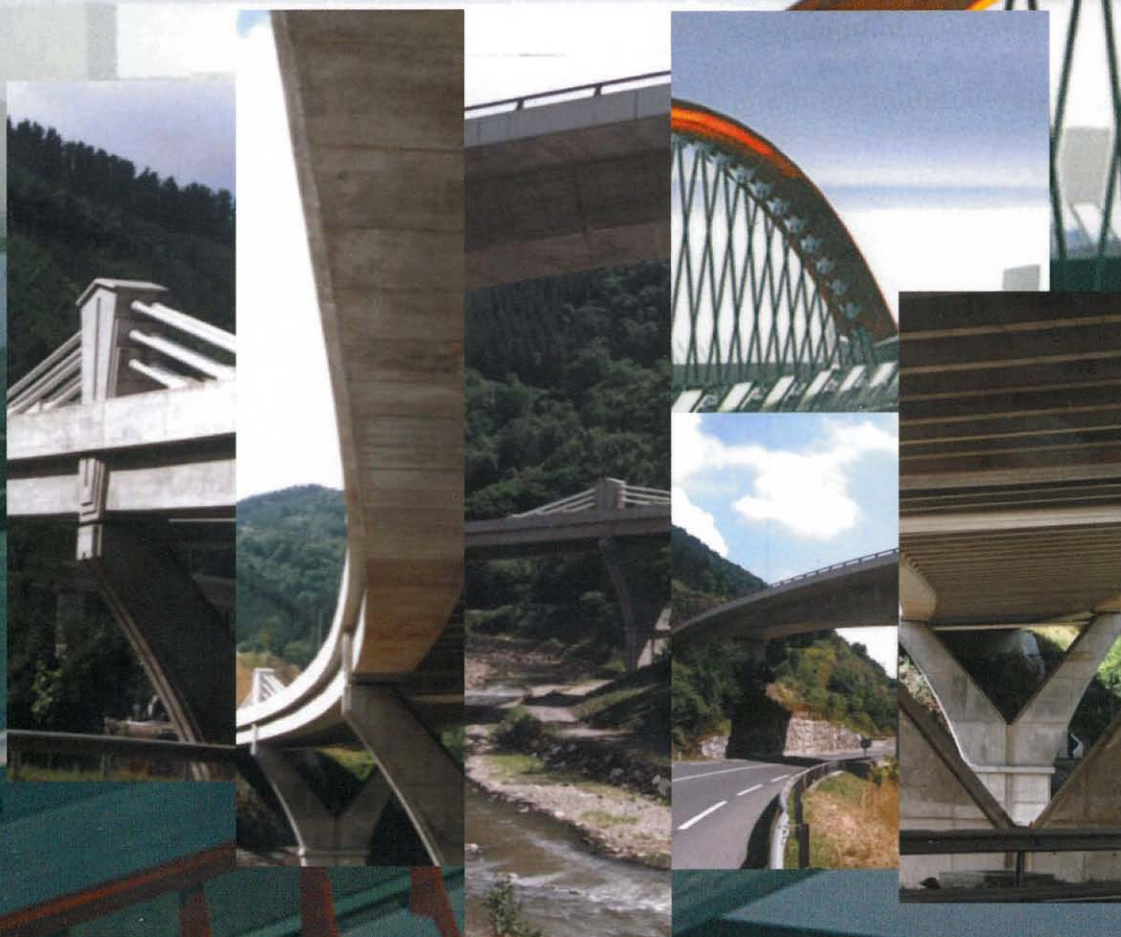


JORNADAS sobre
LA VIDA DE LOS PUENTES
ZUBIEN IRAUPENARI BURUZKO
JARDUNALDIAK



Organiza



Patrocina



Gipuzkoako Foru Aldundia
Diputación Foral de Gipuzkoa

Donostia - San Sebastián
del 27 al 29 de abril 2005

PONENCIA



ACTUACIONES EN PUENTES URBANOS

Ponente:
Ramón Sánchez de León
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director Técnico
ESTUDIO AIA

1. ACTUACIONES EN PUENTES URBANOS.

1.2. Introducción

Mucho se ha debatido sobre la integración de los puentes en su entorno, máxime si éste es urbano y se considera la escala faraónica que en ocasiones se maneja.

Históricamente se han consolidado dos soluciones: la integración por absorción del entorno de la obra construida y frente a ella, la integración por confrontación al entorno de la obra. Es el templo poliforme de madera de los pueblos germanos frente al templo griego, presidiendo y transformando el paisaje en el cual se inserta.

El paisaje urbano tiene dos tiempos: el antes y el después del puente construido. La cultura romana entendía bien el simbolismo del puente y manejaba su escala y su poder de transformación. Somos inevitablemente herederos de esta cultura.

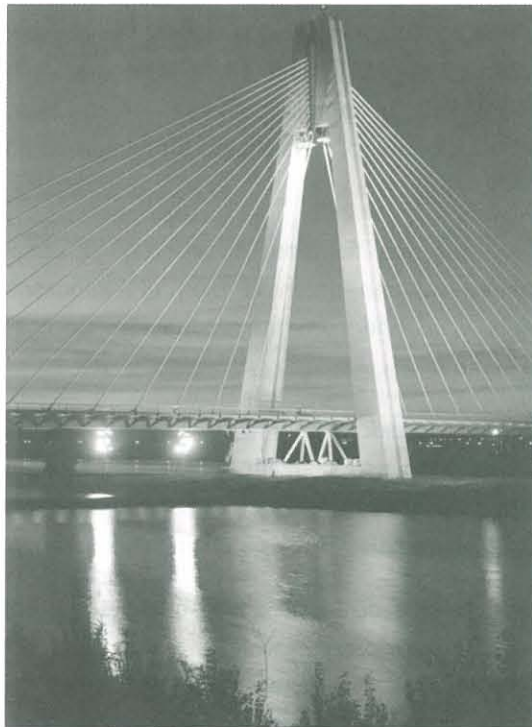
El paisaje donde está construido el puente de Alcántara nos pasaría inadvertido si no fuese por la existencia espectacular del propio puente. La obra de Cayo Julio Lacer no se integra orgánicamente en el entorno, en el sentido organicista "wrightiano", sino que se manifiesta con potencia suficiente para transformarlo.

Es ésta la inserción clásica de la obra construida en el entorno, el puente transforma la ciudad para mejorarla. Existe un antes y un después del puente construido y ese después ha de ser necesariamente mejor que el antes. Aquí estará nuestro triunfo o fracaso ante la historia soberana.

Siempre hemos tenido una máxima en nuestros diseños de puentes urbanos,: " No se trata de construir en un lugar, sino de , construir el lugar", que sea el puente polo de referencia de ese lugar.

La ingeniería civil nos ha brindado, desde tiempos inmemoriales, la posibilidad de manejar grandes escalas, que posibilitan a nuestras obras esta operación de transformación del entorno urbano, como el caso del Acueducto de Segovia o el propio acueducto de Toledo (del que sólo se conservan los estribos).

Pero no sólo en el puente de gran escala está ese poder de atracción, estaríamos desperdiciando muchas ocasiones en nuestra profesión, tendremos que ser capaces de convertir al puente en ese centro de gravedad urbano independientemente de las condiciones de contorno. Aquí está nuestro reto.



Pilono del puente Real de Badajoz.

La sociedad nos demanda, hoy más que nunca, diseño en nuestras actuaciones urbanas y pone a nuestro alcance medios que nuestros predecesores no tuvieron. Merece la pena sosegar nuestra acelerada profesión y ponerse a pensar y disfrutar un puente.

A continuación se exponen los puentes en entornos urbanos más significativos realizados por el ESTUDIO AIA.

PUENTE REAL DE BADAJOZ.

El puente Real de Badajoz es una obra de primeros de los años noventa, al que se le dedicó más de dos años de estudio en cuidar todos los detalles, el Excmo. Ayto de Badajoz quería un puente símbolo, emblema de la ciudad.

Es un puente atirantado con un único plano de cables centrales con una luz principal de 136 mts y 24,00 mts de anchura de tablero. Pilonos y tablero se resuelven en hormigón blanco con costillas de acero. El pilono es el elemento más importante del puente, capaz de asumir, junto con el abanico de tirantes que de él nacen, las ideas de imagen-símbolo de Badajoz.



Alzado y vista nocturna del puente Real de Badajoz.

El pilono nace en su idea más incipiente, de la evocación de dos imágenes muy potentes: El Coloso de Rodas, y el monumento de Nikolái kolli "La cuña roja", paradigma del constructivismo soviético de los años veinte.

Los dos fustes del pilono confluyen en su parte más alta para sostener una clave de acero, del mismo modo que el Coloso sostenía un cuenco de bronce a la entrada del puerto de Rodas. Era puerta, faro y símbolo.

La potencia expresiva de “La cuña roja” rompiendo esquemas drástica y contundentemente, la reflejamos en la cuña de acero de la cabeza del pilono, que parte de un golpe certero el monolito de hormigón blanco que constituye el pilono, y libera después pacíficamente el abanico de tirantes. Si bien nuestra oficina no estuvo presente en la ejecución de las obras, como ha sido en el resto de puentes proyectados, agradecemos que se respetase el diseño del puente.

PASARELA ACCESO CASCO HISTÓRICO DE TOLEDO

Esta actuación urbana en Toledo se enmarca dentro de la recuperación de la antigua salida de la ciudad que comunicaba el barrio musulmán con el cementerio de esta religión y las zonas de la vega baja del río Tajo, del cual todavía quedaban vestigios, y que ya aparecía en el plano de Toledo de Ibáñez Ibero a finales del XIX. Hoy esta traza comunica el campus universitario de Toledo con el casco histórico.



Vista aérea de la integración de la pasarela en la ciudad.

El cruce sobre la ronda de circunvalación de Toledo se resuelve con una pasarela, siendo ésta la pieza singular de la obra.

Los materiales de toda la obra son el acero cortén, el hormigón blanco en la pasarela, el hormigón tintado en la rampa de acceso, el ladrillo de era y el pavimento de madera de elondo en la pasarela.

La estructura principal objeto del presente proyecto, consiste en una pasarela de dos vanos desiguales, de 27.60 m y 9.75 m de luz respectivamente, con ancho fuertemente variable desde tres a doce metros, creando una planta triangular. El tablero está proyectado mediante una estructura mixta constituida por un cajón metálico y una losa de hormigón superior, excepto en la zona de apoyo sobre la pila central donde además de la losa superior se dispone una losa inferior de hormigón, configurando así una doble acción mixta. El cajón metálico, es de forma trapezoidal, con canto y ancho variable, variando el canto desde 35 cms en el apoyo del estribo hasta 45 cms en el apoyo de la pila.



Vista inferior de la pasarela

El cajón se elabora en chapa de 15 mm de espesor en acero S-355 resistente a la corrosión, tanto en almas como en fondo de cajón. Dicho cajón se suplementa mediante unas cartelas de forma triangular, dispuestas a ambos lados y separadas longitudinalmente 1.50 m, elaboradas en chapa de 10 mm de espesor. La rigidización interior del cajón se realiza mediante diafragmas de chapa de 10 mm de espesor, rigidizados transversalmente para impedir la abolladura de la chapa y rigidizadores longitudinales $\frac{1}{2}$ IPN180. La separación longitudinal entre diafragmas es de 1.50 m. Sobre apoyos se disponen unos rigidizadores especiales para resistir las reacciones transmitidas por los mismos.

La losa superior de hormigón es canto constante 0.20 m y ancho variables, las variaciones de ancho tanto del cajón como de la losa originan que los voladizos de la misma no sean uniformes sino variables.

Las dos pilas que sirven de sustento al tablero son de tipologías muy diferentes. La pila central está proyectada mediante una pila de hormigón armada circular de 1.00 m de diámetro conectándose a la estructura mediante un neopreno, que desconecta frente a giros la pila de la estructura.

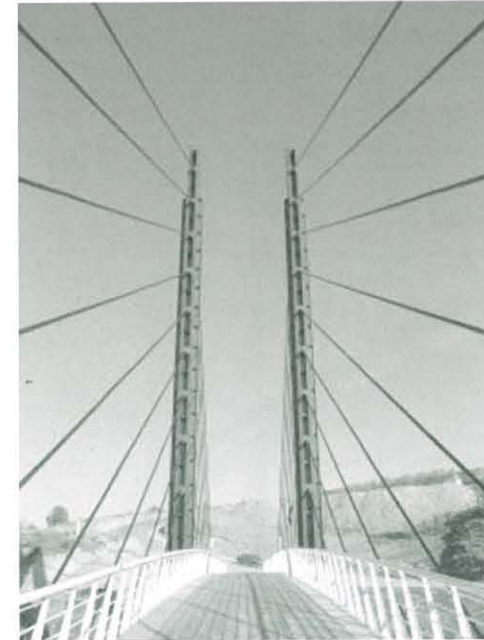
La pila lateral que hace las funciones de estribo, no es más que una prolongación del tablero pero en la dirección perpendicular al mismo manteniendo la misma tipología del tablero, manteniendo una conexión total entre pila y estribo en cuanto a desplazamientos y giros se refiere. Esta pila está traccionada por la descompensación tan fuerte de vanos y anchuras existentes en la pasarela y lleva la torsión del tablero a cimentación.

PASARELA VILLA ROMANA DE CARRANQUE.

Esta pasarela se encuentra en un entorno semiurbano y da acceso a una villa romana del siglo IV, con mosaicos romanos muy bien conservados. La villa romana está separada del municipio de Carranque por el río Guadarrama.

Es la modernidad frente a la historia, el visitante de la villa romana accede a ella cruzando el río Guadarrama enmarcado en una doble fila de tirantes que lo

transportan desde el siglo XXI al siglo IV. Una vez más está presente la idea del puente-puerta, de hito referencial.



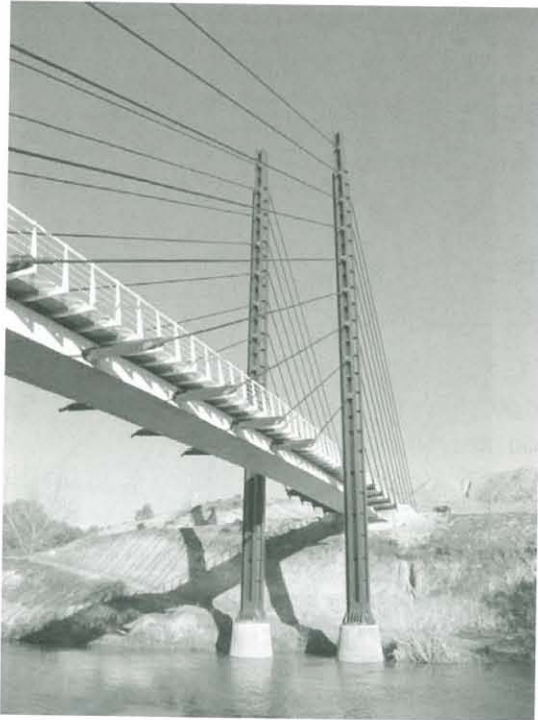
alzado frontal. Puerta de entrada

La pasarela con una longitud total de 73,00 mts tiene un vano principal de 55,75 m. y otro de retenida de 17,25 m. La anchura de la plataforma es de 4,00 m en madera sobre rastreles que descansan sobre una losa aligerada de 68 cms de hormigón blanco.

La losa está sustentada por dos planos de tirantes con disposición en arpa. Los tirantes están anclados a dos pilonos metálicos exentos, sin arriostrar, con altura superior a los 35,00 m de altura. El tablero pasa limpiamente entre los fustes de los pilonos sin conexión directa entre éstos y el tablero.

Los tirantes son tesados absorbiendo la componente vertical de la carga permanente del tablero, equilibrando la descompensación horizontal de los mismos en el pilono mediante los tirantes de retenida, que se anclan a un muerto de hormigón que estabiliza y rigidiza la pasarela.

Como en la mayoría de los puentes diseñados en AIA se entremezclan continuamente los materiales: acero y hormigón



Alzado lateral sobre el río Guadarrama.

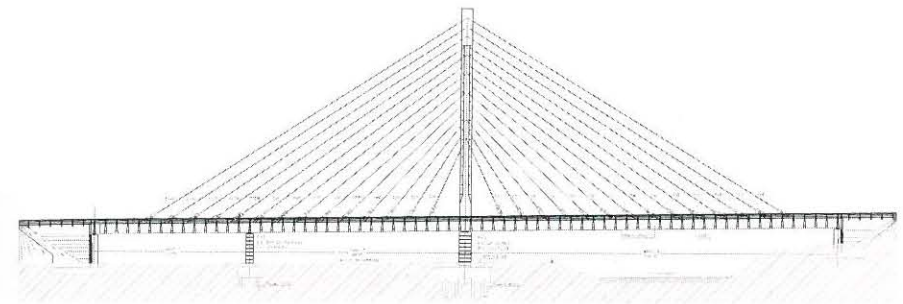
El puente fue construido mediante cimbra convencional, hormigonado el tablero, enfilando tirantes y posteriormente realizando un primer tesado, levantando el tablero de la cimbra y posteriormente un retesado dejando cada tirante con la tensión proyectada.

PUENTE ATIRANTADO DE GUADALAJARA.

El puente atirantado de Guadalajara, actualmente en fase de construcción, pretende impulsar la zona industrial del Polígono del Henares a la vez que se

sitúa en la ronda norte de la ciudad dando salida a la N-II a toda la zona residencial norte en clara expansión.

La Consejería de Obras Públicas de Castilla- La Mancha quería un puente netamente urbano símbolo del auge experimentado por Guadalajara en los últimos años. El puente cruza el río Henares en una zona de especial protección de la ciudad.



Alzado lateral Puente atirantado de Guadalajara.

El puente atirantado tiene con una anchura de 30,00 metros, tiene un vano principal sobre el río de 100,50 mts , un vano secundario de 58 mts y un vano de retenida de 42,50 mts.

Se proyecta un único plano de cables en forma de abanico corregido que confluyen en el eje del tablero y en un pylon de acero de 59 mts de longitud sobre la rasante del puente.

El tablero se compone de una sección cajón de 11,00 mts de anchura al que se le adosan cada 3,00 mts costillas transversales de 9,50 mts en voladizo. La sección transversal es una sección mixta acero-hormigón, con el vano de retenida en doble acción mixta; de esta forma se consigue una mayor rigidez de los vanos de acompañamiento y un mayor peso sobre la pila de retenida;

además de mejorar considerablemente la ductilidad del puente a flexión negativa.

Actualmente en fase de ejecución y con plazo previsible de finalización de obras en noviembre de 2005, el puente se está montando sobre unas pilas provisionales que posteriormente se demolerán.



Fase de montaje del cajón del Atirantado de Guadalajara.

Una vez construido el cajón central se hormigonará la losa de fondo, se colocarán las costillas transversales, se hormigonará la losa superior (en su tramo central) y se realizará un primer tesado para levantar el puente de las pilas provisionales y demoler éstas. Posteriormente se hormigonarán los voladizos se procederá a un segundo y definitivo tesado y se colocará la carga muerta.

PASARELA EN TALAVERA DE LA REINA.

La pasarela se sitúa en Talavera de la Reina, concretamente en la Avenida de Madrid es la antigua N-V , siendo actualmente la entrada principal a la ciudad,

con una elevada intensidad de tráfico rodado. En el km 114,20 de la N-V(a) comienza la trama urbana, existiendo a ambos lados dos centros sanitarios : una residencia sanitaria y un centro de demostración sanitaria, esto hace que exista mucho tránsito de personas entre ambos centros.



Alzado lateral pasarela Talavera de la Reina.

La pasarela está formada por dos arcos metálicos tubulares $\phi 254.16$ inclinados, que convergiendo a la clave del arco desde los arranques; de estos arcos penden los tirantes que soportan el tablero; el tablero lo forman dos vigas longitudinales tubulares $\phi 300.16$ curvadas, sobre las que descansan una vigas riostras metálicas armadas, sobre las que se apoya la losa del tablero.

Las rampas de acceso se ejecutan en hormigón armado, de color blanco, con un canto de 30 cms. y una anchura de 2.00 metros, que se empotran en pilas de hormigón armado de canto variable y anchura de 25 cms.



Vista inferior pasarela Talavera de la Reina.

El tablero está constituido por dos vigas longitudinales tubulares de acero de 355 N/mm^2 de límite elástico, con un diámetro de 300 mm y un espesor de 16 mm, siendo una sección compacta. Estas vigas están curvadas con un radio de 70.6277 metros inclinándose hacia el exterior de la pasarela 63.435° respecto de su cuerda de 25 metros, generando en proyección, tanto horizontal como vertical, dos elipses.

PASARELA TALAVERA FERIAL.

Dentro de la actuación global del Complejo Ferial y Palacio de Congresos de Talavera de la Reina y como fusión entre la Arquitectura e Ingeniería, el puente se hace habitable a la par que se constituye en el gran pórtico de entrada a todo el recinto lúdico.

Se versiona así una faceta histórica de los puentes, rememorando actuaciones clásicas como el puente de Rialto en Venecia o el puente Vecchio bajo un arco del de Santa Trinita.



Alzado y vista nocturna de la pasarela.

Lateralmente el puente está recubierto de una piel interior de vidrio y una exterior de chapa perforada (entre medias las diagonales de las vigas); la chapa perforada tiene una doble finalidad: de día evita el soleamiento directo dentro de las oficinas que se albergan en el puente tamizando la luz en el interior y de noche irradia la luz hacia el exterior iluminando toda la estructura.

El edificio puente está formado por dos jácenas trianguladas separadas 8,80 metros, con una longitud total de 85 metros, dispuesto en tres vanos: un vano de anclaje de 10 metros, un vano principal de 70 metros y un voladizo final de 5 metros, las vigas tienen un canto de 5,00 m.

Las jácenas trianguladas están formadas por cordones superiores e inferiores, compuestos de cajones armados de #400 de ala y de #500 de alma, con espesores variables según la posición dentro de la viga y de acero S-355. Los montantes y diagonales son igualmente cajones armados con #400 de ala y #200 de alma de igual calidad de acero.

Transversalmente se disponen vigas metálicas sobre las que se apoya una chapa grecada que sirve como encofrado perdido para una losa de hormigón conectada transversal y longitudinalmente.

Las vigas trianguladas para disminuir la flexión en el centro de vano y la deformación máxima se han anclado en el apoyo trasero del vano de anclaje (10 mts), este anclaje se realiza con cables de pretensado que llegan hasta 50 cms. de la cota inferior del encofrado, donde se dejan unos anclajes pasivos para el posterior tesado al colocar la bijácena.

PASARELA COLGANTE EN TOLEDO.

El ayuntamiento de Toledo convocó un concurso de proyecto y obra, del que fuimos adjudicatarios, para la ejecución de una pasarela sobre el río Tajo que une el Campus Universitario con un parque natural al otro lado del río. En esta zona existía una pasarela colgante anterior ejecutada a principios de siglo y que se la llevó el río en la riada de 1947.

Actualmente la pasarela se encuentra en fase de ejecución de las obras.

- En el concurso se optó por recordar el recuerdo histórico y se ha proyectado una pasarela colgada de proporciones similares en clave de diseño actual.

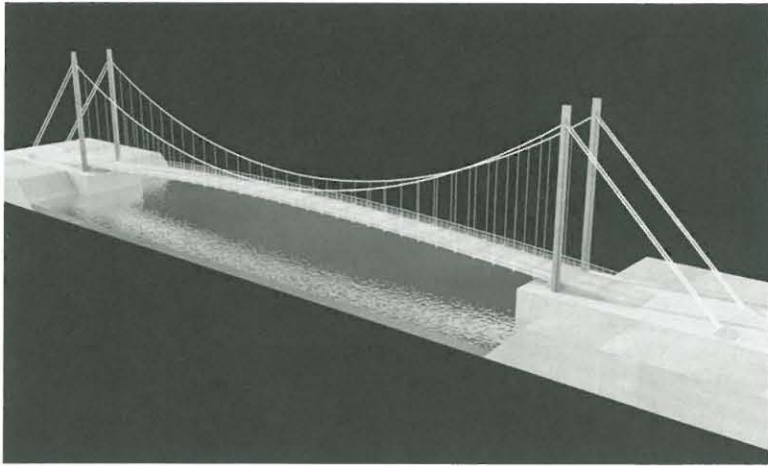
La pasarela proyectada consiste en un puente colgante de 105 mts de luz y una anchura libre de tablero de 6,00 mts. Se proyectan cuatro pilonos metálicos de acero corten autorresistente a la corrosión y un tablero compuesto por una losa de hormigón de 25 cms de canto prefabricada y posteriormente postensada, este tablero se suspende de los cables principales mediante péndolas.



Fotomontaje. Vista interior de pasarela colgante.

Los cables principales son dos filas de cables, separados 9,00 mts con forma de catenaria de 14,00 mts de flecha y 99 mts de proyección horizontal, separados transversalmente 9,00 mts. El cable es cerrado de 84 mm de diámetro. Las péndolas son los elementos de suspensión del tablero con cable cerrado de 16 mm. La retenida se realiza con tubo estructural de 219.25

Se proyectan cuatro pilonos metálicos de 21,00 mts de altura desde su empotramiento en la base. Estos pilonos recogen principalmente la componente axial vertical de los cables, mientras que con los cables de retenida se compensa la componente horizontal de los cables centrales. Son por tanto elementos sometidos principalmente a compresión, con flexiones longitudinales y transversales reducidas. En la cabeza superior de los pilonos se anclan los cables centrales y de retenida.



Fotomontaje. Vista lateral de pasarela colgante.

El tablero está compuesto por dos vigas longitudinales metálicas armadas de 75 cms de canto separadas 2,00 mts entre sí, sobre las que se dispone una chapa grecada como encofrado perdido de 6,00 mts de anchura con una losa de hormigón de 12 cms de espesor.

Las péndolas se anclan por parejas en el tablero cada 3,00 mts longitudinalmente y 9,00 mts transversalmente; como el tablero sólo tiene 6,00 mts de ancho se disponen unas costillas metálicas transversales para recoger las péndolas. El tablero trabaja como elemento sometido a flexión entre péndolas de cuelgue y como viga pared horizontal frente a esfuerzos transversales de viento. Además confiere rigidez y estabilidad al conjunto.

DESDOBLAMIENTO DEL PUENTE DE LA PERALEDA.

Se trata de la ampliación de un puente de vigas existente en Toledo, en el distrito de la Peraleda que da acceso a una zona de ensanche de la ciudad y al Hospital Nacional de Paraplégicos y Recinto Ferial de la Peraleda. El puente tiene sólo dos carriles y una acera de 1,00 mt a cada lado; se trata de la duplicación a cuatro carriles y aceras mínimas de 4,00 mts a cada lado.

El diseño del desdoblamiento del puente de la Peraleda se realiza con la idea de transformar rotundamente la imagen del puente actual, convirtiéndolo en un hito de referencia del Recinto Ferial en la zona moderna de la ciudad. Esta transformación debe percibirse no sólo el peatón y conductor cuando cruce la estructura, sino desde diversos puntos de la ciudad como hito del Ferial.

Actualmente la pasarela se encuentra en fase de ejecución de las obras.



Fotomontaje. Vista interior ampliación del puente de la Peraleda.

Se proyecta una ampliación del puente actual para tráfico rodado y una ampliación transformadora del conjunto para peatones. Así para el tráfico rodado se realiza una ampliación de 9,00 mts de tablero de vigas prefabricadas con los mismos criterios de diseño que el puente actual y para tráfico peatonal se adosan en los laterales unas pasarelas metálicas de 124 mts de luz con arcos inclinados, con la rasante elevada sobre el tráfico.

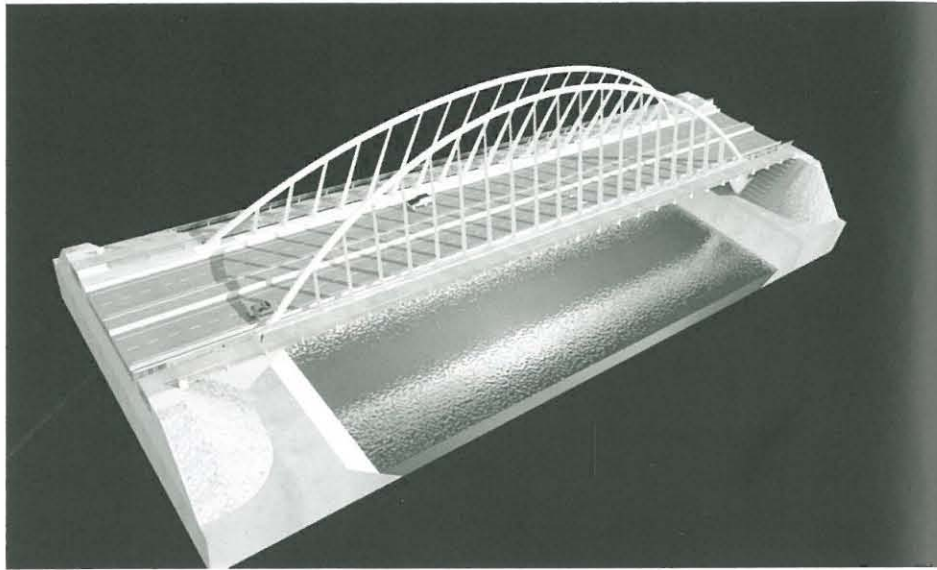
El interés de la estructura radica en las pasarelas en ambos flancos del puente (puente+ampliación tráfico rodado) que son las que realmente transforman de forma radical el aspecto del puente. Estas pasarelas tienen una anchura de 4,00 metros cada una.

Las ventajas del diseño de estas pasarelas son:

Transformación estética del conjunto del puente, con elementos de diseño sobre calzada.

Segregación clara del tráfico rodado y peatonal, situando a distinto nivel los dos tráfico.

Las pasarelas abrazan las pilas y los tableros de vigas, quedando estos elementos muy retranqueados en el alzado, de tal forma que no se perciben.



Fotomontaje. Vista lateral de ampliación del puente de la Peraleda.

Las pasarelas son metálicas pintadas en blanco con una luz de 124 mts, sin apoyos intermedios; con una tipología bow-string de arco inclinado; de esta manera la componente horizontal de los arcos es transmitida al tablero o dintel, por lo que a los estribos sólo se transmiten reacciones verticales.

La anchura total de la pasarela son 6,50 metros, siendo su superficie útil de 4,00 mts; además se separa 1,00 m del puente para el tráfico rodado; por lo que los puentes de vigas quedan muy camuflados entre las pasarelas que los abrazan. El canto de la pasarela es de 3,00 mts por lo que en el alzado no se ven las vigas prefabricadas del interior del tablero.

CONCLUSIONES.

En el presente artículo se hace un repaso de las actuaciones urbanas realizadas por ESTUDIO AIA, en escenarios muy diferentes pero siempre con la idea de crear puentes, que además de cumplir los requisitos de funcionalidad, se conviertan en hitos de referencia en la ciudad como objetos pregnantes significativos que ordenan el espacio urbano.

Estos puentes, gracias tanto a la singularidad de su diseño como a la escala en algunos casos manejada cualifican la ciudad en puntos significativos insertados en la masa edificatoria edilicia.

En el caso del puente Real de Badajoz o el nuevo de Guadalajara se trata de construir el lugar. El puente se convierte en elemento dinamizador capaz de crear ciudad. Además se presentan como Puentes-Puerta de entrada a la ciudad como lo hicieron los antiguos puentes medievales de acceso a los recintos amurallados.

En los casos de Toledo, los puentes integrados dentro de la zona histórica o muy próximos a ella, actúan como elementos de nexo entre diferentes puntos de la ciudad inconexos, trabando la urdimbre de la trama urbana reactivando interrelaciones dentro de los diferentes pedazos inconexos de una ciudad construida a lo largo de los siglos por operaciones aditivas sin un proyecto director racional como ocurre en las ciudades de nueva planta del urbanismo moderno.

En los casos de Talavera se trata de dos actuaciones puntuales, de muy diferente escala la una de la otra, la pasarela peatonal frente al edificio puente del recinto ferial, en la que se consigue crear esa imagen significativa.

Finalmente, en el caso de la Villa Romana de Carranque, el puente de concepción contemporánea se acomoda en diálogo con las ruinas de la antigua villa del siglo IV d.C., planteándose como puente-puerta al recinto arqueológico.