Tres arcos escultóricos de luz. Intersección entre las calles Prince Turki y Oroubah, Riad, Arabia Saudita

Three sculptural arches of light. Intersection Prince Turki – Oroubah Roads, Riyadh, Saudi Arabia

Jorge Bernabéu Larena[a], Alfonso Celada Jaramillo[b]

[a] Dr. Ingeniero de Caminos, IDOM, jbl@idom.com

[b] Ingeniero de Caminos, IDOM, acelada@idom.com

RESUMEN

Tres arcos que son una escultura urbana luminosa. Cada arco se dispone en un plano vertical y los tres se cruzan a distinta altura y esviados en planta en la intersección, configurando un conjunto espacial para ser visto y atravesado desde los dos viarios principales y por el nuevo puente. El arco superior tiene una luz de 119 m y una flecha de 28m, el inferior de 118 m de luz y 24 m de flecha, y ambos presentan un alzado simétrico con curvatura de radio constante. El arco intermedio en cambio, de 99 m de luz y 26 m de flecha, atraviesa los dos anteriores con un alzado asimétrico y dos radios de curvatura. Los arcos se reciben en las aceras por plintos de hormigón de geometría facetada.

ABSTRACT

Three arches that build a light urban sculpture. Each arch is arranged in a vertical plane and intersect at different heights and skewed angles over the intersection, configuring a spatial assembly to be seen and crossed from the two main roads and by the new bridge. The upper arch has a chord length of 119 m and a height of 28m, the lower one has a chord length of 118 m and 24 m height. Both have a symmetrical elevation with a constant radius curvature. The intermediate arch instead, of 99 m of chord length and 26 m height, crosses the two other arches with an asymmetric elevation comprised by two radii of curvature. The arches are supported on the sidewalks by concrete plinths of faceted geometry.

PALABRAS CLAVE: diseño conceptual, estructura tubular, conjunto escultórico, diseño creativo.
KEYWORDS: conceptual design, tubular structure, sculptural ensemble, creative design, aesthetics.

1. Introducción

El conjunto escultórico de tres arcos forma parte de una concepción conjunta que separa en estructuras diferentes conexión y representatividad en una intersección entre dos autovías urbanas en Riad. Mientras un puente de apariencia sencilla asume la función de comunicación viaria, los tres arcos luminosos tienen un carácter icónico como referente de la intersección. Arcos de iluminación y puente se presentan en dos comunicaciones diferentes pero relacionadas.

La administración responsable del desarrollo urbano presente y futuro de Riad es la Royal Commission for Riyadh City (RCRC), que en su Plan Estratégico hasta 2030 define las acciones para responder a los desafíos de crecimiento para alcanzar los 10 millones de habitantes y convertir Riad en una megápolis internacional, referente económico y financiero. El ambicioso plan de la nueva red de metro se completa con la remodelación de sus principales arterias viarias para convertirlas en vías urbanas de alta capacidad.

Las intersecciones de las vías principales se resuelven en tres niveles: un puente en el superior, el nivel intermedio a cota de calle para los giros y cambios de sentido y el nivel inferior en un falso túnel. Algunos de estos cruces se desean destacar como elementos de referencia en el paisaje urbano, por lo que sus puentes deben asumir un valor simbólico y representativo. Tal es el caso del puente en la intersección viaria entre Abi Bakr Road e Iman Saud Road [1] y el de la presente comunicación, entre Prince Turki Road y Oroubah Road.

2. Diseño conceptual

En el proyecto anterior [1], la forma se separaba de la estructura. La estructura se definía mediante vigas de celosía verticales que posteriormente se recubría por unas chapas perforadas, encargadas de dar la imagen final del puente. La solución permitía independizar el problema estructural y el recubrimiento volumétrico de chapa perforada que otorgaba mayor libertad a la definición de formas y acabados y ofrecía mayores posibilidades para los efectos de iluminación nocturna.

La concepción de esta nueva intersección va un paso más allá: separa en construcciones independientes la estructura de cruce, el puente y el carácter icónico, mediante un conjunto espacial de arcos de iluminación (Figuras 1 y 2).

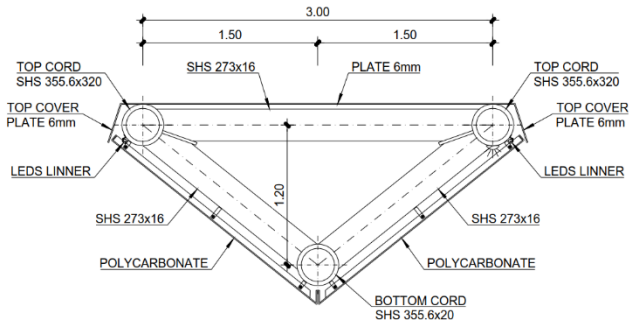

Figura 3. Sección transversal de los arcos, una estructura tubular de sección triangular y cerramiento retroiluminado.

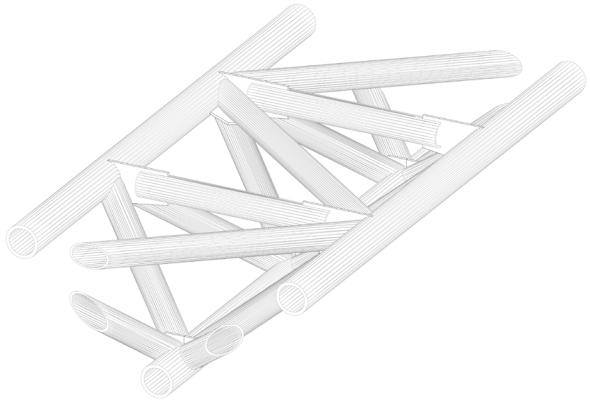

Figura 4. Perspectiva de la celosía espacial.

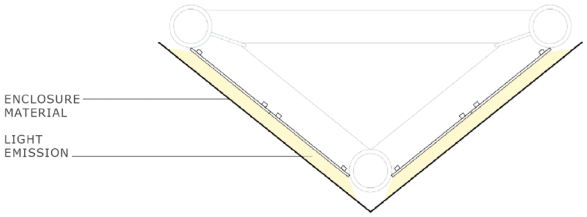

Figura 5. Detalle de iluminación y paneles.

Se configura un conjunto escultórico mediante la intersección de tres arcos dispuestos a distintas alturas en las diagonales de la intersección. Cada arco se dispone en un plano vertical y los tres se cruzan a distinta altura y esviados en planta en las diagonales de la intersección, configurando un conjunto espacial para ser visto y atravesado desde los dos viarios principales y por el nuevo puente. Los tres arcos son a la vez elementos icónicos y experiencia de cruce.

La estructura de los arcos es una celosía metálica tubular de sección triangular y canto constante (Figuras 3 y 5). Las dimensiones de la sección transversal de la celosía se han reducido a las estrictas para asegurar su esbeltez.

Los laterales de policarbonato traslúcido convierten las piezas en tres arcos de luz que se cruzan en el espacio (Figura 6). La cara superior es sin embargo una superficie opaca que permite concentrar la iluminación hacia la intersección y evita generar contaminación lumínica hacia el exterior.

La solución geométrica de implantación de los arcos se resolvió en proyecto disponiendo plintos de recepción de los arcos y cimentaciones fuera del límite del RoW (Right of Way), con las siguientes dimensiones (Figura 6): arco superior de 126 m de luz y 22m de flecha, inferior de 130 m y 28 m de flecha, ambos presentan un alzado simétrico con curvatura de radio constante. El arco intermedio en cambio, de 105 m de luz y 26 m de flecha, atravesaba los dos anteriores con un alzado asimétrico y dos radios de curvatura.

Un problema de expropiaciones motivó un nuevo encaje geométrico del proyecto en construcción (Figura 7), manteniendo las estrategias de diseño, y del que resultaron las dimensiones finales: arco superior de 119 m de luz y 28m de flecha, inferior de 118 m y 24 m de flecha, intermedio de 99 m de luz y 26 m de flecha, que atraviesa los anteriores.

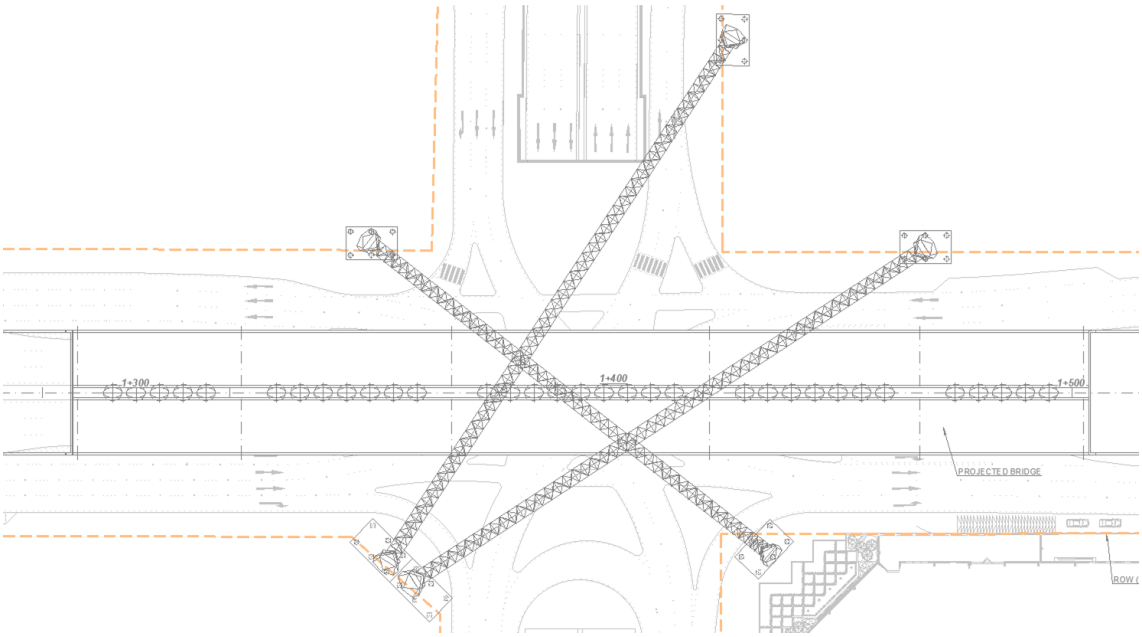

Figura 6. Planta de los tres arcos, solución de proyecto con plintos y cimentaciones fuera del límite RoW

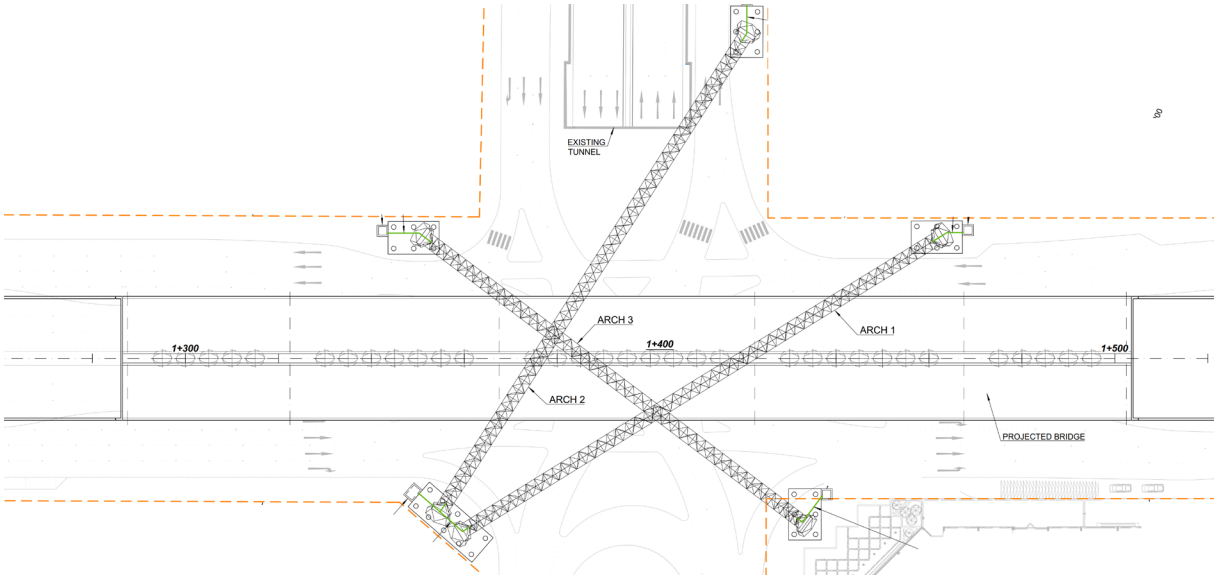

Figura 7. Planta de los tres arcos, solución de construcción con plintos y cimentaciones en el RoW

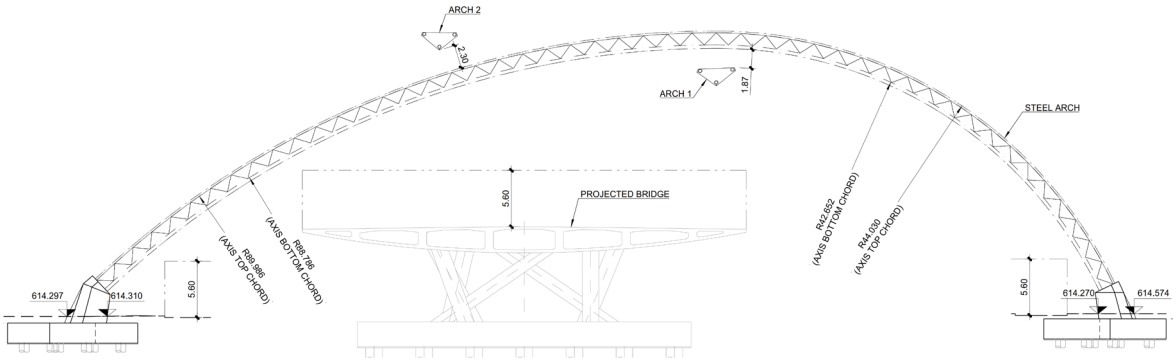

Figura 9. **Visión nocturna de los arcos desde el punto de vista de los viales**

3. Proyecto constructivo

Los tres arcos tienen una geometría distinta entre sí con una longitud máxima de cuerda de 118m y una altura máxima entre 22 y 28m sobre apoyos.

Los arcos se diseñan siguiendo la normativa saudí "MOMRA Bridge Design Specifications" [2], que está redactada a partir de la americana "AASHTO LRFD Bridge Design Specification 2007" [3], de mayor difusión internacional, y sobre la que introduce algunas modificaciones. También se ha tenido en cuenta en el diseño lo indicado en la normativa saudí de edificación Saudi Building Code requirements SBC-301.

Las acciones más relevantes dada la esbeltez de las estructuras son las cargas de viento, que definen el diseño, y las deformaciones impuestas por temperatura, al no disponerse juntas que permitan movimientos.

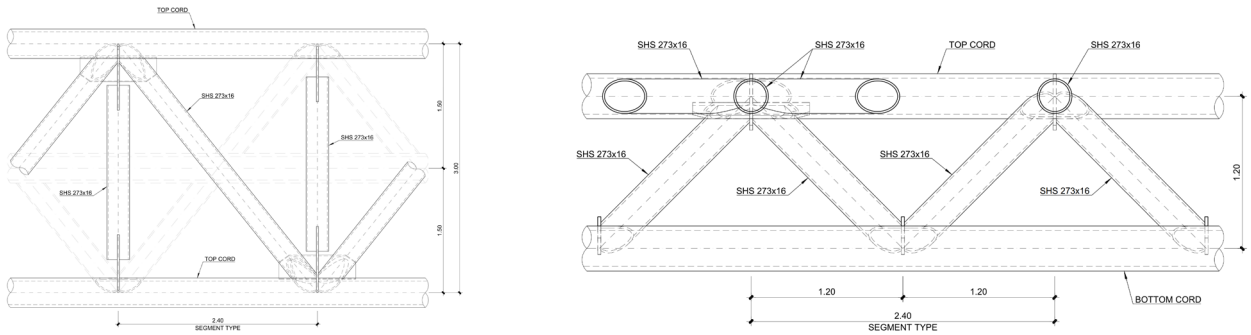

Figura 10. Planta y alzado del segmento tipo de celosía

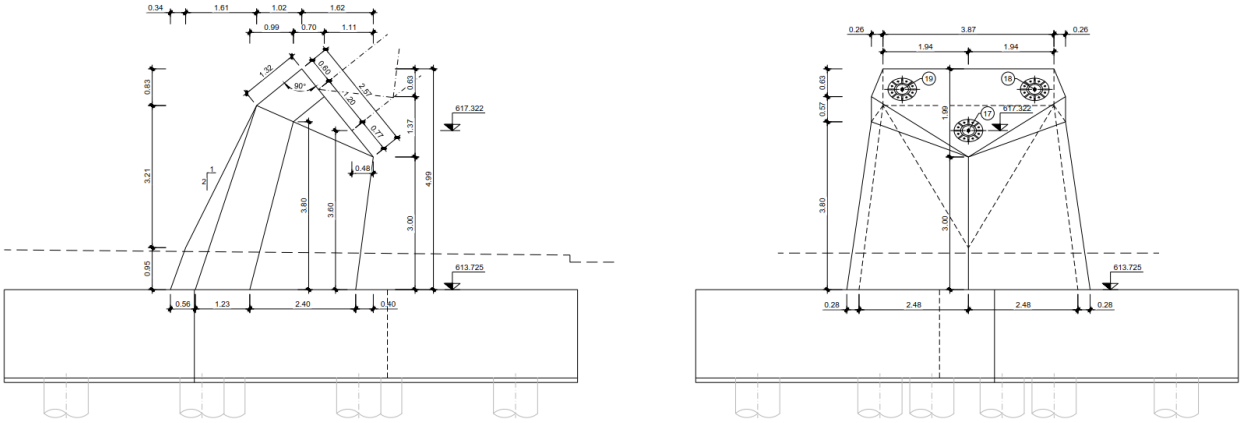

Figura 11. Alzado frontal y lateral de plintos de apoyo.

3.2 Diseño de la celosía de los arcos.

La estructura de los arcos está compuesta por una celosía tubular formada por tres cordones longitudinales (dos superiores y uno inferior central) de diámetro 355.6mm, y diagonales y montantes de diámetro 273mm.

La geometría circular de los arcos da lugar a que cada uno de ellos pueda dividirse en módulos iguales de 2.40m de longitud permitiendo una optimización en la ejecución de nudos, diagonales y montantes.

El criterio de diseño principal para el cálculo de la celosía resulta ser el control de las deformaciones laterales debidas al viento, limitando el movimiento a un máximo 1/300 de la longitud de la cuerda.

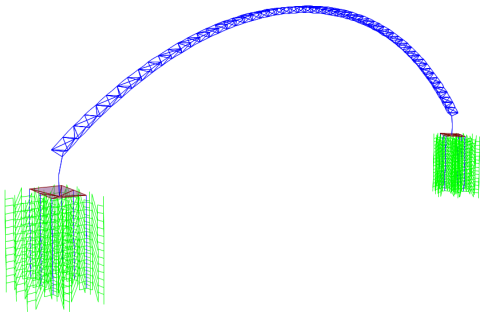

Figura 12. Esquema del modelo de cálculo.

Atendiendo a la morfología descrita, el análisis de los arcos se efectúa mediante un modelo espacial conjunto de celosía, subestructura y terreno (Figura 12).

El cálculo resulta no lineal al tener en cuenta la rigidez del terreno, las fases de montaje del arco, y el cálculo en segundo orden considerando las ecuaciones de equilibrio en la configuración deformada de la estructura.

3.3 Diseño de los apoyos

Los apoyos de los arcos se sitúan en las aceras laterales de la intersección.

Se ha prestado especial atención a que las dimensiones de los plintos sean reducidas, y con ello conseguir que estén a la escala de los peatones que circulen por las aceras (Figuras 13 y 14).

La geometría de los plintos es facetada, dando continuidad a las caras del pentágono que forman los arcos. La abertura de las caras permite realizar una transición del arco hasta la cimentación y asegura la capacidad estructural de los plintos frente al cambio brusco en la dirección de los esfuerzos axiles de compresión.

Figuras 13 y 14. Integración de los apoyos en el entorno. Visiones diurna y nocturna.

Los arcos 1 y 2 parte de una misma esquina, dando lugar a la cercanía de los plintos y a la necesidad de definir una cimentación común para ambos. Como se ha comentado, la modelización de las rigideces del terreno ha tenido que ser detallada, al ser las deformaciones laterales de los arcos el principal factor dimensionante del conjunto. Por ello ha sido necesario realizar un modelo completo conjunto de los dos arcos con su encepado compartido (Figura 15).

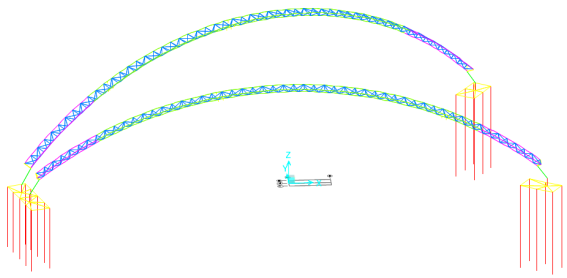

Figura 15. Esquema del modelo conjunto de arcos.

4. Estudio en túnel de viento

De forma previa al comienzo de las obras de construcción, se tiene previsto realizar un estudio mediante túnel de viento que verifique la ausencia de problemas por inestabilidades aeroelásticas y confirme los valores de carga de viento considerados en el diseño.

Referencias

[1] J. Bernabéu Larena, I. Díaz Morcillo. Puente duna: intersección viaria entre Abi Bakr Road e Iman Saud Road, Riad (Arabia Saudita). VII Congreso Internacional de Estructuras, ACHE, A Coruña. Hormigón y Acero. 68 (2017) 120-121.

[2] Ministry of Municipality and Rural Affairs (MOMRA), Bridge Design Specifications, Riyadh.

[3] AASHTO LRFD Bridge Design Specification, 2007.

[4] Ministry of Communications (MOC), Kingdom of Saudi Arabia, Highway Design Manual Volume 3 Structural Design Specifications, 1992.

[5] E. C. Hambly, Bridge Deck Behaviour, Chapman and Hall, 2nd edition 1991.