cliente</b>	INECO
<b>Propiedad</b>	Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción

La estructura tiene 14 vanos con unas luces de  $40.0 + 3 \times 70.0 + 150.0 + 5 \times 250.0 + 150.0 + 2 \times 70.0 + 40.0$  metros, siendo la longitud total de 1980.0 m. El ancho del puente es de 24.00 metros, lo que permite albergar dos calzadas con dos carriles cada una.

La tipología es la de una viga continua hiperestática en sección cajón postesada construida combinando la técnica de avance por voladizos sucesivos (constituyéndose en record de España para esta tipología constructiva) con la de autocimbra.

El canto del tablero es constante de 4.0 m en los vanos de 40.0 y 70.0 m, y variable en los de 150.0 y 250.0 m, de 16.5 m sobre pilas a 4.0 m en centros de vano, lo que supone relaciones canto/luz de  $1/15.2$  y  $1/62.5$ , respectivamente.

El ancho del cajón es constante e igual a 7.5 m, resultando la longitud de los voladizos igual a 8.25 m, lo que hace que deban disponerse costillas transversales de hormigón de canto variable cada 5.0 m. El hormigón empleado es ligero o de alta resistencia según las diferentes fases del proceso constructivo.

El puente cruza el valle del río Tajuña a una altura de 140 m en la parte central, resultando pilas de gran altura y esbeltez.

Las pilas están agrupadas en dos tipologías un primer grupo correspondiente a los vanos autocimbrados, de sección rectangular hueca de  $7.5 \times 3.0$  m, de hasta 46 m de altura, y un segundo grupo para los vanos construidos por avance en voladizo formado por dos fustes en sentido longitudinal de sección rectangular hueca, que a partir de los 50 m de altura se arriostran con dos pantallas transversales hasta el empotramiento en la cimentación, con alturas de hasta 125 m. En todos los casos el hormigón empleado es de alta resistencia.

Los estribos planteados son cerrados y se han encajado de forma que su altura sea inferior a 10.0 m. En ellos se alojan unos dispositivos transmisores de impacto que permiten los desplazamientos longitudinales reológicos y térmicos pero bloquean los instantáneos de sobrecargas.

## Paso superior de los Dominicos sobre la N-I



<b>Tipología estructural</b>	Puente recto con sección transversal multicajón mixta de canto constante
<b>Localización</b>	Municipio de Madrid
<b>Fecha</b>	2003
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Madrid
<b>Consultor general</b>	VIGICONSLT
<b>Consultor estructural</b>	FHECOR Ingenieros Consultores
<b>Fecha de redacción</b>	2003
<b>Constructor</b>	DRAGADOS
<b>Puesta en servicio</b>	Octubre 2005
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de construcción y Asistencia técnica al constructor

Este paso superior, situado en el norte del municipio de Madrid, permite la conexión de las redes viarias de los PAU's de Las Tablas y Sanchinarro a la altura del Colegio de los Dominicos, salvando la calzada de la autovía A-1 y sus vías de servicio.

El esquema estructural elegido para el tablero fue el de viga continua de canto constante y cuatro vanos de 25+45+45+25 m de luz, condicionada por el espacio disponible entre las calzadas inferiores.

El ancho del tablero es de 32.40 m, alojando dos calzadas de 6.50 m separadas por una mediana de 1.50 m, que se completan a cada lado con arcén de 3.25 m, 0.50 m de apoyo de la barrera semirígida, acera de 5.00 m y 0.20 m que alojan la barandilla exterior.

La sección transversal del tablero está formada por tres cajones metálicos de 1,35 m de canto y una losa superior de hormigón armado de 0.25 m de canto. Cada uno de los cajones metálicos está formado por una chapa inferior de 3.00 m de ancho y dos almas laterales inclinadas, rematadas con platabandas superiores en las que se dispone la conexión con la losa superior. Esta losa se ejecutó sobre prelosas de celosía con tabla inferior de 8,5 cm de hormigón que cubrían todo el ancho del tablero.

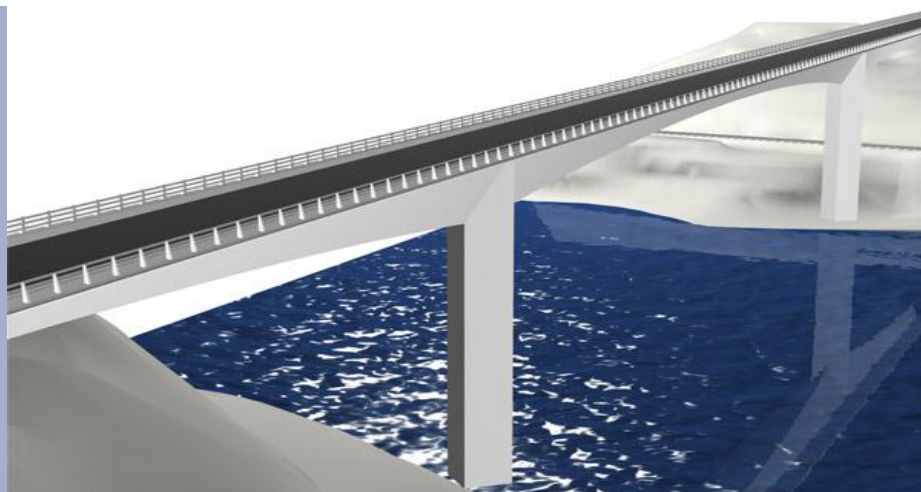
La configuración del tablero permite la duplicación del apoyo central en dos para posibilitar la hipotética construcción de carriles preferentes entre las calzadas principales de la A-1.

Las pilas extremas (1 y 3), formadas por tres fustes de sección prismática con tajamares semicirculares de 1,0 m de diámetros, permiten alojar doble apoyo en su cabeza y su cimentación es directa mediante zapatas. En cambio la pila central (2) presenta tres fuste circulares de 1,20 m de diámetro y la cimentación se resolvió mediante pila-pilote (1.80 m de diámetro) para minimizar la afección al tráfico durante la ejecución. La altura de las pilas es de unos 11,00 m las extremas y 8,25 m la central.

Los estribos son cerrados de hormigón armado y cimentación directa, con alturas ligeramente superiores a 12,0 metros.

La actuación se completa con una rampa peatonal que permite acceder desde el tablero del paso de los Dominicos a la parada de autobuses situada a la cota inferior en la vía de servicio del lado Las Tablas. El desnivel a salvar es de aproximadamente 11,15 metros, por lo que la longitud total de la rampa es de unos 166 m., formada por un total de 4 tramos inclinados (con pendiente media del 7%) terminados en rellanos de 2.00 metros. Se ha elegido una tipología estructural de tablero metálico, formado por dos vigas laterales formadas por tubos 260x140x6 mm, que se conectan a pilares metálicos tubulares de 250x250x10 mm cada 5.44 m.

## Puente sobre el río Miño en Cortegada



<b>Tipología estructural</b>	Puente pórtico con dintel recto de canto variable y sección cajón construido por avance en voladizo
<b>Localización</b>	Sobre el embalse Frieria entre Cortegada (Ourense) y Crecente (Pontevedra).
<b>Fecha</b>	2004
<b>Propiedad</b>	Xunta de Galicia
<b>Consultor general</b>	ITRO S.L
<b>Consultor estructural</b>	TEMHA S.L. y FHECOR Ingenieros Consultores
<b>Fecha de redacción</b>	2004
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de trazado y construcción

El nuevo puente sobre el río Miño entre Cortegada(Ourense) y Crecente (Pontevedra) forma parte de un proyecto viario tendente a mejorar la conexión del sur de la comarca de Ribeiro con la A-52, verdadero eje vertebrador de la Galicia meridional. Dicho proyecto suprime los trazados sinuosos en ambas laderas quedando acceso al actual puente, de sección reducida, que salva el embalse de la presa de Frieria y la línea férrea Ourense-Redondela, situada en la margen izquierda del río en el lado Crecente.

La solución estructural desarrollada en el proyecto es un puente con un tablero, a construir por avance en voladizos sucesivos, de tres vanos 65,00+130,00+65,00 m de luz y canto variable de 6.985 m, en la sección de empotramiento en pilas, a 2.827 m, en el centro del vano principal. El ancho total del tablero es de 11.00 m, para alojar dos carriles de 3.50 m., arcones laterales de 1.50 m. y apoyo de pretilos de 0.50 m. El nuevo puente cruzara el Miño aguas arriba del puente actual y a 17 metros de altura.

Las almas de la sección en cajón están inclinadas 23.50° respecto a la vertical, de manera que el núcleo del cajón en la sección de conexión con las pilas es de forma triangular, para pasar a trapecial al ir disminuyendo el canto. El ancho del cajón en su parte superior, de 5.50 m, es constante en todo el tablero, completándose la sección con dos voladizos laterales de 2.75 m. y canto variable entre 0.18 en el extremo a 0.30 m en el empotramiento

Los fustes de las pilas, de 20.44 y 21.24 metros de altura, son de sección cuadrada de 3.89 metros de lado, constante en toda su altura y dispuesta con las diagonales (de 5.50 metros) en dirección longitudinal y transversal del tablero. Dicha sección se empotra en el tablero.

La cimentación de cada una de las pilas consiste en sendos encepados de planta circular de 16.50 m. de diámetro apoyados en 12 pilotes de 1.80 m. de diámetro. Los encepados presentan variación de canto de forma troncocónica de 1.80 m. en el perímetro a 3.60 m. en arranque de los fustes

Ambos estribos son cerrados con aletas en vuelta y cimentación directa, alcanzando el estribo Crecente una altura total de 10.30 m. y por 12.02 m del estribo Cortegada.

## Concurso Internacional Puente sobre el Río Tajo en Carregado (Portugal)



<b>Tipología estructural</b>	Puente principal mixto con luces 123.5 y 95.0 m y viaductos de acceso con vigas doble T prefabricadas de 70.0 m de luz.
<b>Localización</b>	Carregado. Portugal.
<b>Fecha</b>	2004
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Obras Públicas de Portugal.
<b>Construcción</b>	Dragados-Sopol-Opca-Hagen.
<b>Alcance de la Obra</b>	Concurso Internacional de Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica.

La propuesta presentada para el nuevo puente sobre el río Tajo en Carregado se divide en tres estructuras, el puente principal sobre el río y los viaductos de acceso norte y sur. La longitud total de la estructura es de 11545 m, subdivididos en 1 442.5 m en el Viaducto Norte, 963.5m en el Puente y 9 141m en el Viaducto Sur.

El puente principal presenta una sucesión de luces a efectos del tablero de 75.00+ 25.00 + 98.50 + 25.00 + 85.00 + 25.00 + 70.00 + 25.00 + 70.00 + 25.00 + 70.00 + 25.00 + 70.00 + 25.00 + 70.00 + 25.00 + 60.00 m, ya que los pilares en forma de triángulo (V con dintel superior), permiten una reducción de los vanos a salvar por el tablero. La estructura se ha resuelto con un tablero único de 29.40 m de ancho para las 2 calzadas formado por 2 cajones metálicos y losa superior continua de espesor variable entre 0.25 y 0.35 cm. Para reducir el canto del tablero los cajones trabajan con doble acción mixta, hormigonando una losa inferior en 25 m a cada lado de los ejes de las pilas. El tablero se apoya en ambos extremos de los dinteles de las pilas para independizar el comportamiento frente al sismo excepto en los 2 vanos principales donde son solidarios. En los vanos típicos de 95.0 el tablero tiene canto constante de 2.60 m para la sección metálica y 2.95 m para la sección completa, los vanos principales situados sobre el río son de canto variable entre 2.95 y 4.95 m.

El Viaducto Sur de 9141 m de longitud se subdivide mediante juntas de dilatación en 19 estructuras de aproximadamente 500 m, formadas por vanos principales de 70 m (excepcionalmente 60 m, condicionado por la ubicación de múltiples caminos y canales a salvar) y vanos de compensación de longitudes entre 41.5 y 56.0 m. La estructura se ha resuelto con un tablero único de 29.40 m de ancho para las 2 calzadas formado por 4 vigas prefabricadas pretensadas con sección doble T de 2.70 m de canto separadas 7.60 m entre sí y losa continua de 0.25 m de espesor. Ante la imposibilidad de prefabricar una viga de 70.0 m, por motivos de fabricación, transporte y montaje se optó por dividir el vano en 2 elementos, uno de apoyo de 34,3 m y otro central con longitud 35,7 ó 25,7 m para vanos de 70 y 60 m de luz. Los distintos tramos de las vigas tienen continuidad a través de una unión con barras pretensadas para montaje y postesado continuo mediante 2 familias de vainas, una interior a las vigas con trazado parabólico formada por 4 cables de 12 cordones de 0.6" y otra situada en la losa superior sobre pilas formada por 4 vainas ovales adherentes con 4 cordones de 0.6" cada una. Para garantizar la estabilidad de los elementos prefabricados durante el montaje, las pilas están formadas por 2 fustes circulares de 1.5 m de diámetro para cada viga. La cimentación está constituida por un pilote de 1.5 m de diámetro bajo cada fuste arriostrados entre sí en ambas direcciones por vigas cuadradas de 1.7 m de lado.

Línea Génova-  
Ventimiglia Tramo:  
Andora-San Lorenzo.  
Italia



<b>Tipología estructural</b>	Losas pretensadas de armadura postesa, vigas isostáticas y puentes mixtos.
<b>Localización</b>	Italia línea Génova-Ventimiglia, tramo Andora-San Lorenzo. Italia.
<b>Fecha de Inauguración</b>	2009.
<b>Propiedad</b>	Red Ferroviaria Italiana (RFI).
<b>Construcción</b>	Ferrovial - Agroman / Cossi Costruzioni SPA.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción.

El tramo Andora-San Lorenzo pertenece a la futura línea de ferrocarril entre Génova y Ventimiglia (Italia), proyectada para una velocidad igual a 240 km/h. Este tramo tiene una longitud de 19,331 km y discurre paralelo a la costa entre montañas y valles.

Debido a la orografía del terreno, el tramo está constituido principalmente por túneles escavados con tuneladora. Entre estos túneles y los viaductos se sitúan secciones de transición, formadas por galerías artificiales de hormigón armado con espesores entre 1,00 m y 1,20 m, en función de la altura de tierras.

Los viaductos de ferrocarril están formados por losas pretensadas de armadura postesa de luces de 25,00 m y 25,00 m (Torrente Cervo), de 21,00 m y 21,00 m (Torrente Varcavello) y de 16,20 m, 21,00 m, 21,00 m y 16,20 m (Torrente Evigno), así como por vigas prefabricadas isostáticas de luces de 9,00 x 34,00 m (Viaducto Prino) y de 10,00 x 30,00 m (Viaducto Caramagna).

En las localidades de Diano e Imperia existen, además, dos estaciones de tren. Parte de la estación de Diano se levanta sobre la losa pretensada con armadura postesa del Torrente Evigno. La estación de Imperia se erige sobre pórticos de hormigón armado, fuera del cauce del Torrente Impero, y sobre tres losas isostáticas postesadas en el mismo cauce, con luces de 42,00 m. Bajo estas losas pretensadas con armadura postesa, se sitúa un puente de carretera mixto, atirantado en las pilas que sujetan las losas de esta estación.

Arco sobre la  
Rambla del Cañuelo.  
Roquetas de Mar



<b>Tipología estructural</b>	Doble arco con tablero intermedio mixto de 60,35 m de luz.
<b>Localización</b>	Sobre la Rambla del Cañuelo en de Mar. Provincia de Almería.
<b>Fecha de Inauguración</b>	2007.
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Roquetas de Mar.
<b>Construcción</b>	JARQUIL.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción.

El puente sobre la Rambla del Cañuelo se ha resuelto con un doble arco metálico. El tablero intermedio está formado por dos vigas longitudinales metálicas, vigas transversales mixtas y dos vanos de acompañamiento de losas de hormigón armado. El doble arco central es un arco isostático de 60,35 m de luz y una flecha máxima de 8,60 m, que proporciona una relación flecha/luz de 1/7 con directriz circular. El ancho del tablero es igual a 25,00 m dividido en 4 carriles de 3,50 m y dos aceras.

La sección transversal de los arcos es trapecial con variación lineal del ancho y del canto. En la zona de la clave, debido a los fenómenos de inestabilidad del arco, es necesario dotar al mismo de una mayor inercia de eje vertical, puesto que la dimensión horizontal debe ser mayor que la vertical. Por el contrario, en el arranque, debido a la flexión vertical, es necesario dotar a esta zona de mayor inercia de eje horizontal, ya que la dimensión mayor es la vertical.

El doble arco y el tablero se conectan mediante dos planos de péndolas verticales que unen a ambos con dos vigas metálicas longitudinales. Cada plano de péndolas está compuesto por 11 péndolas, formadas por cables cerrados en triple Z de diámetro nominal de 50 mm.

Los vanos laterales de acceso al tramo principal se realizan con dos losas de hormigón armado de 11,15 m de luz y de canto variable, siendo el mínimo igual a 0,50 m en la zona de los estribos.



## Arco sobre el Río Júcar. Alzira



<b>Tipología estructural</b>	Doble arco con tablero intermedio mixto de 103,80 m de luz.
<b>Localización</b>	Nuevo acceso norte a Alzira. Provincia de Valencia.
<b>Fecha de Inauguración</b>	Diciembre de 1998.
<b>Propiedad</b>	Generalitat Valenciana.
<b>Construcción</b>	UTE Sarrión, Ploder y Schwart Hautmont.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción.

El puente sobre el río Júcar se ha resuelto con un doble arco con tablero intermedio mixto, fuertemente esviado. Los arcos sobre el tablero son metálicos y de área constante, aunque con distintos anchos a lo largo de su evolución menor ancho y mayor canto en arranques para aumentar la rigidez a flexión longitudinal, y mayor ancho y menor canto en clave para disponer de más estabilidad a pandeo. En la intersección con el tablero, la luz del arco es de 87,00 m. La cimentación del puente se realizó sobre pilotes por lo que el arco se completó con una célula metálica triangular que verticaliza la reacción inclinada del mismo.

Construida la infraestructura de hormigón, se instaló el tablero metálico y se montó el arco superior sobre él. Seguidamente se instalaron y tesaron las péndolas y, por último, se hormigonó la losa del tablero.

Nuevo acceso a Montoro. Puente sobre el río Guadalquivir



<b>Tipología estructural</b>	Puente mixto formado por un cajón metálico, cuyo vano central, sobre el Río Guadalquivir, cuenta con un arco superior metálico.
<b>Localización</b>	Sobre el Río Guadalquivir en Montoro (Córdoba).
<b>Fecha de inauguración</b>	Junio 2009.
<b>Cliente</b>	Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A
<b>Propiedad</b>	Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A. Dirección General de Carreteras.
<b>Alcance de la obra:</b>	Proyecto de Construcción y Dirección de obra

La estructura planteada está compuesta por 6 vanos, cuya secuencia de luces es de 20.00 + 27.00 + 40.00 + 60.00 + 33.50 + 19.50 m, y está compuesta por un tablero mixto, un arco metálico, 9 cables de acero galvanizado y unos estribos de hormigón armado. La sección tipo de la carretera en la estructura está compuesta por dos carriles de 3,50 m, dos arcones interiores de 0.50 m, dos arcones exteriores de 0.50 m y dos aceras exteriores que cuentan con 3.00 m de anchura cada una (incluyendo el espacio utilizado para alojamiento de la barrera de seguridad que segrega el tráfico peatonal del tráfico rodado). El resto de la anchura, hasta formar los 16.30 m totales con los que cuenta el puente, se completa con la mediana de hormigón de anchura 1.30 m.

La sección transversal adoptada consta de un cajón casi triangular (canto mínimo de 100 mm en el extremo) dividido en 8 células por las almas verticales y que se completa con una losa de hormigón de 18 cm de espesor. La misma, resulta especialmente adecuada ya que minimiza las cargas muertas en el tablero, especialmente en las zonas alejadas de la línea de apoyo central (plano de péndolas), siendo especialmente eficiente para resistir los esfuerzos combinados de axil, flexión, cortante y torsión. Se han proyectado, asimismo, unas costillas o diafragmas de longitud igual a la anchura total del cajón, 16.30 m. La distancia entre estos elementos es variable en función del vano donde se ubiquen. El arco es metálico de sección variable. En el arranque la sección del cuadrilátero presenta diagonales de valor 672 x 2700 mm, mientras que en es clave de 1600 x 650 mm. La variación entre las dimensiones de las diagonales se produce de manera circular, manteniéndose el área total de la sección prácticamente como un invariante. Esta geometría responde a las necesidades resistentes del puente. Los espesores proyectados para este elemento estructural son de 40 mm en los arranques y 30 mm en el tramo central.

Se ha dispuesto un único plano central de 9 péndolas de diámetro nominal Ø62 mm. Estos elementos se han proyectado como cables cerrados triple Z con una separación de 6.00 m.

Las pilas están formadas por dos fustes de sección variable, aunque siempre manteniéndose la forma de triángulo equilátero, con altura del mismo variable linealmente con la altura según una relación de 1:40. Las alturas de las mismas varían entre los 7.91 m de la pila P-5 y los 17.33 m de la pila P-4

Las cimentaciones de las mismas, de acuerdo a las recomendaciones geotécnicas, serán directas, en el caso de las pilas P-1, P-2 y P-3. En el caso de las pilas P-4 y P-5, la existencia de terreno superficial poco competente ha hecho que se deba acudir a cimentaciones profundas mediante 4 pilotes de diámetro Ø1.25 m.

En lo que a los estribos respecta, el estribo E-1, de acuerdo a la altura existente respecto al terreno natural, será cerrado. Este elemento está formado por un doble muro, el primero de los cuales, el más externo, ejerce las funciones de contención de las tierras de la jardinera donde se dispondrán plantas que favorezcan la integración estética de la obra en el entorno. El segundo de los muros es el encargado de dar apoyo a la estructura en sus extremos. Los estribos tendrán una prolongación, geoméricamente igual, en los muros M-1 y M-2. Todos estos elementos estarán chapados en piedra, en lo que constituye una acción más de integración en el entorno.

El estribo E-2 estará formado por un cargadero que apoya sobre pilotes de diámetro Ø1.25 m.

## Autopista Vespucio Norte. Chile



<b>Tipología Estructural</b>	Puentes, pasos superiores e inferiores.
<b>Localización</b>	Santiago de Chile. República de Chile.
<b>Fecha de inauguración</b>	2006.
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Obras Públicas. República de Chile.
<b>Concesionario</b>	Vespucio Norte Express S.A.
<b>Consultor Principal</b>	LEN & Asociados.
<b>Construcción</b>	Dragados – Hochtief - Belfi – Brotec.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción de las Estructuras.

La Autopista Vespucio Norte forma parte de la ampliación y reforma del anillo de circunvalación de Santiago, que se construye sobre la actual Av. Américo Vespucio. Dicha autopista consta de un eje de dos calzadas y tres carriles por sentido y discurre entre la Ruta 78 y la Av. El Salto, con una longitud total de 29 km. Una vez finalizada, será la tercera autopista del mundo y la primera de Sudamérica (junto con otras concesiones de la Región Metropolitana) en la que se implante el Peaje *Free Flow*, que permite el tránsito de vehículos sin detenerse.

El proyecto incluye la ejecución de numerosas estructuras en zonas urbanas y periurbanas con intenso tráfico, por lo que resulta imprescindible mantener el paso de vehículos —aunque restringido— durante el proceso constructivo. Las estructuras del proyecto comprenden 2 puentes, 12 pasos superiores, 10 pasos inferiores, 25 pasarelas y 12 km de muros.

Las tipologías utilizadas en los puentes, en los pasos superiores e inferiores responden a distintos condicionantes, tanto geométricos como constructivos. Por ello, se han empleado losas armadas aligeradas y estructuras con vigas pretensadas prefabricadas. En los pasos inferiores se han proyectado losas de hormigón armado de 1 y 2 vanos sobre pilotes. En todas las estructuras, el procedimiento constructivo adoptado ha consistido en la excavación, la ejecución de los pilotes y el posterior hormigonado de la losa sobre el terreno. En último lugar se realizó la excavación bajo la losa.

El proyecto de las estructuras de la Autopista Vespucio Norte ha estado condicionado por la actividad sísmica que se produce en Chile. La norma de proyecto de puentes y estructuras vigente en este país es el código americano AASHTO 1996, complementado por el Manual de Carreteras del MOP. Por ello, en todas las estructuras se han aplicado los requisitos habituales para proyectos en zonas sísmicas, como, p.ej., armaduras de confinamiento en zonas de posible formación de rótulas, etc. Además, se han aportado soluciones originales e innovadoras, como, p.ej., anclajes anti-levantamiento, utilizados para las estructuras de vigas prefabricadas

## Puente sobre el Barranco de Picassent



<b>Tipología estructural</b>	Puente arco de tablero mixto y arco metálico de 51,50 m de luz.
<b>Localización</b>	Picassent (Valencia)
<b>Fecha</b>	2011
<b>Cliente</b>	MS Ingenieros
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Picassent.
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción y Asistencia técnica

El puente sobre el Barranco de Picassent es un arco de tablero superior. Su único vano tiene una luz de 51,50 m y su tablero una anchura de 14 m. Está compuesto por un arco metálico y un tablero mixto conectado al arco mediante péndolas de acero.

El arco es metálico de directriz circular y su sección transversal es un cuadrilátero de sección variable, tanto en alzado como en planta. La conexión del arco con el tablero se lleva a cabo a través de siete péndolas, en un único plano central, situadas cada 6,30 m. Estas péndolas están formadas por cables cerrados triple Z de 58 mm de diámetro nominal.

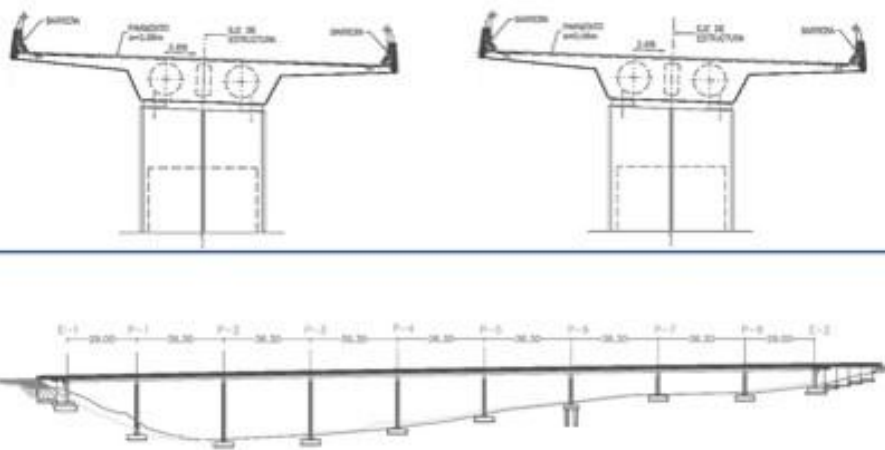
La flecha del arco es de aproximadamente 8,60 m. La relación flecha/luz es igual a  $L/6$ .

La sección transversal del tablero está constituida por un cajón metálico de sección triangular de canto variable, desde 1,10 m en el eje de la estructura hasta 0,10 m en los extremos. Este cajón se divide en seis células por almas verticales. El tablero se completa con una losa de hormigón de 0,18 m de espesor. El canto total corresponde a 1,28 m. La relación canto/luz es igual a  $L/40$ .

Se montan diafragmas transversales cada 3,15 m, coincidiendo con los ejes de apoyo en los estribos, con cada péndola y en las secciones intermedias entre cada dos péndolas.

Los estribos son cargaderos apoyados, cada uno de ellos, sobre cuatro pilotes circulares de 1,25 m de diámetro.

## Viaducto de Peñaflor



<b>Tipología</b>	Viaducto de hormigón pretensado
<b>Localización</b>	Teruel
<b>Fecha</b>	2000
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento
<b>Empresa constructora</b>	DRAGADOS
<b>Fecha de inauguración</b>	2000
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción

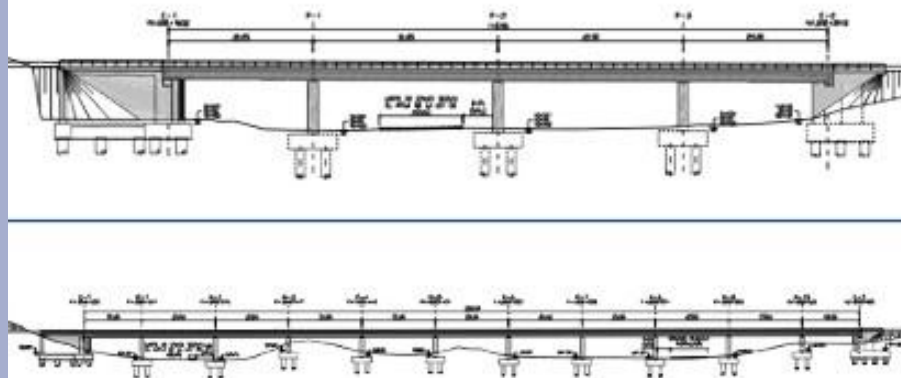
El Viaducto de Peñaflor es una estructura de hormigón pretensado de 312 metros de longitud compuesta por dos tableros independientes de 13.50 metros de ancho. El encaje de la estructura viene condicionado por la topografía relativamente abrupta del lado del estribo 1, por el punto bajo del valle por donde fluyen aguas en períodos de fuertes lluvias y por la presencia de la CN234 que discurre próxima a la estructura en la zona del estribo 2 pero a una cota mucho más baja. Estos condicionantes dan lugar a una distribución de luces de 29.00-7x36.30-29.00 m.

El canto del tablero es de 1.50 metros, lo cual da lugar a una esbeltez de  $L/24$ . Las pilas, de sección rectangular hueca, son relativamente esbeltas con un canto de 1.50 m, un ancho de 4.50 m y una altura máxima de 27.2 m.

Cada tablero está pretensado mediante 8 tendones de 27 cordones de 15.2 mm de diámetro nominal, lo que supone una cuantía de pretensado de  $17.5 \text{ kg/m}^2$ . La cuantía de armadura pasiva en el tablero es de  $100 \text{ kg/m}^2$ .

La cimentación es directa en todos los apoyos salvo en la pila 6 en la que se disponen 6 pilotes de 1.2 m de diámetro en cada tablero y una longitud aproximada de 16.00 metros. Al ser el terreno heterogéneo, se prevén asientos diferenciales de hasta 2.5 cm lo cual supuso un condicionante importante para el proyecto.

## Viaductos LAV Horcajada-Torrejoncillo



<b>Tipología estructural</b>	Viaductos de tablero de hormigón pretensado aligerada y vanos de 32.0 m
<b>Localización</b>	Nuevo Acceso Ferroviario de Alta Velocidad de Levante. Madrid – Castilla la Mancha – C. Valenciana Región de Murcia. Tramo Horcajada – Torrejoncillo
<b>Fecha</b>	2010
<b>Cliente</b>	PROINTEC
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción

Ambos viaductos constan de un único tablero de 4 vanos, con luces 25.00 + 32.00 + 32.00 + 25.00 y una longitud total de 114.00 m para el Viaducto del Corco y luces 25.00 + 9 x 32.00 + 25.00 y una longitud total de 338.00 m para el Viaducto del Calorzo. La anchura del tablero es constante e igual a 14.00 m.

La sección transversal de los tableros está formada por una losa de hormigón postesado aligerada interiormente, con un canto de 1,90 m (relación canto/luz igual a 1/16.8) y bombeo del 2 %, se ha previsto su construcción tramo a tramo mediante autocimbra en 4 y 11 fases, respectivamente para los viaductos del Corco y el Calorzo. El tablero se pretensa mediante 16 cables de 24Ø0.6”.

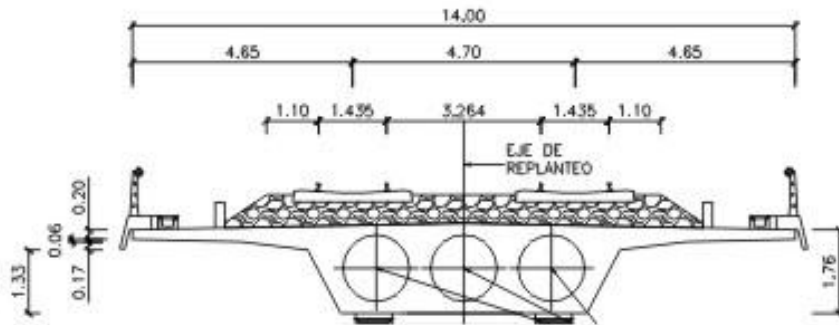
En relación al comportamiento frente a cargas horizontales se ha proyectado un puente anclado en uno de los estribos (E-2) bajo el punto de vista longitudinal. Esta elección permite tener fijo el tablero del viaducto desde el inicio del proceso constructivo.

Transversalmente las cargas se transmiten a través de cada uno de los aparatos de apoyo a su pila y al estribo 1 (móvil longitudinalmente), y mediante topes transversales al estribo 2.

Las pilas poseen alturas inferiores a los 10.00 m, y están formadas por una pantalla central de 2.70 m de anchura y 0.80 m de espesor rematada en ambos lados por dos arcos de circunferencia de radio 1.42 m. La anchura total de la pila es de 5.20 m, coincidentes con la anchura del núcleo del tablero, siendo el canto máximo longitudinal de la pila 1.70 m. La capacidad transversal de contención del tablero en las pilas queda conferida a apoyos tipo POT.

La cimentación de las pilas se lleva a cabo mediante cimentación profunda formada por encepados de 6 pilotes de diámetro 2.00 m y longitudes de 12.0, 15.0 y 14.0 m para las pilas P-1, 2 y 3, respectivamente.

La cimentación del Estribo 2 (estribo fijo) está formada por un encepado de 12 pilotes de diámetro 1.80 m y longitud igual a 14.70 m mientras que la cimentación del Estribo 1 (estribo móvil) está formada por un encepado de 6 pilotes del mismo diámetro, pero de 15.50 m de longitud. En este mismo Estribo 1 se construye un pórtico para soportar el sistema de fijación del aparato de dilatación de vía, que se cimenta a través de 8 pilotes de 1.80 m de diámetro y 15.5 m de longitud.



<b>Tipología estructural</b>	Puentes losa postesados de canto constante
<b>Localización</b>	Torrejuncillo-Abia de la Obispalía (Cuenca)
<b>Fecha</b>	2010
<b>Propiedad</b>	ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias)
<b>Cliente</b>	SAITEC
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción

Las estructuras proyectadas (Viaductos sobre el Río Cigüela, Viaducto Higuieruelas, Viaducto sobre la Carretera CUV-7032 y Viaducto Alto Molino) constan de un único tablero (21 vanos en el caso del viaducto sobre el Río Cigüela, 35 vanos en el caso del Viaducto Higuieruelas, 4 vanos en el caso del Viaducto sobre la Carretera CUV-7032 y 3 vanos en el caso del Viaducto Alto Molino).

Por tratarse todos ellos de viaductos de luces moderadas (inferiores siempre a 35.00 m), se ha escogido una tipología para el tablero de losa aligerada de canto constante. Esta solución presenta una gran ventaja estética frente a las secciones en cajón, por ser de menor canto, resultando además, la solución de tablero más racional bajo el punto de vista estructural en el rango de luces de 30.00 a 35.00 m.

Todos los viaductos presentan una misma sección transversal, consistente en una losa aligerada de hormigón pretensado de canto 1,90 m y anchura 14,00 m. La anchura inferior es de 5,20 m, contando con sendos paramentos laterales inclinados 62,3° respecto a la horizontal y voladizos extremos de 3,70 m.

En lo que respecta a la secuencia de luces para cada viaducto, ésta resulta la siguiente

**Viaducto sobre el Río Cigüela**

La estructura consta de un tablero de 21 vanos con luces 25,00 + 19 x 30,50 + 25,00 entre ejes de estribos, que dan lugar a una longitud total de 629,50 m.

**Viaducto Higuieruelas**

La estructura consta de un tablero de 35 vanos con luces 25,00 + 33 x 30,50 + 25,00 entre ejes de estribos, que dan lugar a una longitud total de 1056,50 m.

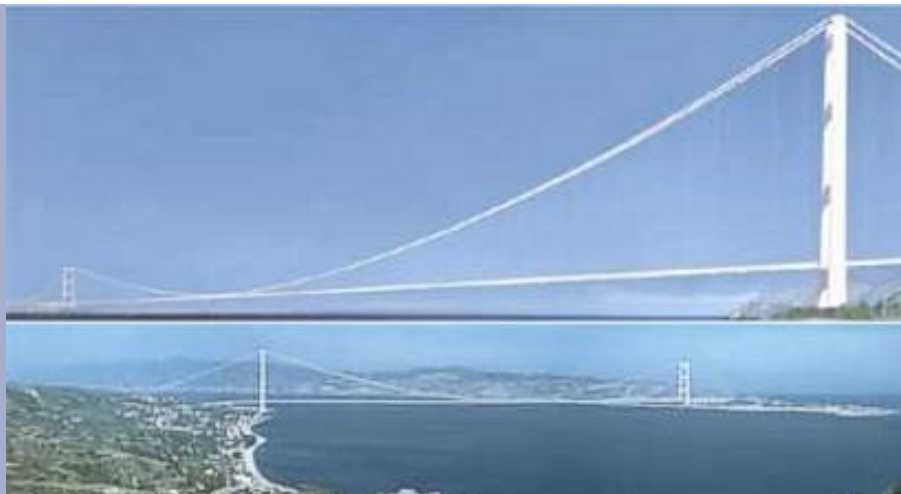
**Viaducto sobre la Carretera CUV-7032**

La estructura consta de un tablero de 4 vanos con luces 25,00 + 2 x 30,50 + 25,00 entre ejes de estribos, que dan lugar a una longitud total de 111,00 m.

**Viaducto Alto Molino**

La estructura consta de un tablero de 3 vanos con luces 29,00 + 34,00 + 29,00 entre ejes de estribos, que dan lugar a una longitud total de 92,00 m.

## Puente colgante sobre el estrecho de Messina



<b>Tipología estructural</b>	Puente de gran luz colgante
<b>Localización</b>	Estrecho de Messina Italia
<b>Concurso de licitación</b>	Mayo de 2005
<b>Propiedad</b>	Stretto di Messina
<b>Cliente</b>	ASTALDI(Italia) y FERROVIAL-AGROMÁN (España)
<b>Alcance de la Obra</b>	Supervisión del proyecto de licitación y optimización estructural

El puente sobre el Estrecho de Messina, que unirá la región de Reggio Calabria, al Sur de la Península Itálica, con la isla de Sicilia, es un puente colgante de 3.700 metros de longitud, con una luz central de 3.300 m.

El tablero metálico, de 60 m de ancho, está formado tres vigas cajón longitudinales de forma lenticular, unidas por diafragmas transversales cada 30 metros, que se completan con dos voladizos laterales. Este tablero, que permite alojar dos calzadas de tráfico viario (vigas extremas), una línea férrea de doble vía (viga central) y dos vías de explotación (voladizos), tendrá una altura máxima de 65 metros por encima de la línea de mar para permitir el tráfico marítimo.

El vano principal del tablero está sustentado por dos parejas de cables cerrados de 1220 mm de diámetro de acero de alta resistencia, a los que se conectan, desde los bordes de los diafragmas grupos de péndolas de 2,3 o 4 unidades de cables cerrados con diámetros comprendidos entre los 64 y lo 88 mm. Estas parejas de cables principales, que se anclan en sendos contrapesos, transfieren las cargas a dos pilas de 382,6 metros de altura, formadas por pórticos metálicos con fustes octogonales, con cuatro arriostramientos intermedios, cuyas dimensiones en su conexión con los macizos de cimentación alcanzan unas dimensiones en planta de 16,0x12,0 m.

Entre los condicionantes más importantes del proyecto destacan la velocidad de viento, de hasta 216 kilómetros por hora, y a sismicidad de la zona de emplazamiento, con terremotos de hasta 7,1 puntos de intensidad en la escala de Richter que se traduce en una aceleración máxima de diseño de 1,4 g.



## Proyecto de ampliación del Puente de Los Santos



<b>Tipología Estructural</b>	Puente de Hormigón pretensado ampliado mediante una estructura metálica a base de jabalcones y prtensado exterior
<b>Localización</b>	Sobre la Ría del Eo entre Galicia y Asturias
<b>Fecha de Inauguración</b>	Octubre 2008
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento
<b>Construcción</b>	DRAGADOS
<b>Alcance de la Obra</b>	Estudio Tipológico, Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica

El Puente de los Santos constituye en la actualidad el paso de la carretera CN-634, de San Sebastián a La Coruña, sobre la ría del Eo. El Puente de los Santos se ve afectado por la transformación en autovía de la CN-634, ya que se encuentra en la parte final del tramo Barres – Ribadeo de la nueva autovía del Cantábrico A-8, consistente en la duplicación de la actual CN-634. La ampliación del puente responde a la duplicación de la CN-634. Básicamente, la ampliación definida en el Proyecto de Construcción inicial del tramo preveía la construcción de un tablero metálico que envuelve al existente de hormigón, para poder incrementar la anchura de tablero existente desde los 12.00 m actuales a los 24.60 m necesarios para albergar la sección de autovía prevista.

El puente actual consta de cinco vanos de luces  $75.00 + 3 \times 150.00 + 75.00$  m y un vano adicional de 12.00 m de luz, que salva un camino. La longitud total del puente es de 612.00 m. La solución de ampliación adoptada finalmente consiste en ampliar el puente 6,30 m a cada lado del existente hasta conseguir una plataforma de 24,60 m de anchura. Esta ampliación se realiza con unas losas de canto variable, de geometría similar a la losa superior del cajón actual, que se apoyan en unos jabalcones, que llevan la carga al cajón del puente existente.

A partir del estudio de la capacidad resistente del puente existente puede concluirse que en las condiciones actuales el puente es capaz de soportar las cargas para las que ha sido proyectado, adecuadamente pero sin prácticamente ninguna holgura que le permita soportar cargas adicionales. Por ello, en la dirección longitudinal, se plantea un refuerzo mediante pretensado exterior situado en el interior del cajón existente, un refuerzo con estructura mixta en forma de cajón metálico relleno de hormigón en el paramento inferior de la losa inferior del cajón y una tercera alma situada en el interior de cajón, en el eje de simetría.

El pretenado exterior se sitúa en el interior del cajón del puente actual. Se han estudiado distintos tipos de trazado, jugando con el número de desviadores y el trazado en alzado, incluso sacando el pretensado por fuera del cajón. La solución óptima, finalmente adoptada, tiene un trazado poligonal con dos desviadores, aproximadamente a tercios de la luz, en los vanos de 150,00 m, y un desviador, aproximadamente a en el cuarenta por ciento de la luz, en el vano lateral. Este pretensado esta constituido por 8 tendones de 31 cordones cada uno. El pretensado se ancla en las riostras de pila y en los diafragmas de estribos. Los desviadores aludidos están previstos como diafragmas de hormigón situados en las zonas de desvío. El cajón metálico que sitúa en el paramento inferior del cajón actual tiene sección trapezial con 90 cm de canto y ancho variable entre 1.20 m en la cara superior y 1.00 metro en la cara inferior y se extiende toda la longitud de todos los vanos. En las secciones próximas al apoyo, este refuerzo es debido a la necesidad de reforzar la capacidad resistente a compresión del hormigón. En las zonas de vano, este refuerzo es debido a la necesidad de reforzar la tracción del pretensado. En las zonas intermedias el cajón sirve de encofrado al relleno de hormigón que resulta necesario para proteger de la corrosión a las armaduras de cuelgue y de cortante que se introducen en la nueva alma.

Variante Sur  
Metropolitana de  
Bilbao. Tramo 2A Enlace  
Ortuella - Portugalete



<b>Tipología Estructural</b>	TR-1 Cajón mixto con cartelas (carretera), ST-12 Cajón mixto con cartelas (peatonal), ST-14 Cajón mixto con cartelas (carretera), ST-15 Ampliación longitudinal losa postesada en solución tipo integral, ST-16 Cajón mixto con cartelas (carretera), ST-19 Cajón mixto con cartelas (peatonal)
<b>Localización</b>	Variante Sur Metropolitana de Bilbao de la Autovía A-8 (Bilbao-Santander) entre las localidades de Ortuella y Portugalete
<b>Fecha</b>	2011
<b>Construcción</b>	SAITEC
<b>Propiedad</b>	Interbiak. Diputación Foral de Bizkaia.
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica a la Dirección de obra

Los cajones mixtos de carretera vuelan unas luces máximas de 43.40 m para la ST-14, 44.69 m para la ST-16 y 40.00 m para la TR1. Los cantos mínimos son de 1.20 m de cajón metálico y 0.50 m de cartela en las tres soluciones, con losas de compresión de 0.25 m en la primera y 0.35 las otras dos (relaciones canto luz de 1/30 y 1/22 para la ST-14, de 1/29 y 1/22 para la ST-16 y de L/26 y L/20 para la TR-1). Las estructuras ST-16 y TR-1 tienen un mayor espesor de losa de compresión por soportar unas plataformas de entre 11.50 m y 15.00 m la primera y de 13.00 m la segunda.

Las pasarelas metálicas tienen ambas la misma sección de 6.35 m de ancho. Se ha buscado el aligerar la estructura al máximo mediante la utilización de la chapa grecada como encofrado perdido de tablero.

Resulta de especial interés el caso de la estructura ST-15 en la que se minimizan las futuras operaciones de mantenimiento mediante la eliminación de los aparatos de apoyo y la sustitución de los estribos actuales (cargaderos sobre tierra armada) por unos correspondientes a los de una solución en puente integral. Además resulta también interesante cómo se ha dado continuidad al pretensado existente.

## Puente entre Cangas y Vigo



<b>Tipología estructura</b>	Puente colgante
<b>Localización</b>	Vigo (Pontevedra)
<b>Fecha</b>	2007
<b>Cliente</b>	Xunta de Galicia
<b>Propiedad</b>	Xunta de Galicia
<b>Alcance de la obra</b>	Anteproyecto

El puente uniría la ciudad de Vigo con la península del Morrazo por el exterior de la comunicación actual, con objeto de ampliar la capacidad de un itinerario saturado por las limitaciones del puente de Rande. Partiría en su lado Sur de la zona franca del Puerto de Vigo y desembocaría, ya en el lado Norte en las proximidades de la Punta Rodeira en la Península de Morrazo

La solución estructural es un puente colgante, que cuenta con una longitud total de 2.700 m, poseyendo un vano central de 1.500 m, que permite mantener el canal de navegación actual con un gálibo horizontal de maniobra del orden de 300 m y con gálibo vertical superior a 50 m de altura libres. La sección transversal de esta solución, que cuenta con un total de 43 m de anchura, permite la disposición de 3 carriles para tráfico rodado por sentido más sendas vías centrales para la circulación de metro ligero, lo que obliga a limitar al 4% la pendiente longitudinal del tablero.

Las pilas principales poseen sus cotas de cimentación a las cotas aproximadas de -22 m, en el lado Vigo y de -9 m en el lado Cangas, resultando de esta manera técnicamente viables a la vez que económicamente no desproporcionadas.

Los cables principales son continuos desde los macizos de anclaje que se ubican en ambas márgenes. Los macizos funcionan por gravedad, y se anclan a los mismos por gravedad, consiguiéndose el rozamiento suficiente para anclar el tiro de los cables a través del elevado peso de estos elementos. Los cables principales poseen una relación flecha luz de 19, canónica para esta tipología.

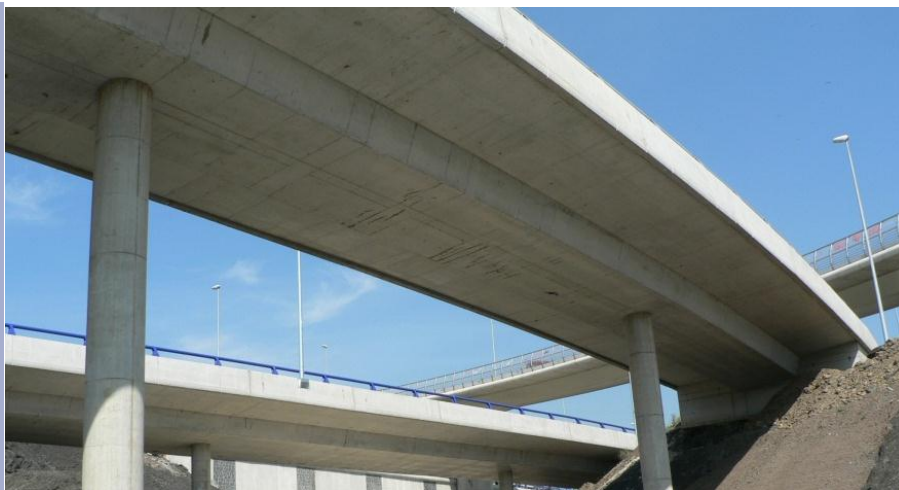
Las pilas centrales han de ser capaces de proporcionar rigidez longitudinal al cable principal, puesto que en caso contrario, las deformaciones verticales del cable y del tablero adoptarían valores inaceptables. Es por este motivo por el que se adopta una sección de pila en forma de A.

En lo que respecta a las juntas de dilatación se han previsto únicamente dos de ellas en los extremos de la estructura, en las posiciones de los macizos de anclaje. En ambas zonas se prevén transmisores de impacto que permitan la transmisión de fuerza longitudinal entre el tablero y el estribo-macizo de anclaje. Estos transmisores de impacto permiten reducir las deformaciones horizontales del tablero debidas a posiciones de sobrecarga no simétrica, con el fin de reducir el recorrido de las juntas de dilatación.

El tablero se soporta vertical y lateralmente en los anclajes, mientras que no apoya verticalmente en las pilas principales, transversalmente se encuentra apoyado en pilas y estribos-contrapeso.

La sección transversal del cajón ha sido escogida de tal manera que se combinan los necesarios requerimientos estructurales con una adecuada aerodinámica. La combinación de un cajón trapezoidal cerrado, de elevada rigidez a torsión con la relación flecha luz planteada en los cables principales asegura una alta velocidad crítica de flameo, tal y como se puede comprobar los cálculos llevados a cabo.

Variante Sur  
Metropolitana de  
Bilbao. Tramos 2B  
Santurtzi-Portugalete y  
Tramo 3A Portugalete-  
Trapagarán



<b>Tipología estructural</b>	TR-2	Losa armada aligerada tipo puente integral,
	TR-3	Losa armada aligerada tipo puente integral,
	TR-7	Ampliación de paso de vigas "doble T",
	ST-3	Cajón mixto con cartelas,
	ST-7	Cajón mixto con cartelas
<b>Localización</b>	Autovía A-8 (Bilbao-Santander) entre las localidades de Santurtzi y Trapagarán.	
<b>Fecha</b>	2011	
<b>Construcción</b>	SAITEC	
<b>Propiedad</b>	Interbiak. Diputación Foral de Bizkaia	
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica a la Dirección de obra	

Las losas armadas aligeradas tienen una luz máxima de 23.00 m con cantos totales de 1.15 (L/20) y se han proyectado como puentes integrales. Así, se prescinde de la presencia de aparatos de apoyo y juntas de dilatación reduciendo con ello importantemente el coste de mantenimiento. Para ello, los fustes circulares se empotran en el tablero y los cargaderos, solidarios con éste, se cimentan mediante micropilotes.

La ampliación de vigas tiene por objeto permitir el acceso de un nuevo ramal al tronco de la autovía A-8 bajo la que se ubica el viaducto existente. La solución busca mantener la mayor homogeneidad posible con la estructura a ampliar.

Los cajones mixtos vuelan unas luces máximas de 57.00 m para la ST-3 y de 46.75 m para la ST-7. Los cantos mínimos son de 1.40 m de cajón metálico en ambas soluciones y 0.70 m de cartela en la ST-3 y 0.60 m en la ST-7, con losas de compresión de 0.25 m en la primera y 0.35 en la segunda (relaciones canto luz de 1/35 y 1/24 para la ST-3 y de L/27 y L/20 para la ST-7). La ST-7 tiene un mayor espesor de losa de compresión por soportar una plataforma de 13.50 m (más de 12.00 m de tráfico rodado).

Línea Ferrol-Gijón.  
Tramo Avilés-Gijón en  
By-pass con el ramal  
Aboño-Sotiello



<b>Tipología Estructural</b>	Viaducto eje 1. Estructura para ferrocarril mixta de tipo bijácena. Viaducto eje 2. Estructura para ferrocarril mixta de tipo bijácena.
<b>Localización</b>	Vía FEVE ramal Aboño-Sotiello entre dichas localidades.
<b>Fecha</b>	2009
<b>Construcción</b>	OHL
<b>Propiedad</b>	Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción y Asistencia técnica

Viaducto eje 1

Estructura mixta de tipo bijácena de canto variable con la particularidad de que las platabandas superiores de las vigas se sitúan por encima de la cota de carril. Esto conlleva a que el tablero presente una sección tipo en U

El ancho del tablero entre ejes de vigas laterales es de 5,90 m. Presenta, además, dos paseos exteriores de 1,23 m. por lo que la anchura total del tablero es de  $5,9+2 \cdot 1,23$  e igual a 8,36 m. La longitud total del puente, medida en el eje de replanteo, es de 265,0 m. Esta longitud se distribuye en 7 vanos de luces 25-48,5-31,5-37,5-37,5-55-30 metros.

En planta la estructura discurre 70,88 metros en recta, 30,14 m en una circunferencia de 268,241 metros de radio, 94,976 m en una circunferencia de 319,180 metros de radio, en una recta de 7,5 m de longitud y los 57,5 metros restantes en una circunferencia de 237,226 m de radio.

Las vigas laterales metálicas son de sección doble "T" de canto variable con alturas comprendidas entre 2,70 y 5,50 m. Las vigas se encuentran unidas mediante vigas transversales metálicas doble "T" de 60 cm de canto y equiespaciadas cada 2,5 m. Sobre estas vigas se apoya una losa de hormigón armado de 27 cm. de canto máximo. El alma de las vigas laterales ha sido rigidizada transversalmente coincidiendo con las vigas transversales, constituyendo de este modo marcos transversales en forma de U.

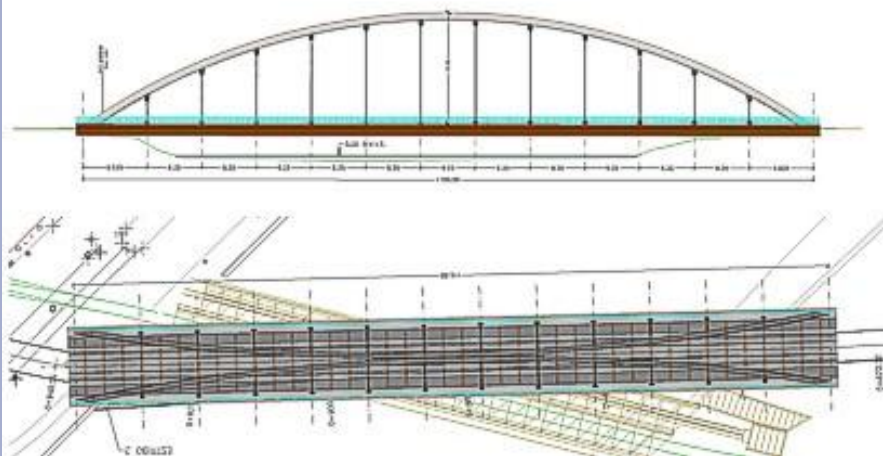
Viaducto eje 2

Estructura mixta de tipo bijácena de canto variable con la particularidad de que las platabandas superiores de las vigas se sitúan por encima de la cota de carril. Esto conlleva a que el tablero presente una sección tipo en U

El ancho del tablero entre ejes de vigas laterales es de 5,30 m. Presenta, además, un paseo exterior de 1,23 m. por lo que la anchura total del tablero es de  $5,3+1,23$  e igual a 6,83 m.

La estructura es isostática y esviada. La longitud total del puente, medida en el eje de la estructura, es de 38.66 m. La longitud de la viga derecha es de 35,16 m mientras que la izquierda es de 42,96 m.

## Puente arco de FF.CC de acceso al puerto de Málaga



<b>Tipología estructural</b>	Arco de tablero inferior
<b>Localización</b>	Málaga
<b>Fecha</b>	2003-2006
<b>Propiedad</b>	Puerto de Málaga
<b>Alcance de la obra</b>	Anteproyecto

El puente se encuentra situado en un entorno urbano, paralelo a la avenida de Manuel Agustín Heredia, esta zona de Málaga no presenta un gran valor paisajístico al tratarse de la zona de servicio del puerto, aunque está muy próximo al centro de la ciudad, por lo que un puente con una adecuada tipología puede permitir una revalorización paisajística de esta área. El puente resuelve el cruce de la línea de ferrocarril de mercancía de acceso al puerto de Málaga sobre el río Guadalmedina.

La estructura propuesta es un doble arco de tablero inferior de un único vano de 100,0 m de luz y 14,00 m de anchura, compuesto por un arco metálico y un tablero mixto conectado al arco mediante péndolas de acero. Esta solución resuelve los requerimientos de la Confederación Hidrográfica respecto a la imposibilidad de realizar pilas en el cauce y que el canto del tablero no fuera mayor de 1,50 m.

Se disponen dos arcos laterales tumbados que arrancan en los bordes del tablero y se unen en el centro del puente, son metálicos de directriz circular y su sección transversal es triangular constante tanto en alzado como en planta. La conexión del arco con el tablero, se lleva a cabo a través de dos planos de 12 péndolas formadas por cables cerrados, separadas 8,25 m. La flecha del arco en centro de vano es aproximadamente igual a 17,0 m (relación flecha/luz igual a L/5,9).

La sección transversal del tablero está constituida por dos cajones metálicos laterales de sección rectangular de canto constante de 1,70 m (relación canto/luz igual a L/58,8), unidos por vigas transversales metálicas cada 2,50 m conectadas a la losa de hormigón de 0,20 m de espesor.

Los estribos son cargaderos pilotados, construidos tras los cajeros del río.

Uno de los principales condicionantes en la construcción de la estructura es el operativo, ya que debe minimizarse el tiempo en que la línea permanezca cerrada durante el proceso constructivo, ya que para construir el nuevo puente se debe demoler primero el puente actual.

El procedimiento constructivo elegido consiste en construir el puente en paralelo a su posición definitiva y trasladándolo mediante camiones especiales, uno en cada orilla que soportarán la mitad del peso del puente. Para montarlo habrá que poner apoyos provisionales en el cauce o bien aprovechar el puente de carretera que hay paralelo para montarlo encima, también podría plantearse la posibilidad de montarlo en un lado del cauce y cruzar uno de los dos camiones al otro lado por el puente.

## Puente arco sobre el río Dambovita. Rumanía



<b>Tipología estructural</b>	Doble arco metálico de tablero inferior
<b>Localización</b>	Bucarest
<b>Fecha</b>	2011
<b>Construcción</b>	FCC
<b>Propiedad</b>	Término municipal de Bucarest
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de construcción y asistencia técnica a la construcción

Este puente está situado sobre el cauce del río Dambovita y encuadrado dentro de una nueva red de viaductos que conforman los tramos anterior y posterior del mismo. El puente se sitúa sobre otro ya existente que sirve de paso al tranvía y el encuentro entre las calles principales Grozavisti y Orhiedeor con otras adyacentes.

La estructura propuesta es un doble arco metálico de tablero inferior para salvar una distancia total de 117.7 m y con un ancho total de 21.3 m (19.8 m entre ejes).

La solución se compone de dos arcos metálicos laterales de sección doblemente variable y un tablero mixto conectado al arco mediante péndolas de acero.

Los arcos laterales que arrancan en los bordes del tablero y se unen en el centro del puente, son metálicos de directriz parabólica y sección transversal prismática de canto y ancho variables disminuyendo el primero y aumentando el segundo en la misma proporción si se avanza desde el arranque hasta la clave.

La conexión del arco con el tablero, se lleva a cabo a través de dos alineaciones de 10 péndolas formadas por cables cerrados, separadas 10 m entre sí.

La flecha del arco en centro de vano es aproximadamente igual a 18,4 m (relación flecha/luz igual a  $L/6.4$ ).

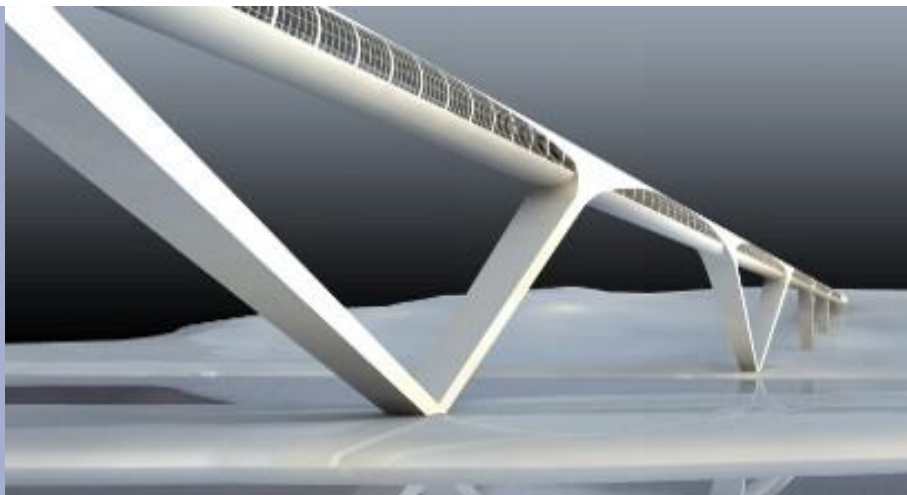
La sección transversal del tablero está constituida por dos cajones metálicos laterales de sección rectangular de canto constante de 1,50 m (relación canto/luz igual a  $L/78.5$ ), unidas mediante vigas transversales metálicas en doble T situadas cada 3.33 m. El conjunto de vigas longitudinales y transversales está conectado a la losa de hormigón de 0,25 m de espesor.

Los estribos son pórticos que sirven de apoyo tanto al arco como a los viaductos adyacentes. La luz de los pórticos está dividida por dos palas inclinadas que arrancan de la base de las pilas permitiendo el paso de un tranvía bajo la directriz del puente.

El principal condicionante en el dimensionamiento de la estructura es su encuadramiento dentro de una zona de sismicidad muy elevada, siendo necesario amortiguar la masa del tablero mediante el uso de apoyos de neopreno con núcleo de plomo.

Uno de los principales condicionantes en la construcción de la estructura es el operativo, ya que el paso a través del puente inferior ya existente debe permanecer abierto durante el montaje de la estructura.

## Viaducto sobre el río Ulla



<b>Tipología Estructural</b>	Tablero mixto de sección circular
<b>Localización</b>	Río Ulla (Pontevedra - A Coruña). Junto a Catoira
<b>Fecha</b>	2006
<b>Propiedad</b>	Ministerio de Fomento. Dirección General de ferrocarriles
<b>Alcance de la Obra</b>	Fase de Concurso. Contrato de Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del proyecto

El viaducto sobre el río Ulla pertenece al nuevo Eje Atlántico de alta velocidad, tramo Villagarcía de Arosa- Padrón. El viaducto consiste en un tablero mixto de sección circular dentro de la cual circulan los trenes. Se trata de un tubo apoyado en pilares verticales y que en la zona del cruce del río se apoya en unas células triangulares de manera que permiten aumentar la luz del vano principal sin aumentar la luz del dintel, propiamente dicho.

La solución configurada con 8 vanos de 100,0 + 300,0 + 420,0 + 300,0 + 150,0 + 150,0 + 100,0 m. Debido a la configuración de la célula que soporta el vano principal, el tablero queda apoyado en vanos de 100,0 + 150,0 + 180,0 + 240,0 + 240,0 + 240,0 + 180,0 + 150,0 + 150,0 + 100,0. En definitiva el tablero es un tubo continuo de 10 vanos con una longitud máxima de vano de 240,0 m.

La sección transversal tiene un diámetro de 14,0 m. El tubo así constituido es continuo en las zonas sobre los apoyos, donde las tensiones tangenciales son máximas. El tubo es permeable en las zonas interiores de los vanos, donde las tensiones tangenciales son menores.

El tren circula a nivel de una cuerda que se sitúa a 4,00 m del borde inferior del tubo. En esta cota se hormigona una losa de hormigón armado de 0,30 m de espesor, apoyada entre diafragmas transversales situados cada 4,000 m.

El ancho de la plataforma a nivel de la losa de hormigón es de 11,53 m, que permite alojar una sección transversal suficiente para las dos vías, el balasto, los muros de contención del balasto y una acera a ambos lados de la vía.

En la parte superior del tubo, a 2,00 m por debajo de la cota máxima del tubo, se dispone de otro diafragma transversal cada 3,00 m, que coincide con el diafragma inferior.

La piel de tubo está constituida por sendas chapas rigidizadas en la parte superior y e inferior del tubo. En la zona del interior de los vanos las chapas superior e inferior están conectadas por una celosía de elementos, discreta, que sigue una geometría curva, y que garantiza la continuidad del tubo.

En las zonas próximas a los apoyos, la chapa superior e inferior aumentan su dimensión hasta que el tubo queda totalmente cerrado.



## Puente arco sobre el río Genil



<b>Tipología estructural</b>	Puente arco de tablero mixto y arco metálico de 31 m de luz
<b>Localización</b>	Sobre el Río Genil en Granada
<b>Fecha de Inauguración</b>	2007
<b>Construcción</b>	Salvador Rus López Construcciones
<b>Propiedad</b>	Excmo. Ayuntamiento de Granada
<b>Taller estructura metálica</b>	GRUPO SALMERÓN

La estructura proyectada cuenta con un único vano de 31 m de luz entre apoyos, y está compuesta por un tablero mixto, un arco metálico, 5 cables cerrados de acero galvanizado y unos estribos-cargaderos de hormigón armado. La anchura total de la estructura se estableció en 14.00 m, de los cuales los 9.00 m centrales se destinan al tráfico rodado, quedando 2.50 m en cada uno de los laterales para la discurrir del tráfico peatonal.

El mecanismo longitudinal resistente del tablero consta de un núcleo central metálico de 9.00 m de anchura, resultante de la unión de dos trapecios, y 0.42 m de canto máximo. Los espesores de las chapas metálicas oscilan entre 15 y 20 mm. La losa superior de hormigón que corona este cajón se ha proyectado con un espesor de 0.18 m, totalizando de esta manera un canto total máximo en el eje de la estructura de 0.60 m. Complementando a este mecanismo longitudinal, que recoge directamente las cargas provenientes del tráfico rodado (la anchura de 9.00 m coincide con la destinada a la calzada), se han proyectado, con un separación variable entre 1.81 y 2.43 m, unas costillas de sección triangular que vuelan 2.50 m respecto a los límites exteriores del cajón. Este mecanismo transversal es el encargado de recoger la carga peatonal excéntrica y transmitirla al cajón central. La sección transversal resultante de las consideraciones anteriores resulta especialmente adecuada en cuanto que minimiza las cargas muertas del tablero, especialmente en las zonas alejadas del eje de la estructura (plano de péndolas), siendo especialmente eficiente para resistir los esfuerzos combinados de axil, cortante y torsión.

El arco es metálico de sección variable. Su directriz es circular y su sección transversal es un cuadrilátero. El valor de la flecha, igual a 5.10 m, proporciona un rebajamiento de 1/6. En el arranque, zona donde el esfuerzo pésimo lo constituye el momento flector, las dimensiones de las diagonales son de 0.37 x 1.35 m, mientras que en clave, zona en la que el esfuerzo predominante es el axil, estas dimensiones son de 0.83 x 0.35 m. La transición entre ambas secciones se produce de manera prácticamente lineal, constituyendo el área total de la sección prácticamente un invariante. Los espesores proyectados para este elemento estructural son de 30 mm en los arranques y 25 mm en el tramo central.

Se ha dispuesto un único plano central de 5 péndolas de diámetros nominales 7 y 60 mm. Estos elementos se han proyectado como cables cerrados triple Z con una separación de 4.85 m.

## Reforma del Barranco de Santos



<b>Tipología estructural</b>	Falso túnel, pasarela metálica y puentes de hormigón pretensado y tablero prefabricado
<b>Localización</b>	Santa Cruz de Tenerife
<b>Fecha</b>	2010
<b>Cliente</b>	FCC
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife
<b>Alcance de la obra</b>	Revisión y Redacción del proyecto de las estructuras

El proyecto de reforma del Barranco de Santos contempla la ejecución de un nuevo vial de 2350 m de longitud que discurre paralelo al mencionado barranco.

La materialización del vial hace necesaria la ejecución de un falso túnel de 330 m de longitud, una pasarela metálica y siete puentes, así como numerosos muros de contención y tres edificios.

El falso túnel. Está constituido por un forjado de placas alveolares y está delimitado lateralmente por muros de contención en uno de sus bordes y por una hilera de pilares circulares metálicos en el otro.

El Puente Salamanca. Es una estructura de dos vanos de 36 y 16 m de luz y 15 m de anchura, de hormigón pretensado y con una pila central en V.

La pasarela Duggi. Es una estructura metálica de un único vano de 32.85 m de luz y aloja en su interior un colector de 1.50 m de diámetro. La sección transversal es triangular con la cara superior horizontal y con una célula triangular en cada vértice, que constituyen los cordones longitudinales. Entre ellos se sitúa una triangulación de perfiles.

Puente Asuncionistas. Construido a continuación de un puente arco de hormigón armado de 1922. Su construcción requirió la ejecución de un complicado procedimiento constructivo que evitara daños en el puente existente a la vez que permitiera el tránsito de tráfico por encima del mismo.

Los viaductos 1, 2 y 3, el Puente Meoqui y el Puente Serrador. Todos ellos son de tableros prefabricados con luces que varían entre 28 y 38 m.

## Puente sobre la ría Orio. Gipuzkoa



<b>Tipología Estructural</b>	Puente híbrido colgante-atirantado
<b>Cliente</b>	Diputación Foral de Gipuzkoa
<b>Localización</b>	Oriu. Gipuzkoa
<b>Fecha de Inauguración</b>	2008
<b>Cliente</b>	Diputación Foral de Gipuzkoa
<b>Propiedad</b>	Diputación Foral de Gipuzkoa
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de Trazado y Proyecto de Construcción

El puente que cruza la ría del Oria es una estructura con un sistema de sustentación híbrido, que combina un sistema de suspensión con otro de atirantamiento, con objeto de disminuir la altura de las pilas y no producir una estructura excesivamente intrusiva en el paisaje, disminuyendo al mismo tiempo los costes frente a un puente colgante clásico. El puente presenta una luz principal de 180 m con sendos vanos de compensación de 63 m, salvando ampliamente el canal del campo de regatas. Con el fin de mejorar la integración paisajística se ha plantado un sistema de sustentación central, situado en el eje del puente que permite el empleo de dos únicas pilas a modo de mástil, que disminuyen el efecto del fuerte esvía del cruce sobre el cauce.

La sección transversal tiene un ancho útil de 22.00 formado por una acera y un carril bici de 3.00, dos calzadas de 7.50, dos espacios de 0.50 m para albergar las barreras de seguridad y una mediana central de 2.00 m que permite el paso del mástil de las pilas.

Las pilas son de hormigón armado de alta resistencia, con sección es circular de 2.00 metros de diámetro, que incluye una camisa exterior de acero en toda su altura. Hasta la cota unión con el tablero la camisa metálica se realizará en acero inoxidable. La pila 1 se cimienta mediante una zapata de 18.00 x 9.00 metros y 4.00 metros de canto. La pila 2 descansa sobre un encepado cuadrado de lado 12.80 x 12.80 metros y 4 metros de canto con 8 pilotes de 1,80 metros de diámetro.

El sistema de suspensión está formado por cuatro cables, situados en el eje de la sección transversal, abrazados por un conjunto de péndolas equidistantes 5.00 m entre sí, que sustentan el tablero por su parte central. El sistema se completa con 7 alineaciones de tirantes situadas a cada lado de las pilas que sustentan los primeros 35 metros situados a ambos lados de cada pila

El tablero es mixto, con una sección transversal con un núcleo cerrado formado por dos células de 3.75 m de ancho, con un canto en el eje de 1.62 m. La sección transversal se completa con dos almas verticales laterales con sus alas superiores correspondientes y dos almas más inclinadas en los extremos que se funden con el fondo del tablero. La cara superior del tablero se adapta a la configuración de peraltes transversales de forma que no sea necesario ejecutar recrecidos.

Los estribos actúan como contrapesos frente a los tiros verticales transmitidos por los cables principales que se anclan horizontalmente en el tablero. Son por tanto elementos masivos de hormigón armado. El estribo de la margen derecha se ha proyectado con un frente con forma triangular en planta de forma que una de sus caras sea paralela al camino de ribera. En prolongación de los alzados se construyen sendos muros de acompañamiento de hormigón armado que recogen los derrames de las rampas de acceso al puente, permitiendo la integración paisajística del mismo.

Pabellón-Puente sobre  
el Río Ebro para la  
Expo 2008



<b>Tipología estructural</b>	Puente mixto de dos vanos
<b>Localización</b>	Zaragoza
<b>Fecha de inauguración</b>	2008
<b>Construcción</b>	DRAGADOS
<b>Propiedad</b>	Ayuntamiento de Zaragoza
<b>Alcance del trabajo</b>	Proyecto de construcción y Asistencia Técnica a la constructora

El Pabellón-Puente de la Expo Zaragoza 2008 es una estructura situada sobre el Río Ebro que constituye el puente de entrada a la exposición, y a la vez, un espacio de exposición de aproximadamente 7000m<sup>2</sup> de superficie.

El recinto de exposiciones situado sobre el puente se encuentra dividido en tres módulos; uno principal que discurre entre los dos extremos y dos módulos laterales situados uno a cada lado del principal.

De forma simplificada, se puede considerar que se trata de una estructura continua de dos vanos de luces aproximadas iguales a 100 y 150 m.

Cuatro son los elementos estructurales principales que constituyen la estructura del puente el cajón, los cordones superiores, la fachada y las costillas.

El cajón es metálico y de planta curva, de anchura variable entre 12 y 29 m, y canto variable entre 3.30 y 5.55 m. Por motivos arquitectónicos, se encuentra recubierto exteriormente por una capa de hormigón proyectado de 6 cm de espesor. Tiene diafragmas interiores situados cada 3.60 m.

Los cordones superiores son metálicos y se encuentran situados sobre cada uno de tres los módulos.

Las costillas, al igual que los diafragmas interiores del cajón, se sitúan en planos paralelos separados 3.60 m, y delimitan cada uno de los tres módulos.

La fachada está constituida por paneles situados entre cada dos costillas en sentido longitudinal. Cada uno de ellos consta de dos familias ortogonales de perfiles metálicos rectangulares de 160x80 mm.

Asemejando el comportamiento del puente al de una viga, el cajón realiza la función de la cabeza inferior; traccionada en los centros de vano y comprimida sobre el apoyo central. Los cordones superiores realizan la función de la cabeza superior; comprimidos en los centros de vano y traccionados sobre el apoyo central. La fachada, encargada de la transmisión de esfuerzos cortantes, realiza la función del alma. La introducción en el mecanismo resistente global de las cargas aplicadas en el tablero la realizan, en primer lugar, los diafragmas transversales del cajón y, en segundo lugar, las costillas.

## Viaducto de Arbizelai



<b>Tipología estructural</b>	Viaducto atirantado
<b>Localización</b>	Arrasate-Mondragón (Gipuzkoa)
<b>Fecha de inauguración</b>	2009
<b>Propiedad</b>	Bidegi S.A.
<b>Taller estructura metálica</b>	ASCAMÓN
<b>Construcción</b>	UTE Laurena
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de Construcción y A.T a constructora

El viaducto de Arbizelai está situada en la zona periurbana de Arrasate-Mondragón y permite salvar, con un fuerte esviaje, el valle del río Deba y el enlace del acceso sur a Mondragón.

La longitud total del viaducto es de 408,72 metros y se distribuye en seis vanos de 37,44+53,04+59,28+59,28+140,4+59,28 metros de luz. Para resolver el vano de mayor luz se recurre a atirantar éste y sus vanos adyacentes, mediante haces de tirantes situados en el eje del puente, en dos pilonos mixtos situados en la mediana. El tablero, situado a una altura sobre el valle de unos 25 metros, se resuelve con un tablero común para ambas calzadas de canto constante de 2,65 metros, formado por un cajón mixto bicelular trapecial de 9 metros de base inferior y una losa superior de hormigón armado, de ancho variable de 25,20 a 27,4 metros, con voladizos laterales apoyados en jabalcones inclinados metálicos situados cada 3,12 metros, que parten del borde inferior del cajón y sirven de apoyo a la losa de hormigón cerca del extremo del voladizo.

Las pilas son de sección variable formadas por un único fuste. La sección es rectangular en el arranque y con ancho variable de 2,70 metros a 10,10 en cabeza. La solución planteada para la cimentación de las pilas es directa, mediante zapatas apoyadas en terreno competente.

En cuanto a los estribos ambos son cerrados. El estribo 1 es de altura variable en función del peralte siendo única la cota de cimentación del mismo, con una altura media de unos 11,0 metros y un canto constante de 1,50 metros. La solución adoptada para el estribo 2, dado el desnivel existente entre ambos bordes del tablero, presenta 3 cotas distintas de cimentación, con alturas desde los 18,50 metros (en alzado izquierdo) hasta los 10,0 metros aproximadamente (en alzado derecho). El canto varía desde 2,5 a 1,50 metros. En la zona coincidente con el eje de la estructura se ha dispuesto un contrafuerte de 2,0 metros de anchura donde se ancla el último de los cables de retenida del sexto vano del tablero.

#### Proceso Constructivo

Tras la ejecución de las pilas y los estribos del viaducto se procederá al empuje del cajón metálico desde los lados de ambos estribos. Desde el estribo 1 se procederá al empuje de los vanos 1, 2, 3, 4 y la mitad del vano 5 (vano atirantado). El resto (vanos 6 y mitad del vano 5) se empujarán desde el estribo 2. Durante esta fase se dispondrán cuatro(4) tirantes provisionales que se desmontarán una vez unidas ambas partes del tablero en el centro del vano atirantado.

## Puente Atirantado Centura en Bucarest



<b>Tipología Estructural</b>	Puente atirantado. Pilono de hormigón. Tablero de doble cajón mixto
<b>Localización</b>	DN1 Road. Bucharest North Circumvallation KM 8 + 100 to KM 17+100
<b>Fecha de Inauguración</b>	Enero 2011
<b>Propiedad</b>	Bucharest City Hall
<b>Construcción</b>	FCC
<b>Alcance de la obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica

“Centura Bridge” tiene una distribución de vanos 35+85+85+35 m, con un pilono central de 47 m de altura (37 m sobre el apoyo del tablero) y dos pilas intermedias.

La necesidad de dichas pilas intermedias nace de la imposibilidad de ejecución de un pilono de mayor altura por motivos de gálibo, dada la cercanía de una zona aeroportuaria. De modo que la máxima inclinación admisible en los cables de para asegurar su efectividad obliga a la disposición de estos apoyos intermedios.

El tablero, de 20.30 m de anchura, se compone de dos cajones metálicos de 2500 mm de fondo con platabandas de 500 mm (ancho total de 3000 mm) unidos por vigas transversales que se consideran articuladas a los cajones. Sobre la retícula formada por los cajones y las vigas transversales, se dispone una chapa grecada de 2 mm de espesor para el hormigonado de una losa de 250 mm de espesor.

Los cables están compuestos por entre 78 y 133 alambres paralelos de 7 mm de diámetro y se unen a la cabeza del pilono y al tablero mediante piezas especiales de chapas soldadas.

Los alzados tienen laterales curvos. En el caso del pilono dicha curvatura pretende conservar cierto aspecto del proyecto original a la vez que inserta todos los cables en un plano que incluye la directriz de la pieza que recoge todos los anclajes. Dicho pilono es hueco por encima del tablero. La curvatura en los alzados de pila y estribo se dispone para adaptarse lo máximo posible al gálibo ferroviario. Los estribos separan las funciones de apoyo del tablero y contención de tierras, siendo esta última función satisfecha por sendos muros de suelo reforzado.

Es de destacar la vinculación entre tablero y alzados, mediante apoyos de núcleo de plomo en pilono y estribo y pot esféricos multidireccionales en pilas intermedias. Debido al importante sismo de la zona, de 0.24g de aceleración básica del suelo, estos apoyos de núcleo de plomo son especialmente indicados para disipar energía sísmica mediante un proceso de histéresis.

Proyecto de  
Construcción de la  
Plataforma. Línea alta  
velocidad Madrid-  
Zaragoza-Barcelona-  
Frontera francesa.  
Tramo: Riudellots-  
C/Joan Torro



<b>Tipología Estructural</b>	Puente metálico con celosías laterales
<b>Localización</b>	Vía AVE Madrid-Zaragoza-Bacelona-Frontera francesa en las proximidades de Riudellots
<b>Fecha de Inauguración</b>	2009
<b>Cliente</b>	PROINTEC
<b>Propiedad</b>	ADIF
<b>Alcanze de la Obra</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica al empuje

La estructura consta de un único tablero de 2 vanos, con luces 53.00 + 53.00 entre ejes, que dan lugar a una longitud total de 106.0 m. La estructura está muy esviada, de modo que los ejes de apoyos de pilas y estribos forman un ángulo de 34.3° con el eje de trazado de la LAV. La anchura del tablero es constante e igual a 15.70 m.

La estructura consta longitudinalmente de dos vigas en celosía de acero con cordón superior parabólico dispuestas en los extremos de la sección transversal, separadas 14.40 m entre ejes. La flecha de la parábola en el centro de cada vano es de 7.60 m entre ejes de cordón superior e inferior. Se da continuidad a los cordones superiores de uno y otro vano con una contra parábola sobre los apoyos de pila, dispuesta 15.00 m a cada lado de las pilas, y con un canto sobre apoyos de 4.30 m entre ejes de cordón de continuidad e inferior. Los cordones superior e inferior se unen a través de diagonales, 10 por vano, y de unas chapas ciegas sobre apoyos de pilas y estribos que colaboran en la transmisión de las cargas de cordones a apoyos.

La sección del tablero entre las vigas longitudinales está formada por una losa de hormigón ligero armado de 13.10 m de ancho entre los cordones inferiores de las celosías sobre perfiles HEB-600 dispuestos cada metro. El canto de la losa va de 0.60 m en los cordones inferiores hasta 0.73 m en el eje, de modo que el paramento superior tiene un bombeo del 2 % desde el eje del tablero hacia las celosías. La losa se hormigona sobre un encofrado perdido formado por chapa grecada apoyada sobre los perfiles HEB.

En relación al comportamiento frente a cargas horizontales se ha proyectado un puente dotado de dispositivos longitudinales transmisores de impacto. Se disponen 4 aparatos en cada estribo (separación entre ejes de los mismos de 1.80 m) orientados en la dirección del eje de la estructura, capaces de bloquearse ante la actuación de las cargas instantáneas (frenado y sismo), impidiendo de esta manera el movimiento, pero que se oponen a los desplazamiento debidos a las cargas lentas, tales como son las correspondientes a los efectos reológicos y térmicos.

Los apoyos sobre pilas son neoprenos zunchados, y sobre estribos neoprenos y apoyos tipo POT guiados en sentido longitudinal y fijos en transversal. Las pilas son de hormigón armado, con un fuste de sección transversal de forma hexagonal, inscrito en un rectángulo de dimensiones 1.80 x 1.90 m, y de 8.8 m de altura. Se cimentan mediante encepados de 6.25 x 10.00 x 1.90 m sobre 6 pilotes de 1.25 m de diámetro.

## Viaducto sobre la Ensenada de Engano. A Coruña



<b>Tipología estructural</b>	Puente de hormigón pretensado de luz principal 70 m
<b>Localización</b>	Ensenada de Engano (Noia, A Coruña)
<b>Fecha de Inauguración</b>	2011
<b>Propiedad</b>	Xunta de Galicia
<b>Construcción</b>	COPASA
<b>Alcance de la Obra</b>	Proyecto de construcción y Asistencia Técnica

El viaducto sobre la Ensenada de Engano forma parte del proyecto de mejora del trazado de la carretera C-550 entre las localidades de Cee y Tui. Se trata de un viaducto de 721 m de longitud repartidos en vanos de luces  $41.00 + 9 \times 70.00 + 50.00$  m.

La sección transversal del tablero es un cajón de hormigón pretensado in situ de 3.20 m de canto total y 11.00 m de anchura. La sección transversal tiene almas ligeramente inclinadas, con un ancho inferior igual a 5.50 m y voladizos laterales de 2.50 m. El espesor de las almas varía entre 0.35 y 0.50 m, y el de la losa inferior entre 0.20 y 0.50 m. El espesor medio que resulta es igual a 0.63 m.

Para la construcción está prevista la utilización de autocimbra, ejecutándose en cada fase  $\frac{3}{4}$  de un vano y  $\frac{1}{4}$  del siguiente.

Las dimensiones de las pilas están condicionadas por los requerimientos de apoyo de la autocimbra, que necesita una plataforma de 5.50 x 3.20 m en el extremo superior para el apoyo de las cuatro patas. Con este condicionante, la geometría que se plantea para las pilas consiste en dos fustes apantallados de 3.20 x 1.00 separados 4.50 m entre ejes y unidos en su extremo superior por un dintel de 2.00 m de canto. Las cimentaciones son profundas, con una pareja de pilotes de 2.00 de diámetro en cada pila.



## Estructuras de la Ronda Norte de Valencia



<b>Tipología estructural</b>	Puente recto con sección transversal multi-cajón mixta de canto variable. Puente recto con sección transversal cajón mixta de canto constante
<b>Localización</b>	Municipio de Valencia
<b>Propiedad</b>	Generalitat Valenciana
<b>Consultor estructural</b>	FHECOR Ingenieros Consultores
<b>Fecha de redacción</b>	2005
<b>Puesta en servicio:</b>	2007
<b>Constructor</b>	DRAGADOS
<b>Alcance de los trabajos</b>	Proyecto de construcción y A.T al constructor

### DESARROLLO: Estructura E2-3

La estructura E2-3 conforma el paso superior de la carretera CV-35 sobre la carretera CV-30, el ramal politécnico y una vía colectora de Ronda Norte de Valencia. De directriz recta, tiene una longitud total de 117 m. y se encuentra situada entre los PKs 0+281.784 y 0+398.784.

Se ha adoptado un esquema estructural de tres vigas mixtas continuas de tres vanos y canto variable mediante acuerdos parabólicos de segundo grado, variando éste de 1.40 m en estribos y centro de vano intermedio a 2.20 m en pilas. De esta forma las pilas 1.1, 1.2 y 1.3 se sitúan entre la margen izquierda del ramal politécnico y la CV-30, mientras que las pilas 2.1, 2.2 y 2.3 se sitúan entre la CV-30 y la margen izquierda de la colectora.

Las luces que resultan del encaje realizado, medidas según el eje de la estructura, son de 35.00 + 47.00 + 35.00 m. La anchura del tablero es constante, igual a 32.50 metros..

Los cajones metálicos son de canto variable, siendo éste de 1.10 m en centro de vano y en estribos y de 1.90 m en pilas. Su forma es tal, que una vez cerrado por la losa superior tiene sección trapezoidal. Las seis pilas están formadas por un fuste cuya sección está constituida por dos círculos de 1.50 m de diámetro y un rectángulo de 1.75x1.20 m. Presentan una altura de 10.35, 10.50, 10.35, 12.45, 12.60 y 12.45 m respectivamente. Su cimentación está resuelta mediante encepados cuadrados de 7.8x7.8x1.6 m con cinco pilotes de Ø1.25 m y de 30 m de longitud cada uno

### Estructura E1

La estructura E.1 pertenece al ramal Politécnico de la Ronda Norte de Valencia. Se trata de un paso superior sobre la carretera CV-30, de directriz curva de radio 112 m y 109.33 metros de longitud, el cual se sitúa entre los P.Ks 0+660.282 y 0+772.541 del ramal.

Se ha adoptado un esquema estructural de viga mixta continua de cinco vanos y canto constante. De esta forma la pila 1 es anterior a la margen derecha de la Colectora, la pila 2 se sitúa entre la Colectora y la CV-30, la pila 3 queda ubicada en la mediana de la CV-30 y la pila 4 se sitúa posterior a la calzada derecha de la CV-3.

## Puente de Cuatro Vientos, Pamplona



<b>Tipología estructural:</b>	Colgante Autoanclado
<b>Localización:</b>	Pamplona
<b>Fecha de inauguración:</b>	2010
<b>Cliente</b>	Ayuntamiento de Pamplona
<b>Propiedad:</b>	Ayuntamiento de Pamplona
<b>Alcance de la Obra:</b>	Proyecto de Construcción

**DESARROLLO :**La propuesta ganadora del concurso del Nuevo Puente de Cuatro Vientos en Pamplona partió del análisis de los puentes existentes sobre el Arga en la ciudad, concluyéndose que existía aún margen para la innovación tipológica.

El carácter singular buscado como puerta y eslabón llevó a desechar soluciones de tramo recto o de arco de tablero superior, planteándose un abanico de soluciones con referencias sobre la calzada.

Se analizó al mismo tiempo cómo y dónde ubicar el símbolo de puerta, planteándose en un primer momento la posibilidad de que el mayor protagonismo le correspondiera a la nueva glorieta, aunque finalmente se consideró que la ubicación idónea debía estar en el meandro, alejada de los edificios que rodean la rotonda, que le restarían protagonismo y porque, simbólicamente el meandro de Trinitarios, apunta hacia la salida de la ciudad pero aún pertenece a ella, por lo que la puerta debía quedar del lado de la plataforma de Trinitarios, en la margen izquierda. Además, el efecto eslabón no debía dejar de lado al río ni al parque fluvial, con el que el puente debía quedar conectado por el tráfico peatonal.

De la terna de soluciones finalmente consideradas resultaron desechadas una solución arco pórtico que arrancaba de las inmediaciones de la glorieta y una solución similar a la propuesta pero con las palas en la glorieta y pilas en la zona del futuro parque fluvial.

La solución propuesta es un puente colgante autoanclado de 114,2 m de luz total. La solución colgante, elegida para una luz relativamente moderada, es innovadora en la ciudad de Pamplona, poco frecuente en nuestro país, y presenta una carga simbólica asociada al símbolo de Navarra, las cadenas.

Las palas se han planteado como dos grandes triángulos apuntados de 28,50 m de base que convergen deprisa hasta el encuentro de ambos, a 28 m de altura, igual que la altura de la nave principal de la Catedral de Pamplona. Esa coincidencia expresa que la propuesta mantiene la escala humana en la actuación, y una cierta visión gótica de la puerta.

Los planos inclinados recuerdan también los paramentos de las puntas igualmente afiladas del baluarte de la Ciudadela de Pamplona con una buscada afinidad metafórica en cuanto a signo de identidad de la ciudad, y convergen para dar soporte a los cables principales.

Las palas albergan en su base el estribo-contrapeso de la margen izquierda, con su paramento sur inclinado coincidiendo con la pendiente de las palas. El contrapeso se ejecutará parcialmente con hormigón reciclado, tratando de compensar los residuos generados en la remodelación del puente de fábrica situado aguas arriba.

Viaductos de la LAV  
Madrid-Levante.  
Tramo: Villena-Sax



<b>Tipología estructural:</b>	Losas aligeradas postesadas
<b>Localización:</b>	Villena (Alicante)
<b>Fecha de inauguración:</b>	2011
<b>Cliente</b>	PROINTEC-FCC
<b>Propiedad:</b>	ADIF
<b>Alcance de la Obra:</b>	Proyecto de Construcción y Asistencia Técnica a la constructora

**DESARROLLO:** El tramo Villena-Sax de la LAV Madrid-Levante incluye la construcción de dos viaductos de gran longitud: el Viaducto sobre la Acequia del Rey y el Viaducto sobre el Cordel de Sax. El primero de ellos tiene una longitud total de 1394m repartidos en 44 vanos con las siguientes luces: 25+42x32+25m. El Viaducto sobre el Cordel de Sax tiene una longitud total de 1458m repartidos en 46 vanos con las siguientes luces: 25+44x32+25m.

El esquema adoptado para resistir las fuerzas horizontales en las dos estructuras ha consistido en la disposición de puntos fijos en las tres pilas centrales y en la utilización de transmisores de impacto en los dos estribos. Se disponen aparatos de dilatación de vía en los dos estribos.

El tablero está formado por una losa aligerada de hormigón postesado ejecutada vano a vano mediante la utilización de autocimbra. La construcción se realizó comenzando desde el centro y avanzando simultáneamente hacia los dos estribos .

Xunta de Galicia XOPA



<b>Tipología estructural:</b>	Sistemas de Gestión de Puentes
<b>Localización:</b>	Galicia
<b>Fecha de implantación:</b>	2009-2010
<b>Cliente</b>	Xunta de Galicia
<b>Propiedad:</b>	Xunta de Galicia

**DESARROLLO:**FHECOR ha desarrollado en UTE con INTEMAC la implantación del Sistema de Gestión de Obras de Paso en la Red de Carreteras de la Xunta de Galicia.

Un Sistema de Gestión es una herramienta para la toma fundada de decisiones sobre conservación de los puentes que permite evaluar la seguridad y el estado de conservación de las obras de paso por medio de índices de daño objetivos, asegurar el nivel de prestaciones y la seguridad de los usuarios sin riesgos previsibles a corto plazo, y optimizar los recursos económicos, priorizando en el tiempo de manera objetiva las actuaciones de conservación.

Los trabajos de campo han consistido en la realización del inventario e inspección principal de 1072 estructuras, a partir de un catálogo de daños adaptado a las obras de paso de la RAEG. Los informes de inspección recogen los daños observados en cada estructura en forma de un "índice de daño", un escalor tanto mayor cuanto peor es el estado de la estructura, que se obtiene ponderando la gravedad de los daños observados y la importancia del elemento afectado. Tiene en cuenta aspectos de seguridad estructural, durabilidad, comportamiento en servicio, seguridad del usuario, socavabilidad del cauce, sistema de contención, etc.

Los trabajos de gabinete se han centrado en mejoras de la aplicación informática y su manual de utilización, la conexión del XOPA con el Catálogo Visual (CatVis) de RAEG, la formación de personal de la Administración y el desarrollo de una aplicación informática para la gestión del paso de vehículos especiales.

Los primeros frutos del sistema de gestión han sido la realización por parte de diferentes consultores de inspecciones especiales y proyectos de reparación, algunos de ellos ya ejecutados, sobre las estructuras en las que la necesidad de intervención era más apremiante.

## Proyecto de empuje de dos viaductos en la Autopista A30 en Montreal



<b>Tipología estructural:</b>	Puentes mixtos con sección cajón
<b>Localización:</b>	Montreal, Canadá
<b>Fecha de inauguración:</b>	2011
<b>Propiedad:</b>	Ministerio de Transportes de Quebec
<b>Construcción:</b>	A30CJV (Dragados - Acciona)
<b>Alcance de la Obra:</b>	Proyecto del lanzamiento y Asistencia Técnica a la constructora

**DESARROLLO:** La nueva circunvalación de Montreal incluye la realización de dos viaductos mixtos que se van a construir por el procedimiento de empuje; el Puente sobre el Canal de Beauharnois y el Puente de Saint Louis.

El puente sobre el Canal de Beauharnois tiene una longitud total igual a 2550m, de los que 1455m están formados por un cajón mixto y el resto por vigas prefabricadas. El tramo metálico tiene 12 vanos tipo de 81.90m de luz y un vano principal de 150m. El canto del cajón metálico es igual a 3675mm. El trabajo realizado por FHECOR Ingenieros Consultores en UTE con IDEAM consiste en el proyecto del empuje del tramo metálico de la estructura, que incluye la adecuación de la estructura metálica para que pueda ser empujada y el diseño de los elementos auxiliares necesarios. La principal particularidad del empuje radica en el hecho de que el tramo empujado tiene una fuerte pendiente longitudinal y que parte del mismo se encuentra situado en un acuerdo parabólico en alzado. Esto último dificulta sobremanera el estudio de las distintas fases del empuje así como el diseño de los elementos auxiliares. Para el cruce de los vanos tipo se recurre al uso de una nariz y para el cruce del vano principal se utiliza un mástil con atirantamiento provisional.

El Puente de Saint Louis tiene una longitud total de 244m, repartidos en cuatro vanos de 52+70+70+52m y se empuja hasta su posición definitiva mediante la utilización de una nariz auxiliar.

## Puente sobre el río Guadalfeo en la A-7



<b>Tipología estructural:</b>	Puente arco con tablero inferior. Arco mixto.
<b>Localización</b>	Autovía del Mediterráneo A-7, Granada
<b>Fecha de inauguración:</b>	2011
<b>Propiedad:</b>	Ministerio de Fomento
<b>Construcción:</b>	FCC Construcción, S.A.
<b>Alcance de la Obra:</b>	Proyecto constructivo y asistencia técnica a la constructora

**DESARROLLO:** El nuevo puente sobre el Río Guadalfeo pertenece al proyecto de la A-7 Autovía del Mediterráneo, tramo Nerja - Motril, promovido por el Ministerio de Fomento. Se encuentra en las proximidades de la localidad de Lobres (Granada), en una zona en que la aceleración sísmica básica es igual a 0.15g.

Se trata de una estructura de 280m de longitud, medidos entre ejes de estribos, con un total de cuatro vanos de luces 34 + 36 + 140 + 36 + 34m. La sección transversal tiene una anchura de 25m. El tablero está formado por un cajón de hormigón de almas verticales de 10m de ancho y 2.50m de canto y voladizos laterales de 7.50m hormigonados en segunda fase sobre prelosas que apoyan sobre costillas prefabricadas separadas 4m. El tablero del vano principal y los vanos de acceso se diferencia únicamente en el número de almas del cajón central; tres almas en el caso del vano principal y dos en el caso de los vanos de acceso.

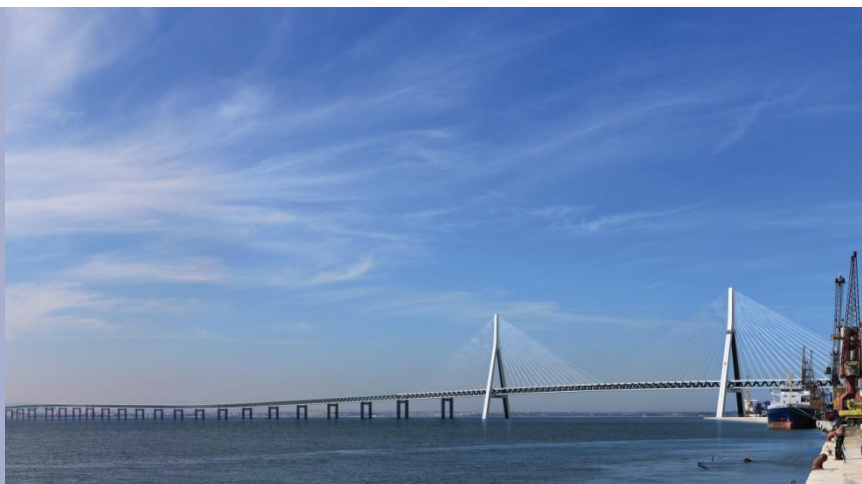
El vano principal está formado por un arco de tablero inferior de 140m de luz, situándose el arco en la mediana. Las péndolas se disponen cada 8m, están formadas por un único tubo de acero de 300mm de diámetro y se tesan desde el anclaje inferior situado en la cara superior del tablero.

El arco es mixto y tiene una flecha de 21.50m respecto a la directriz del tablero y su sección transversal es rectangular y está formado por una camisa de chapa de acero S-355 y está relleno de hormigón autocompactante HAC-70. Con objeto de mejorar el comportamiento del arco frente al pandeo fuera de su plano, su anchura se ha hecho variable entre 1.80m en el arranque y 3.00m en la clave. El canto del arco es variable entre 2.00m en el arranque y 1.20m en la clave.

El tablero se encuentra articulado en los encuentros entre el vano principal y los vanos de acceso, manteniendo la continuidad frente a acciones horizontales mediante un cosido con barras pretensadas.

Además de los aspectos relativos al vano principal de 140m, la relevancia del proyecto se encuentra en el hecho de que se han utilizado apoyos de neopreno con núcleo de plomo (LRB) tanto en las pilas como en los estribos con el fin de minimizar las fuerzas sísmicas que el tablero transmite a las pilas y, por tanto, a las cimentaciones. Los apoyos LRB, además de aislar la estructura, permiten la disipación de energía durante un sismo. Los apoyos diseñados cumplen con los requisitos de recentrado utilizados habitualmente para movimientos estimados del tablero de 130mm.

## Puente atirantado sobre el Río Tajo. Lisboa-Portugal



<b>Tipología estructural:</b>	Puente atirantado
<b>Localización</b>	Lisboa (Portugal)
<b>Fecha de inauguración:</b>	2009
<b>Propiedad:</b>	RAVE
<b>Construcción:</b>	FCC
<b>Alcance de la Obra:</b>	Proyecto de licitación

Este puente forma parte de la denominada “TTT” (Tercera Travesía del Tajo), que supondrá la llegada del ferrocarril de alta velocidad a Lisboa. El proyecto se ha redactado en UTE FHECOR, IDEAM y ADF, siendo FHECOR responsable del tramo atirantado, para el consorcio formado por: FCC Construcción, Ramalho e Rosa Cobetar, Sociedade de Construções, Impregilo, Conduril–Construtora Duriense, Cimolai, y EHST–European High Speed Trains

El cruce de la Tercera Travesía sobre el canal principal de navegación del Río Tajo se resuelve con un puente atirantado de cinco vanos de luces 150+150+540+150+150m, constituyendo un record para puentes de ferrocarril de alta velocidad.

Este puente presenta un reto tecnológico por su luz, la gran magnitud del sismo previsto en la zona (con un valor de aceleración en la meseta del espectro de 1.0g) y la presencia de terrenos con poca capacidad portante que requieren cimentaciones mediante pilotes de hasta 75 m de profundidad en algunos puntos.

La propuesta que aquí se presenta resultó la más eficiente de las planteadas gracias a la reducción drástica de las masas de pilonos y cimentaciones, y al aislamiento y amortiguamiento del tablero respecto a la infraestructura. La reducción de las cargas de sismo conseguida permitió una disminución importante en el número de pilotes lo que hizo imbatible esta solución.

El puente tiene con un tablero con dos niveles en celosía de 11.00 m de canto total. El nivel superior es una plataforma de 28.40 m de ancho que alberga 6 carriles, mientras que el nivel inferior presenta un ancho de 20.90 m sobre el que se sitúan 4 vías de ferrocarril, dos de ellas para la línea de alta velocidad Madrid-Lisboa.

El tablero está formado por dos celosías metálicas tipo Warren, conectadas por un sistema de vigas transversales generando un marco rígido. El nivel superior presenta una serie de vigas longitudinales intermedias sobre las que se apoya una losa de hormigón armado parcialmente prefabricada. En el nivel inferior se han proyectado cuatro vigas de hormigón en forma de “U”, que alojan cada una de las vías, puenteando la distancia entre los marcos transversales. Se trata por tanto de un tablero modular con un gran nivel de prefabricación que permite alcanzar altos rendimientos de montaje.

Los pilonos tienen forma de “A” y se construyen en hormigón armado muy aligerados para reducir la masa del sistema. Tienen una altura total de 198 m, y presentan un canto longitudinal en la base de 10,00 m, y de 6.10 m en la dirección transversal. Cada pata de las torres se cimenta mediante pilotes de 2.50 m de diámetro, 20 en el caso del pilono norte y 26 en el caso del pilono sur ya que puede estar sometido al impacto de barcos.

En resumen la propuesta, responde a los criterios de eficiencia y economía propios de una obra de esta envergadura sin por ello renunciar al valor formal de la propuesta, tal y como se aprecia en las imágenes correspondientes

## Puente calzada norte de acceso al puente Centenario (Panamá)



<b>Tipología estructural:</b>	Puente prefabricado
<b>Localización</b>	Paraíso (Panamá)
<b>Fecha de inauguración:</b>	Noviembre de 2011
<b>Propiedad:</b>	Ministerio de obras Públicas de Panamá
<b>Construcción:</b>	FCC
<b>Alcance de la Obra:</b>	Proyecto de construcción y asistencia técnica a obra

La estructura proyectada se sitúa a continuación del Puente del Centenario. Se encuentra delimitada por el sur por el estribo norte del Puente del Centenario, por el oeste por el tramo de mayor longitud de la nueva pantalla de pilotes y por el norte por el tramo de menor longitud de la citada pantalla.

Se trata de una estructura de 166m de longitud total, con seis ejes de apoyos que producen unas luces de 27+35+35+35+27m.

En su extremo norte, el tablero apoya sobre unos cargaderos pilotados sobre el terraplén de la autopista, disponiéndose una junta de dilatación. En su extremo sur, la nueva estructura se sitúa a continuación del estribo 2 del Puente del Centenario. Con objeto de evitar cualquier interferencia en la estructura existente durante la ejecución de las cimentaciones del estribo 1, se ha situado el eje de apoyos del estribo 1 de la nueva estructura separado 11.25m del eje de apoyos del estribo del Puente del Centenario. La unión entre ambos estribos se realiza mediante una pequeña losa apoyada sobre apoyos de teflón, de forma que no se transmitan fuerzas horizontales de una a otra estructura. Separando entre sí ambas estructuras, se dispone una junta de dilatación de calzada. Con esta configuración la longitud total de la estructura es aproximadamente igual a 166m.

El tablero está formado por vigas prefabricadas tipo NU-1350 de 1.35m de canto sobre las que se dispone una losa de hormigón de 0.25m de espesor. Debido a que el puente se sitúa en un tramo curvo en planta y a que la estructura aloja un carril de incorporación a la autopista, la anchura del tablero es variable entre 15.36m y 37.84m. El tablero presenta continuidad sobre las pilas y estribos mediante el hormigonado in situ de riostras que unen entre sí todas las vigas del tablero.

Las pilas y estribos están formadas por fustes independientes de 1.50m de diámetro unidos en su extremo superior por un dintel de 1.50m de anchura y 2.00m de canto. El tablero apoya a través de apoyos de neopreno zunchado. En sentido transversal, se disponen topes de seguridad entre el tablero y la infraestructura en el estribo 1 y en todas las pilas. Estos topes tienen una holgura suficiente para permitir los desplazamientos sísmicos transversales.

La cimentación es profunda mediante pilotes de 1.50m de diámetro. Por cada fuste se dispone una pareja de pilotes separados 4.00m según el sentido longitudinal de la estructura. Entre los fustes y pilotes se dispone un encepado de 2.00m de canto. La cara inferior de los encepados se sitúa 12m por debajo de la cara superior del tablero a la altura del eje de trazado. Los pilotes se empotran 4 diámetros en el estrato de roca competente.

El encepado en el estribo 1 es excéntrico 0.70m respecto a los fustes. De esta forma se evita afectar a la cimentación del estribo del Puente del Centenario.

Se disponen juntas de dilatación en los dos extremos de la estructura.