REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

ORGANO PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

X Premio Internacional Puente de Alcántara

- Nueva Terminal del Aeropuerto de Madrid-Barajas en España
- Aprovechamiento Hidroeléctrico de Irapé en Brasil

X Premio Internacional Puente de Alcántara

Convocatoria 2005-2006

— síntesis —

Por Nicolás Navalón García. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Asesor Técnico de la Fundación San Benito de Alcántara

Relación de proyectos presentados

			pág.
1	El puente Arriaka	Guadalajara (España)	82
2	Pasarela metálica «Agro»	La Coruña (España)	86
3	Estructura de conexión Escaleritas–Feria del Atlántico	Las Palmas de Gran Canaria (España)	89
4	Puente sobre el río Tajo. Arcos de Alconétar. Autovía Ruta de La Plata A-66. Tramo Cañaveral-Hinojal	Cáceres (España)	92
5	Viaducto sobre el río Almonte	Cáceres (España)	99
6	El puente Mauricio Báez sobre el río Higuamo	San Pedro Macorí (Rep. Dominicana)	103
7	Viaducto Hank González. Circuito exterior mexiquense. Tramo Tultepec-Autopista Peñón-Toxoco	(México)	106
8	Viaducto del Arroyo del Valle. Miraflores de La Sierra	Madrid (España)	108
9	Viaducto Arroyo de Las Piedras. Tramo Bobadilla-Málaga	(España)	112
10	Viaducto sobre la Autopista AP-7. Tramo Barcelona-Gerona	(España)	115
11	Viaductos de Los Arroyos del Espinazo y Jévar	Málaga (España)	119
12	Autopista de peaje AP-36 Ocaña-La Roda	Atalaya del Cañavete-Cuenca (España)	122
13	Circunvalación Sur de Bayamo	Ciudad de Bayamo (Cuba)	127
14	Portinho da Arrábida. Tratamento e estabilizaçao das encostas	Setúbal (Portugal)	129
15	Aprovechamiento hidroeléctrico de Irapé	Minas Gerais (Brasil)	132
16	Terminal T-4 Aeropuerto de Barajas	Madrid (España)	137
17	Obras de ampliación del Puerto de Ferrol, Puerto Exterior	Ferrol-La Coruña (España)	145
18	Centro de Convenciones de Puerto Rico	San Juan (Puerto Rico)	150
19	Hotel Marqués de Riscal Elciego	Elciego-La Rioja (España)	156
20	Complejo EMT Carabanchel-Madrid	Madrid (España)	160
21	Proyecto de Cuartel y Escuela de Formación de Policía Local	Ávila (España)	163
22	Elevador Panorámico al Monte de San Pedro	La Coruña (España)	167
23	Acceso principal al Municipio de Rivas-Vaciamadrid	Madrid (España)	171
24	Playas artificiales de Antofagasta	Antofagasta (Chile)	174

1 El puente Arriaka
Guadalajara [España]

El puente Arriaka está situado en la ciudad de Guadalajara y debe su nombre al primer asentamiento romano en el lugar. Salva el río Henares inscribiéndose dentro del vial Ronda Norte de Guadalajara, dando salida directa a estos tráficos hacia la autovía A-2 evitando que colapsen la vida cotidiana de Guadalajara. El puente Arriaka ordena y estructura el crecimiento urbano del norte de la ciudad. Nace con vocación de "hito urbano" capaz de crear la imagen de la Guadalajara moderna, erigiéndose en el símbolo de un dinamismo como nunca había experimentado la ciudad. La Ingeniería y la Arquitectura se funden en el puente Arriaka, como el hormigón y el acero, para crear un elemento singular y diferenciado en la anatomía de Guadalajara, dando personalidad mediante la forma y escala a todo un entramado urbano. Desde el punto de visto técnico es una clara apuesta por la utilización de las estructuras mixtas en puentes atirantados, optimizando la utilización del hormigón y el acero, exprimiendo las ventajas de cada uno de estos materiales.

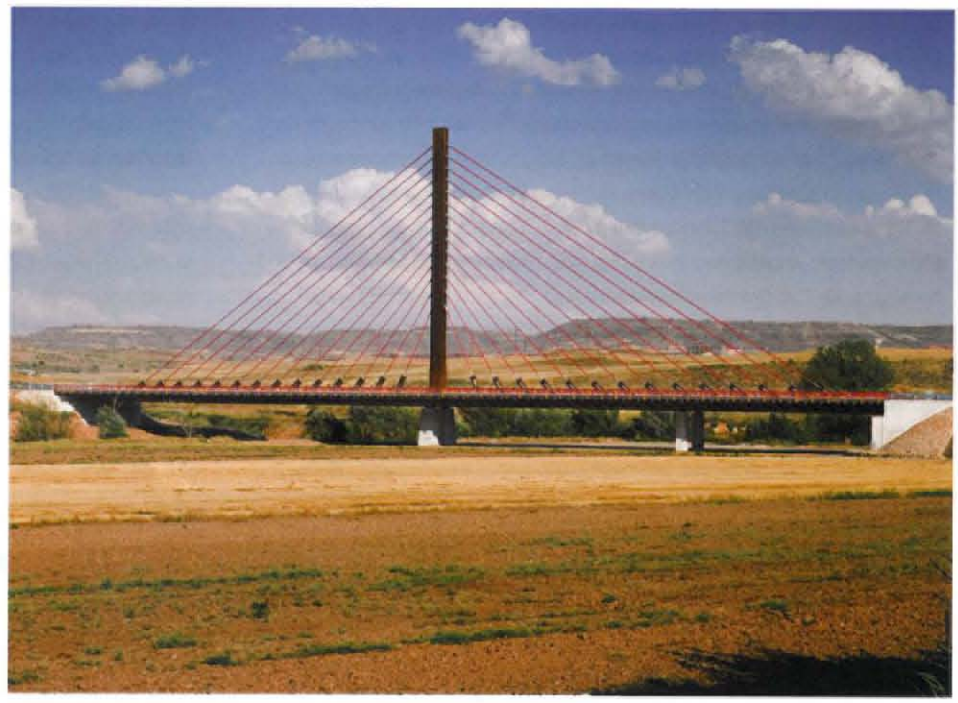
Descripción

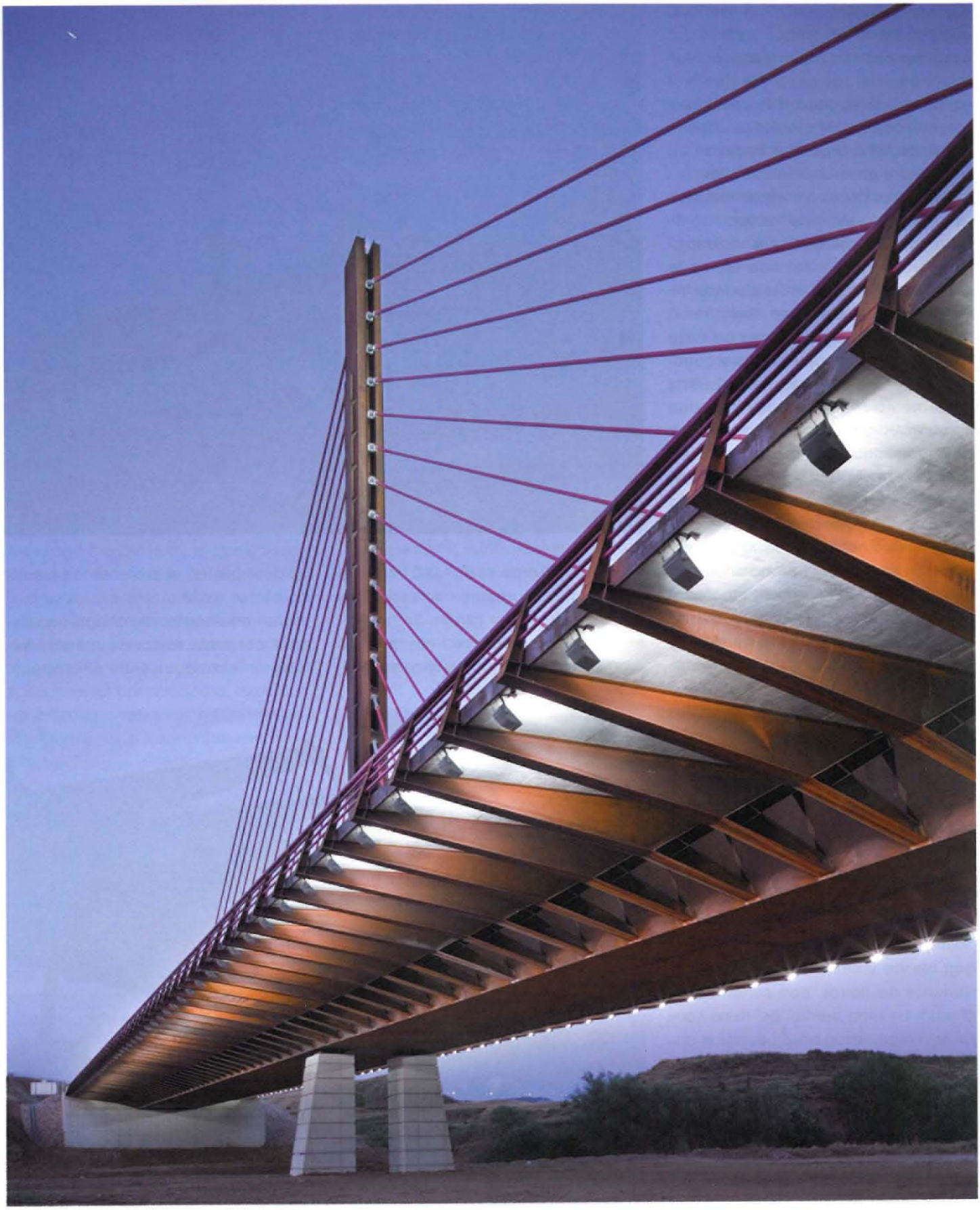
El puente Arriaka es un puente atirantado de 201 m de longitud, con un vano principal de 100,50 m y una anchura de tablero de 30 m, distribuido en dos calzadas de 12,50 m, una mediana de 3,00 m para ubicar el pilono y los anclajes de los cables y finalmente espacios para ubicar las defensas de protección. El atirantamiento se realiza con un solo plano de tirantes en el eje del tablero. Se proyectan veintiocho tirantes, catorce en el vano principal y catorce en los vanos de retenida. Los

tirantes están formados por varios monocordones galvanizados protegidos con tres barreras para la corrosión. El número de cordones por tirante varía según su posición en el tablero. Los monocordones están enfundados en vainas de polietileno de alta densidad de color rojo.

El tablero se ha resuelto con una sección mixta de hormigón y acero en el vano principal y de doble acción mixta en los vanos de retenida. La sección del tablero es una artesa metálica de acero mejorado a la corrosión, de canto 2,50 m, de 9,00 m de base inferior, base superior abierta de 11,00 m con dos platabandas de 0,50 m formando las alas superiores, dos almas inclinadas extremas de 2,67 m y un alma central de 2,50 m. El tablero va suspendido cada 6,00 m del alma central mediante unas piezas especiales de anclaje como elemento de transición entre tablero y tirante. En estas zonas se dispone en el cajón de unos diafragmas transversales que transmiten la carga desde el centro del tablero hasta las almas laterales.

Para materializar la plataforma de 30,00 m se anexionan lateralmente al





cajón unas costillas metálicas de 10,00 m de longitud en ambos lados. Estas costillas juegan un papel destacado en la imagen del tablero y aportan una sensación de ligereza a la estructura. Sobre el cajón y las costillas se dispone una losa de hormigón de 25 cm de espesor sobre prelosas prefabricadas.

El pilono, como elemento metálico vertical en el centro del tablero, se diseña como la solución más racionalista, marcando el "hito" que pretende crear este elemento en la ciudad, "hito" claramente de borde de la trama urbana. Se construye como un fuste único de acero mejorado a la corrosión con una sección de 3,00 x 2,55 m. El elemento se resuelve formalmente con una "H" en sentido longitudinal del puente maclada con una doble "T" en sentido transversal. La altura total del pilono es de 58 m medidos desde la cara superior del tablero. La altura desde el terreno natural es de 72 m. Los tirantes se conectan al pilono en la sección en H, en el eje central, separados cada 2,50 m. Cada tirante del vano principal tiene su simétrico en el vano de retenida.

Las pilas principales bajo el pilono son de hormigón armado de color blanco, rectangulares de canto variable, variando su sección desde 4,00 x 3,20 m en arranque de encepado a 2,00 x 3,20 m en cabeza, estando las dimensiones mínimas en cabeza condicionadas por el apoyo tipo POT que se proyecta. La separación transversal entre pilas es de 6,00 m.

Los estribos son convencionales de hormigón armado resueltos con hormigón blanco y muros en vuelta para el derrame de tierras, con cimentación directa. La zona central del muro frontal está regruesada para permitir el anclaje del tablero a la cimentación y recoger mediante anclajes con cables de pretensado el vuelco por torsión del tablero.

Las pilas principales soportan cargas muy importantes transmitidas por el pilono, del orden de 11.000 Tn, por lo que es absolutamente imprescindible la cimentación por pilotes. Se ha proyectado 16 pilotes de hormigón de diámetro 1500 mm, dispuestos en 4 filas de 4 pilotes, la profundidad de estos pilotes es 28 m. Los pilotes se proyectan con camisa de chapa recuperable por existir balsas de arenas inestables intercaladas entre el mioceno.

Se construye un encepado de 14,00 x 15,50 m y canto de 4,00 m, rígido, de hormigón armado.

Construcción

La construcción del puente comienza con la ejecución de las cimentaciones; todos los pilotes se controlaron mediante el método "cross-hole" de ultrasonidos en toda su longitud, realizando posteriormente inyecciones en punta.

El tablero y pilono metálico fueron ejecutados en taller, mientras se avanzaba en la construcción de pilas y estribos. El cajón metálico, por la anchura de la sección transversal, se dividió en tres partes para el transporte: la central que incluye el alma central y las dos laterales, de las que forman parte las almas inclinadas exteriores.

La longitud de estos tramos para el transporte fue de 15 m, lo que equivale a un peso aproximado de 40 Tn por tramo. Estos tramos se izaron y se colocaron apoyados sobre pilas-pilote provisionales de 650 mm de diámetro. Posteriormente se les dio continuidad transversal y longitudinal por soldadura, disponiendo así íntegramente del cajón metálico y anexionándole las costillas metálicas laterales.

Una vez terminado el cajón metálico se colocaron las prelosas prefabricadas centrales sobre el cajón y se hormigonó sobre ellas una anchura de 11,00 m, correspondiente al tramo entre almas exteriores. Posteriormente se colocó el pilono que fue traído desde taller en siete piezas soldándose en obra, generando dos tramos de 170 Tn cada uno que se montaron en el tablero con grúa.

Colocado el pilono se procedió al enfilado de cables y un tesado con gato monocordón para eliminar la catenaria. Realizadas las operaciones anteriores se procedió a un primer tesado de la estructura, aliviando así las pilas-pilote de carga. Este tesado fue aproximadamente un 50% del tesado definitivo.

Posteriormente se colocaron las prelosas sobre los voladizos y se hormigonaron las losas laterales, se impermeabilizó el tablero y se extendió el aglomerado, tras lo cual se realizó el segundo tesado llegando al 100% de la carga de tesado y suspendiendo íntegramente el puente en el aire. Demolidas las pilas-pilote se procedió al control de todos los tirantes y al retesado de algunos de ellos.

Prueba de carga

Terminada la estructura se realizó la prueba de carga para lo cual se colocaron en el puente 40 camiones de 35 Tn cada uno, un total de 1.400 Tn, en las posiciones más desfavorables, incluso en la pésima de torsión: 20 bañeras en la calzada izquierda y sin carga en la calzada derecha. La flecha máxima alcanzada por el puente fue de 95 mm, con una precisión de + 2 mm.

El puente ha estado sometido a un riguroso control de la ejecución, que se resume brevemente:

- Todos los pilotes fueron ensayados por el método de "cross-hole" por ultrasonidos, tres de ellos fueron reparados por la técnica de agua a presión e inyección posterior con lechada.
- En la estructura metálica se realizó un exhaustivo control de las soldaduras, en obra y taller, con 2.000 ml de longitud de soldadura de inspección por ultrasonidos, 580 ml inspeccionados por partículas magnéticas y 467 placas de radiografía.

El puente fue instrumentado con bandas extensómetricas, células de carga, clinómetros y termómetros, dispuestos en posiciones claves de la estructura que permitían conocer en tiempo real las tensiones, deformaciones y temperatura existentes en el puente durante las fases de tesado. Estos datos se mostraban en una página de Internet, actualizándose cada 10 minutos, de tal forma que el ESTUDIO AIA, podía tomar las decisiones para indicar a la obra la tensión que debían dar a cada tirante en el momento de tesado, corregido según las temperaturas en ese momento y las desviaciones ocurridas en los otros tirantes. ◆

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha
Proyecto:	–Ramón Sánchez de León. Ing. Caminos, Canales y Puertos –Francisco Sánchez de León. Arquitecto
Empresa constructora:	Ferrovial-Agromán, S.A.
Presupuesto:	24.321.226,44 Euros
Fecha de acabado:	Julio 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:
Tipo: Atirantado.

- Longitud total: 201,20 m
- Vanos: 100,50 + 58,50 + 42,00
- Luz máxima: 100,50 m
- Anchura del tablero: 30,00 m
- Altura del pilono: 58,00 m sobre tablero
- Tirantes: simétricos respecto del pilono. Un plano central de 28 tirantes.
- Tablero: Cajón de doble acción mixta bicelular con grandes voladizos mediante costillas mixtas e 10,00 m.
- Cimentación: Profunda mediante pilotes para las pilas y directas en estribos.
- Sistema constructivo: Pilas provisionales y tesado.