



Proyecto básico para el Concurso de pasarela sobre el río Segura en Blanca (Murcia).
Solución C. Diseño estructural



ANEJO Nº 1: ESTUDIO DE SOLUCIONES

ÍNDICE

- I. Introducción
- II. Condicionantes
 - II.1 Características funcionales
 - II.2 Características del trazado
 - II.3 Hidrología
 - II.4 Economía
 - II.5 Estética
 - II.6 Impacto ambiental
 - II.7 Proceso constructivo
- III. Análisis de las distintas tipologías propuestas
 - III.1 Solución A
 - III.2 Solución B
 - III.3 Solución C
 - III.4 Solución D
- IV. Justificación de la solución adoptada
 - IV.1 Solución A
 - IV.2 Solución B
 - IV.3 Solución C y D
- V. Descripción de la solución adoptada
 - V.1 Tablero
 - V.2 Cajones longitudinales
 - V.3 Sección transversal
 - V.4 Pilas
 - V.5 cimentaciones

I. Introducción

El presente anejo pretende exponer el análisis que se ha llevado a cabo para la determinación de la solución adoptada en el presente proyecto básico. Partiendo de una serie de condicionantes naturales y funcionales se pretende analizar todas las soluciones posibles, tanto las más inviables (justificando las razones de su no consideración), como las soluciones más adecuadas. De esta forma, se reflejarán en el documento lo criterios que permiten valorar las distintas soluciones técnicamente admisibles y el razonamiento para la justificación de la solución adoptada.

II. Condicionantes

A continuación se muestran los distintos condicionantes que limitan en cierta medida la elección de las posibles alternativas a estudiar:

II.1 Características funcionales

Son todos aquellos criterios necesarios para imponer las necesidades para las que se diseña la pasarela:

Ancho útil

Se exige un ancho útil mínimo de 3 metros, reservado para peatones. Sin embargo, se admiten alternativas que incorporen un carril bici.

Luz de la pasarela

El entorno impide que la pasarela tenga una luz mayor a 47 metros, por lo que se busca la optimización de la tipología adoptada.

Limitación de apoyos

La administración impone que no se puede realizar un diseño de la pasarela que incluya apoyos en el cauce del río.

Pendiente longitudinal y transversal

Según la normativa de accesibilidad vigente, cualquier rampa situada en itinerarios adaptados deberá disponer de una pendiente longitudinal máxima del 6%. En cuanto a la pendiente transversal, debe ser como máximo de 1.5% en el paso peatonal para que sea posible la evacuación segura y eficaz de pluviales.

Gálibo

La pasarela debe diseñarse de forma que se disponga de una altura suficiente para que no entre en carga en caso de máxima avenida. Otro aspecto a considerar es la necesidad de un cierto resguardo para que sea posible el paso de piragüistas por debajo de ella.

Rampas de acceso

Según la normativa de accesibilidad agente, la pendiente longitudinal máxima de las rampas de acceso es del 6 % con una anchura mínima de 1,5 metros, siendo aconsejable disponer al menos de 1,8 metros

II.2 Características del trazado

Trazado en planta

La pasarela debe resolver la conexión con los paseos a ribera, a la altura de la plaza semicircular del Parque de las Cuevas.

Trazado en alzado

El trazado en alzado queda esencialmente sujeto a la normativa de accesibilidad vigente en la Comunidad Autónoma de Murcia y a la solución que se adopte para la conexión con los paseos de ribera.

II.3 Hidrología

El embalse situado inmediatamente aguas abajo condiciona la cota de la lámina de agua en situaciones extraordinarias. El estudio hidrológico la fija, para una avenida de periodo de retorno de 500 años, a la cota 140 metros. Además, establece una velocidad del flujo de 1,8 m/s en la mencionada situación.

II.4 Economía

En cualquier obra los condicionantes de tipo económico presentan una gran importancia, los recursos son siempre limitados lo que conlleva obligatoriamente a un uso racional de los mismos. Es por ello, que siempre será uno de los principales factores a tener en cuenta.

II.5 Estética

La estética resulta un condicionante importante en el caso de estudio de las soluciones, puesto que se pretende proyectar una estructura de ámbito urbano. La pasarela se encuentra en

una zona poco urbanizada y de calidad paisajística escasa, lo que invita a ejecutar una obra que dé atractivo visual con la finalidad de buscar la armonía entre el entorno y la construcción.

II.6 Impacto ambiental

La ubicación de las obras se encuentra en una zona de alto valor ambiental puesto que se caracteriza por tener una gran cantidad de zonas verdes y abundante flora. Por ello, es imprescindible tener en cuenta las posibles repercusiones en el entorno durante la construcción y explotación de la pasarela.

II.7 Proceso constructivo

A lo largo de la ejecución de la pasarela es importante tener en cuenta ciertos condicionantes con el objetivo de realizar correctamente el proceso constructivo. Por ejemplo, es necesario inhabilitar la entrada al Parque de las Cuevas para evitar la presencia de peatones o ciclistas durante la construcción. Además, entre otros aspectos, es necesario prever los accesos de la maquinaria pesada de forma que se circule con seguridad.

III. Análisis de las distintas alternativas propuestas

El objetivo del siguiente apartado consiste en plantear las distintas alternativas que se barajan para el diseño de la pasarela. Los principales criterios elegidos para concebir la solución propuesta consisten en la seguridad, funcionalidad, durabilidad y estética.

A continuación se analizan las distintas tipologías estructurales indicando en cada caso las ventajas e inconvenientes que presentarían cada una de ellas como solución del presente proyecto básico.

III.1 Solución A

Se trata de una pasarela metálica de 55 metros de luz, cuyo trazado en planta tiene forma de “Z” y tiene un elevación significativa respecto al cauce del río de aproximadamente 4 metros. Los accesos a la pasarela consisten en rampas de 6% de pendiente y una longitud de 22.5 metros. En cada margen la estructura se apoya en una pila de metro y medio de altura respecto al terreno y se sitúa en la conexión de la rampa con el tablero.

La sección transversal se define como la unión de dos cajones metálicos longitudinales de sección hueca conectados transversalmente mediante vigas IPE donde se apoya el forjado colaborante.

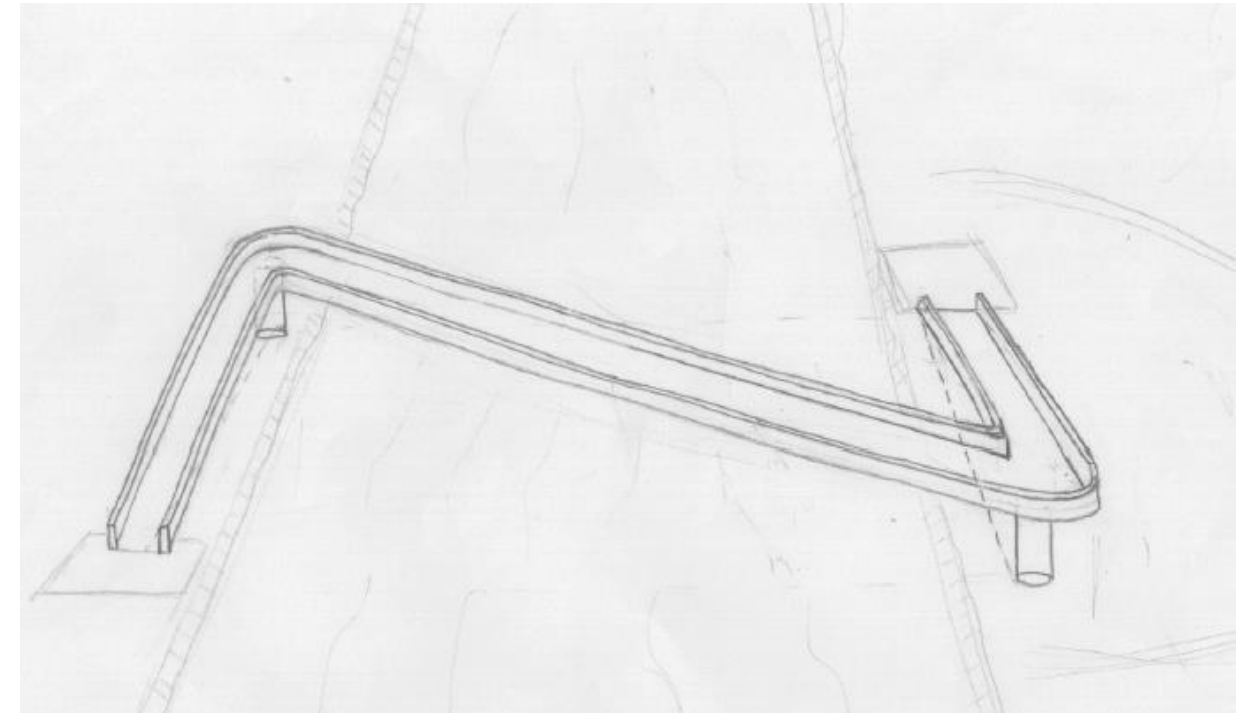


Imagen 1. Solución A

El tablero es mixto puesto que se dispone de chapa grecada bajo una losa de hormigón donde se apoyará las maderas para el pavimento del paso peatonal. Tiene una anchura de 3.5 metros reservada únicamente para peatones.

III.2 Solución B

La solución B consiste en una pasarela biapoyada de aproximadamente 51 metros de luz, cuyo trazado en planta es recto con una inclinación con respecto a la dirección perpendicular al cauce de 10 ° aproximadamente. El sistema resistente consta de una celosía de acero que sostiene el tablero metálico, donde se apoyará el pavimento de madera en toda su longitud. En cuanto a la estética del puente, predomina la presencia de dos jardineras de 20 metros de longitud y 2 metros de ancho, dotadas de cierta curvatura en planta y están colocadas longitudinalmente en ambos extremos del tablero como se muestra en la Imagen 2.

La sección transversal tiene 5.5 metros de anchura con el objetivo de proporcionar espacio para los elementos de jardinería. La anchura sobrante está reservada únicamente para peatones, no incluyendo carril bici puesto que supondría una anchura excesiva para la pasarela.

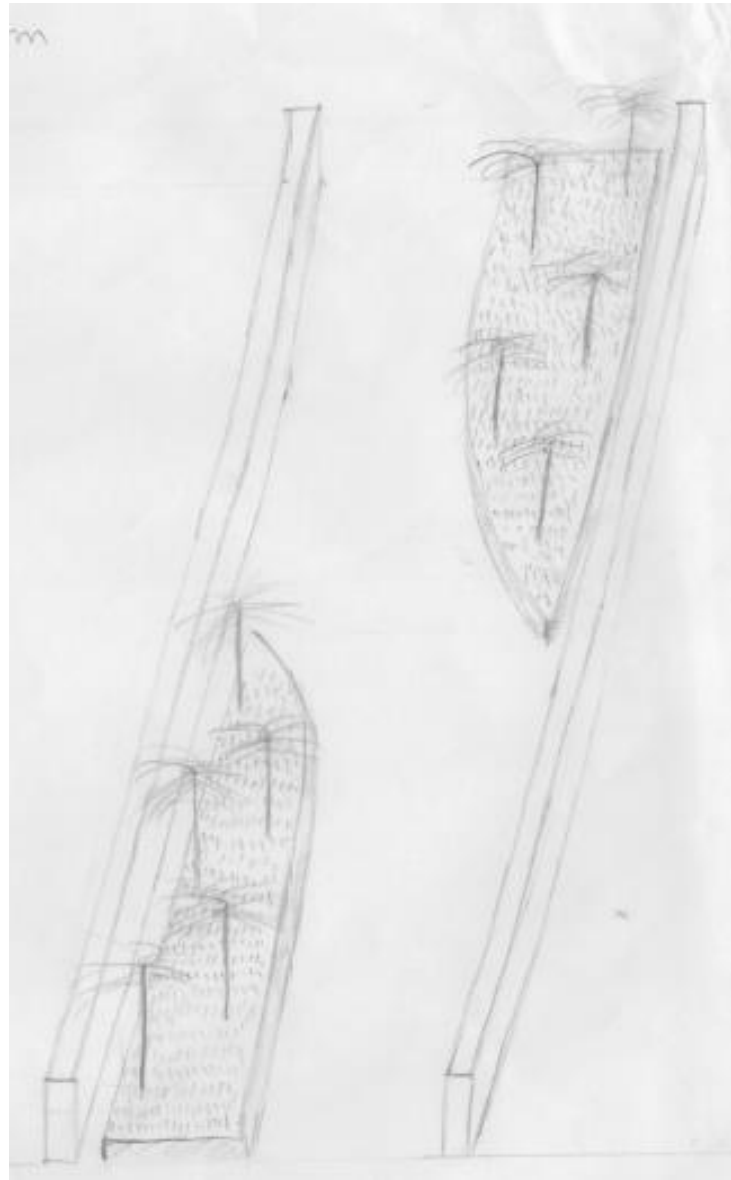


Imagen 2. Solución B

III.3 Solución C

Se trata de una pasarela biapoyada de 55 metros de luz cuyo trazado en planta se caracteriza por tener doble curvatura y, como se puede observar en la Imagen 3, los accesos no están alineados en el mismo plano perpendicular al cauce, sino que existe un cierto desplazamiento lateral de un extremo respecto al otro.

Como en la solución A, el sistema resistente consta de dos cajones metálicos longitudinales de sección hueca unidos transversalmente mediante vigas IPE donde se apoya el forjado colaborante.

El tablero dispone de 5.5 metros de anchura: 3 metros reservados para los peatones y 2 metros para incorporar un carril bici. El resto de anchura sobrante está definido para colocar los cajones metálicos que, aparte de ser un elemento estructural resistente, cumplen la función de barandillas. En el paso peatonal se coloca un pavimento de madera sobre la losa de hormigón con el objetivo de dotar cierta altura con respecto al carril bici para diferenciar las dos zonas.



Imagen 3. Solución C

III.4 Solución D

Esta última solución tiene la misma tipología estructural que la solución C pero los accesos a la pasarela están alineados de forma simétrica en el mismo eje (línea roja de la Imagen 4) dando lugar a un trazado en planta en forma de “serpiente”.

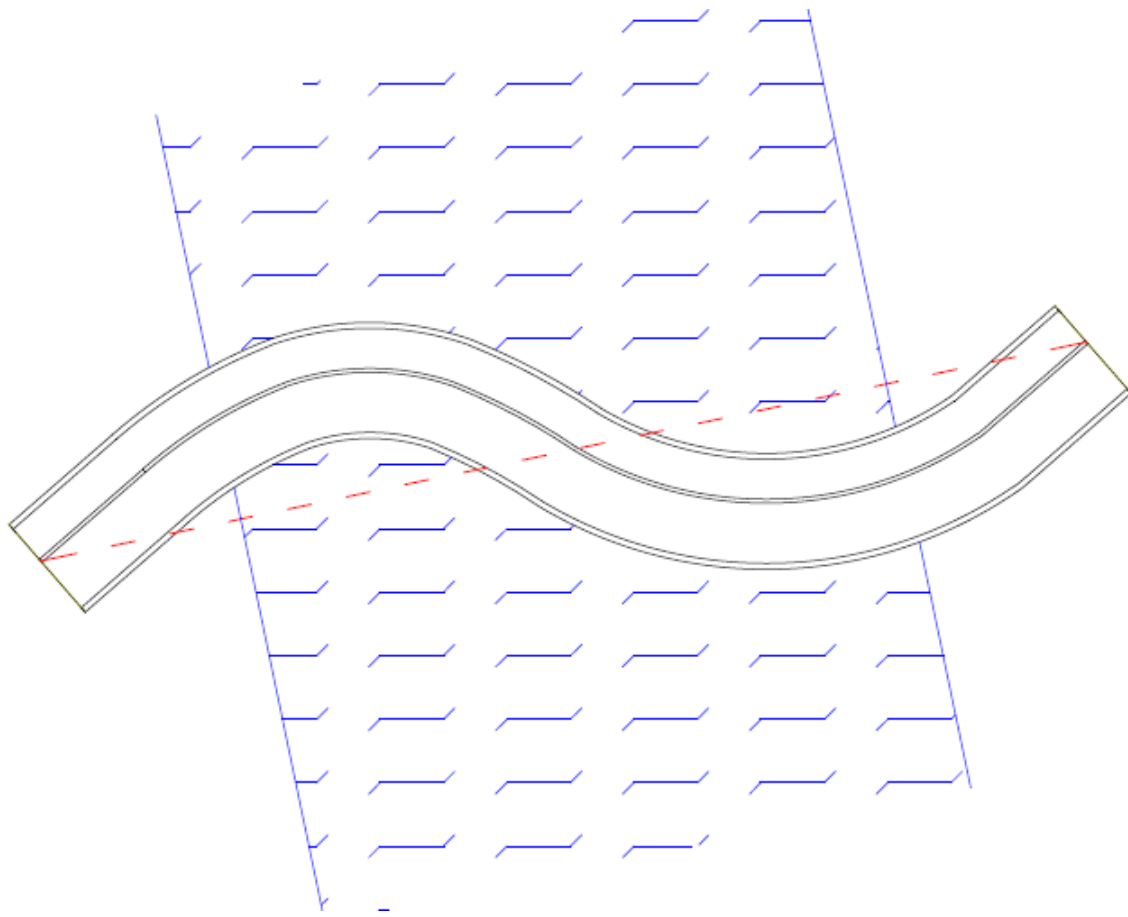


Imagen 4. Solución D

La pasarela tiene una luz de 50 metros y una anchura de 6 metros aproximadamente, teniendo en cuenta la anchura de los cajones metálicos, el paso peatonal, el carril bici y la zona destinada para la evacuación de aguas.

En principio, la pasarela se propuso biapoyada con la intención de no colocar apoyos intermedios a lo largo de la estructura, pero finalmente se decidió colocar una pila a cada lado por razones que se explican en el siguiente apartado. Por lo tanto, la luz principal de la pasarela se reduce a 44 metros (distancia entre pilas).

IV. Justificación de la solución adoptada

A continuación, se procede a realizar un análisis de cada una de las cuatro soluciones con el objetivo de estudiar su viabilidad para adoptar la solución adecuada.

IV.1 Solución A

Esta solución se descarta por varios motivos. La accesibilidad de la pasarela queda limitada por la presencia de rampas excesivamente extensas ubicadas solamente en una dirección. Además la estructura no contribuye a crear armonía entre la pasarela y el entorno puesto que su forma es más habitual en cruces a distinto nivel en pasarelas de carreteras, y por lo tanto, no se integra en el aspecto paisajístico.

Otro aspecto a considerar es la ausencia de carril bici debido a la incomodidad para circular en este tipo de trazado en planta y a la inseguridad que presenta el giro generado por el cambio de dirección del vano principal con respecto a las rampas.

IV.2 Solución B

La incorporación de jardinería en la pasarela se piensa con la finalidad de integrar la estructura con la extensa vegetación que presenta los alrededores. Sin embargo, supone un peso excesivo de la pasarela y al ser únicamente biapoyada, necesitaría una celosía de grandes dimensiones por lo que no se considera una solución óptima para este presente proyecto básico. También hay que tener en cuenta como factor negativo el mantenimiento de la jardinería, puesto que conlleva un gasto económico permanente durante la explotación de la pasarela.

IV.3 Solución C y D

Debido a que aguas arriba del río Segura los puentes y pasarelas se desarrollan con un trazado recto en planta, se ha querido dotar de personalidad al Parque de las Cuevas adoptando un trazado curvo en planta, siendo el impacto visual reducido y asumible.

En principio se propuso la solución C con el objetivo de plantear una alternativa en la cual la estructura no fuera simétrica. Sin embargo, al realizar el predimensionamiento de la solución, se descartó porque en el cálculo estructural se observó que los esfuerzos de torsión resultaban muy desfavorables, por lo que la estructura no resistía. Por esta razón se planteó la solución D ya que los apoyos son simétricos en un eje y además la distancia entre ellos es menor, por lo que se equilibra mejor la torsión. Se recalculó la estructura y, efectivamente, las torsiones disminuyen.

El segundo problema que surgió está relacionado con los apoyos de la estructura. Como se ha comentado anteriormente, se planteó una pasarela biapoyada de forma que se evitaba incluir apoyos en el cauce del río, uno de las condicionantes funcionales que impone la administración. Se calculó la resistencia de la estructura y los resultados evidenciaron unos esfuerzos flectores muy desfavorables en el centro del vano, por lo que la solución biapoyada era inviable. Por lo tanto, se

optó por empotrar la pasarela mediante dos pilas, una en cada extremo de la estructura, situadas a cinco metros del muro del estribo de forma que no invaden el cauce. Esta alternativa supone la reducción de la flexión en el centro del vano de manera que la estructura puede absorber los esfuerzos a los que está sometida.

V. Descripción de la solución adoptada

El objeto de este apartado es describir, a rasgos generales, la solución que se va a adoptar como respuesta al presente proyecto básico.

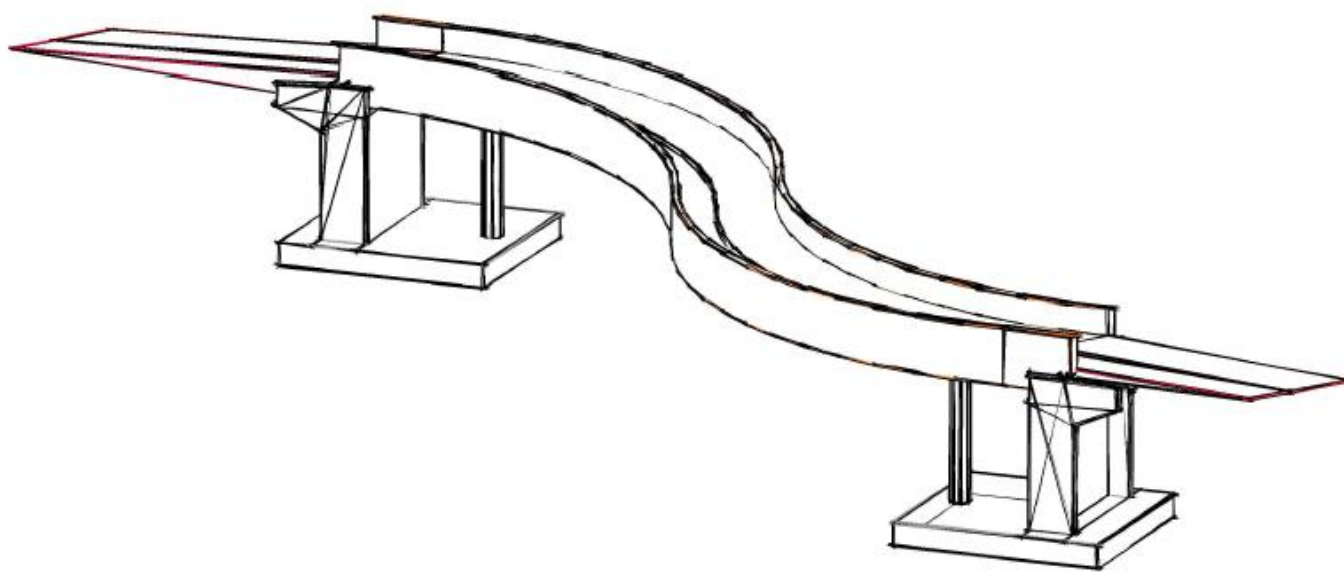


Imagen 5. Solución adoptada

La solución adoptada consiste en la solución D que se ha descrito y justificado en los dos últimos apartados. A continuación, se indican las diferentes partes de la pasarela explicando detalladamente los elementos estructurales principales:

V.1 Tablero

El tablero es el elemento principal de la estructura resistente. Se trata de un tablero mixto con una longitud total de 59 metros formado por un forjado colaborante de 13 cm de canto, en el cual se dispone de una chapa grecada de 1,2 mm de espesor y 7 cm de canto bajo una losa de hormigón amado. El forjado se apoya directamente sobre vigas transversales colocados cada 2 metros y medio.

En cuanto a la anchura del tablero, se dispone de 5,8 metros exactamente, de los cuales 2 metros se reservan para el carril bici con una pendiente transversal de 2 % y 3 metros para el paso peatonal con una pendiente transversal de 1,5 %. Se distribuye el resto de anchura de forma que 60 cm se destinan para el espacio de los cajones (30 cm para cada uno) y 20 cm en la zona central de la sección transversal para la evacuación de aguas.

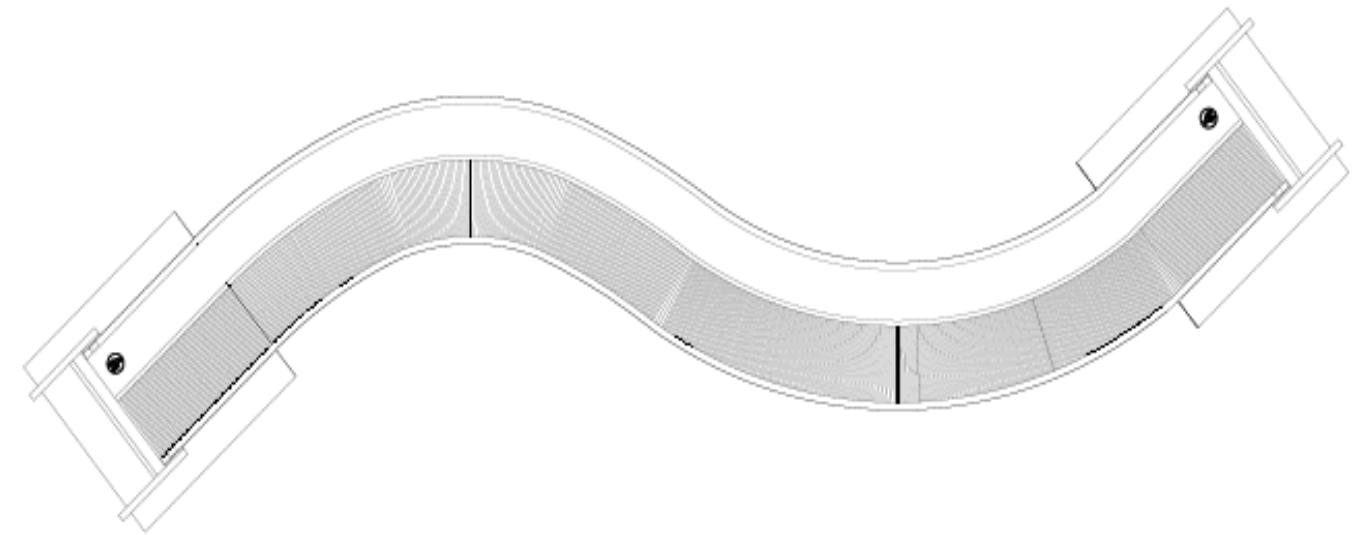


Imagen 6. Planta del tablero

V.2 Cajones longitudinales

Los cajones metálicos tienen dos funciones: formar parte de la estructura resistente y cumplir la función de las barandillas. Se trata de una sección rectangular hueca de $0.3 \times 2.5 \text{ m}^2$ con espesor variable a lo largo de la pasarela. Las alas del cajón mantienen un espesor de 10 mm, pero las almas varían su espesor por motivos funcionales. En las zonas de los apoyos de la pasarela existen flectores negativos muy desfavorables por lo que un cajón de 10 mm de espesor en toda la sección no sería suficiente para absorber la solicitación. Por lo tanto, hay que tomar medidas al respecto aumentando el espesor de las alas o las almas. Sin embargo, se opta por aumentar el espesor de las almas para obtener también un efecto muy beneficioso frente a abolladura, consiguiendo así solucionar dos problemas a la vez. De esta manera, en los 10 primeros metros de cada extremo de la pasarela se dispone de un espesor de 15 mm en las almas, continuando con una zona de transición de 5 metros hasta alcanzar un espesor de 10 mm que se prolongará en la longitud sobrante. En cuanto a la unión de los cajones, se disponen de vigas transversales que se definen en el siguiente apartado.

Con el objetivo de absorber los efectos de abolladura, se disponen en los cajones de rigidizadores transversales de 10 mm de espesor cada dos metros y medio. Sin embargo, para resistir mejor estos efectos en la zona de los apoyos de la pasarela, se colocarán los rigidizadores cada 1.25 metros durante los diez primeros metros desde cada extremo de la pasarela.

V.3 Sección transversal

Como se ha comentado en el apartado de análisis de las distintas alternativas propuestas, en esta solución se busca dotar al paso peatonal de una cierta altura (aproximadamente 15 cm) con respecto al carril bici por motivos de seguridad y comodidad para la circulación.

En primera instancia, se planteó conseguir la diferencia de altura disponiendo de vigas transversales IPE de distinto tamaño en cada zona. En la siguiente imagen se representa dicha disposición de las vigas.

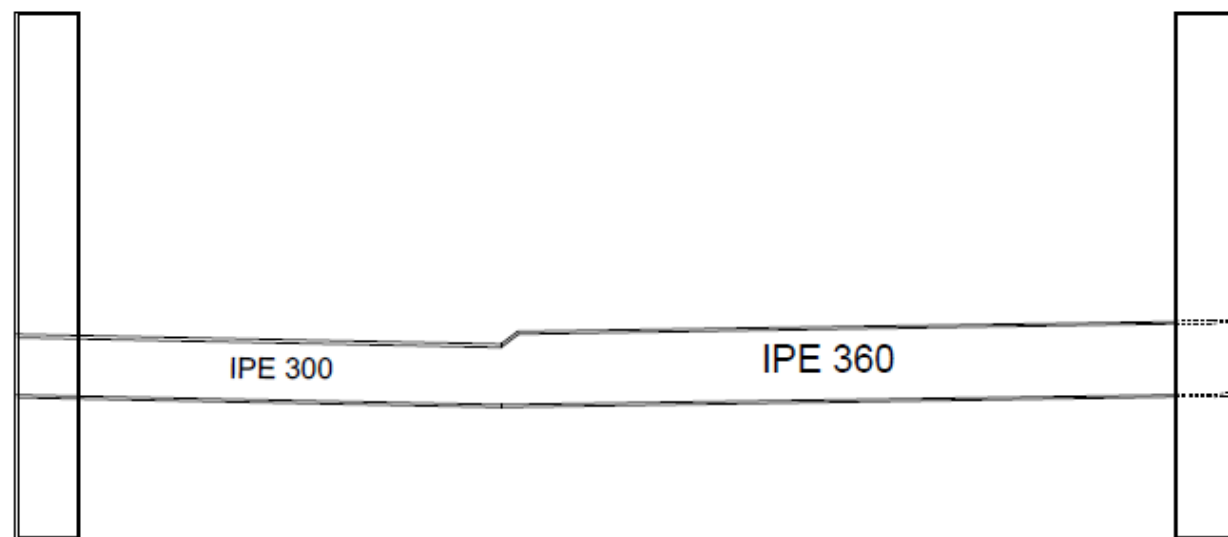


Imagen 7. Disposición de vigas transversales (alternativa descartada))

Esta colocación de las vigas transversales resulta una alternativa adecuada para solucionar el problema debido a dos motivos: la gran diversidad de tamaños de vigas IPE que existen en el mercado permiten ajustar dicha altura conforme se había pensado, y las vigas IPE seleccionadas resisten adecuadamente los esfuerzos de sollicitación. Sin embargo, cuando se decidió disponer de pavimento de madera en el paso peatonal para diferenciarlo del carril bici, la diferencia de altura aumentaba excesivamente ya que es necesario colocar soportes especiales y rastreles bajo los tabloncillos de madera. Por lo tanto, se descartó esta alternativa y se optó por disponer de dos vigas IPE del mismo tamaño. De esta forma, únicamente la disposición del pavimento de madera dota a la zona peatonal de la altura necesaria. Se muestra en la Imagen 8 una vista de la sección transversal

finalmente adoptada donde se pueden identificar los elementos que constituyen el tablero y que se describen a continuación.

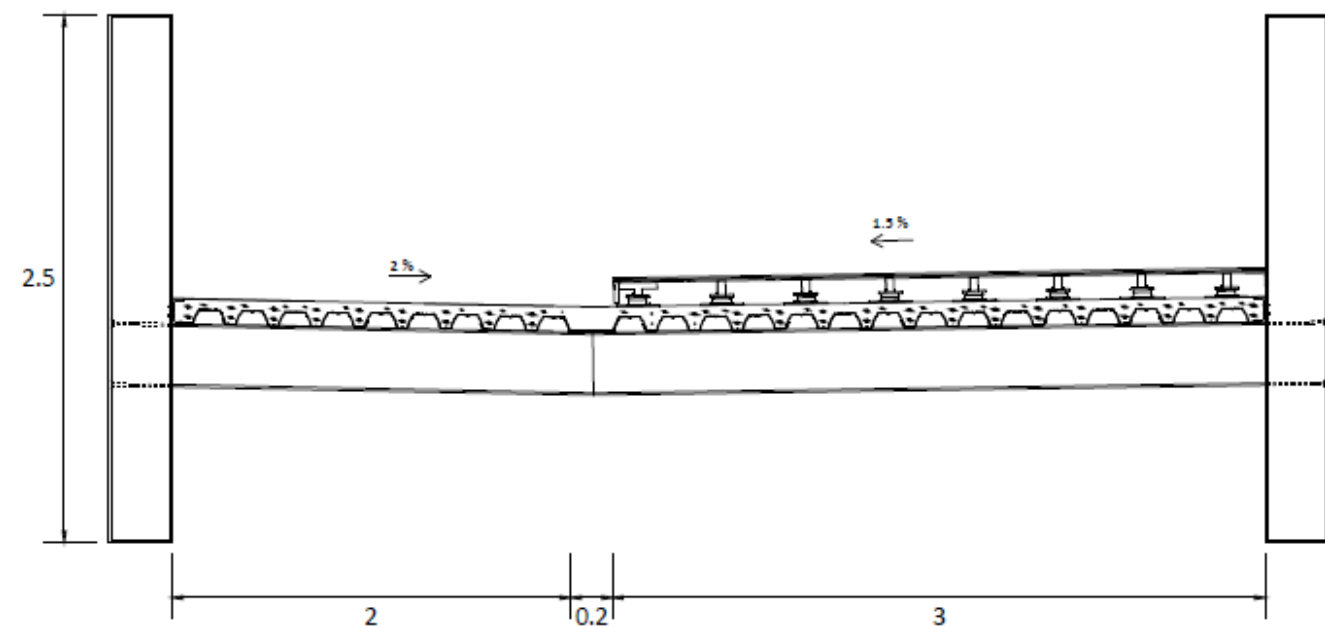


Imagen 8. Sección transversal (alternativa adoptada)

En el pavimento de madera de la zona peatonal se incorporan perfiles de madera ipe de sección 3000mm x 100mm x 22mm en dirección transversal al tablero, apoyados sobre rastreles longitudinales de pino cuperizado y de sección 65 x38 mm que se colocan cada 40 cm. Los apoyos de los rastreles son soportes regulables de 50 mm de altura. Por lo tanto, el desnivel que existe entre el paso peatonal y el carril bici es de 14 cm aproximadamente.

En cuanto a la zona de evacuación de las aguas, existen sumideros cada cinco metros de manera que se colocan en las secciones del tablero donde no se ubican las vigas transversales para facilitar el drenaje. Esta zona central de 20 cm dispone de una chapa metálica de 1,5 mm de espesor que se encuentra empalmada a las chapas grecadas del forjado colaborante. Se hormigona sobre la chapa metálica y se realiza una perforación bajo los sumideros para evacuar el agua fácilmente.

Las vigas transversales que unen los cajones son dos vigas IPE 300 unidas sobre la zona de evacuación de aguas y situadas a una distancia de 74 cm desde la parte inferior del cajón. Disponen de una cierta inclinación según la pendiente transversal que se quiere dotar a la zona del tablero, es decir, 1,5% en el paso de los peatones y 2% en el carril bici. La unión de las vigas IPE se realiza de la siguiente manera: se realiza una preparación de borde en las alas para soldarlas a tope, y para las almas se realiza dos preparaciones de borde en doble bisel. En cuanto a la conexión de las vigas transversales con los cajones, se realiza mediante soldadura a tope.

En los apoyos del tablero no se colocan vigas IPE 300, sino que se instala un diafragma formado por dos vigas armadas cuyas dimensiones se definen en el "Plano Nº 12: Secciones

transversales". El ala superior de las vigas está inclinada según la pendiente transversal que se quiere dotar a la zona del tablero, es decir, 1,5% en el paso de los peatones y 2% en el carril bici. La unión de las vigas armadas se realiza de la misma forma que la unión de las vigas IPE, igual que la unión del diafragma con los cajones. En la Imagen 9 se representa la disposición del diafragma en la sección transversal.

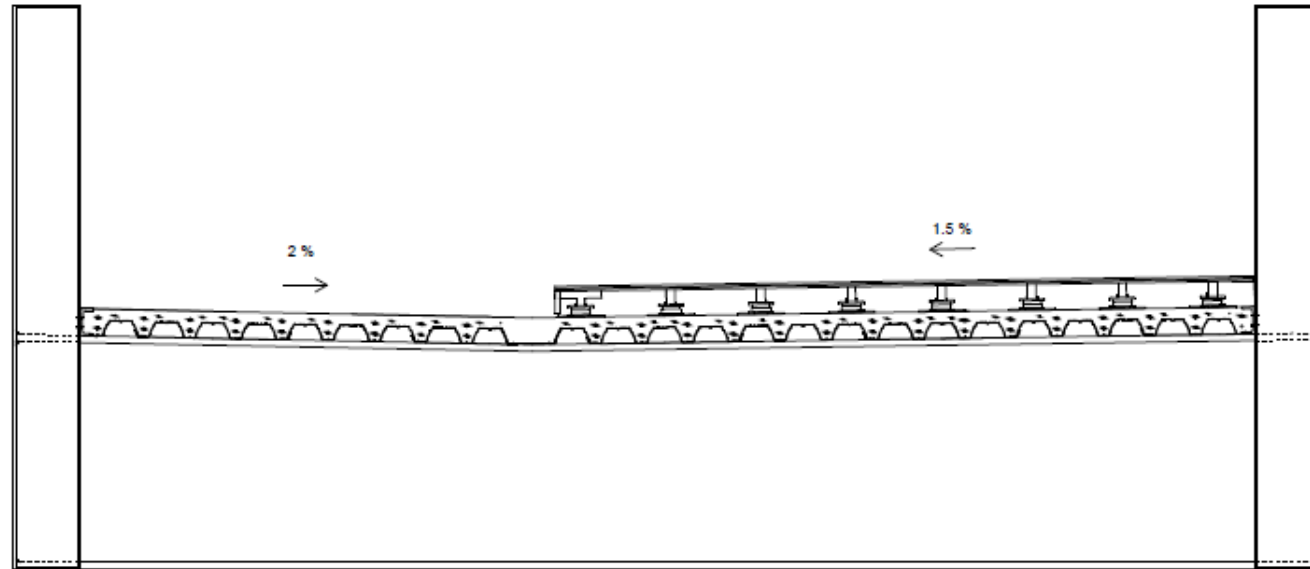


Imagen 9. Sección transversal en el apoyo

Otro detalle constructivo a analizar es el remate del cajón con la chapa grecada, que se realiza atornillando una viga UPN 120 al cajón y realizando una preparación de borde a la viga para soldar a tope la chapa.

V.4 Pilas

Como se ha indicado en el apartado IV, el eje de las pilas se sitúa a cinco metros del eje del muro del estribo sin invadir el cauce del río. Se trata de dos pilas de sección octogonal de 80 cm de diámetro inscrito y de 5,72 metros de altura. El armado de las pilas está definido en el *"Plano Nº 7: Subestructuras: Armados de estribos y pila"*.

V.5 Cimentaciones

Se trata de una cimentación superficial ya que el ancho (9,3 metros) es mucho mayor que la quinta parte de la profundidad (7 metros). La cimentación consta de una zapata de 9,3 x 8,6 m² y 1 metro de canto, que está conectada al estribo y a la pila para transmitir el par de fuerzas necesario para realizar el empotramiento.

Se propuso minimizar el volumen de hormigón de la zapata con el objetivo de ahorrar material ya que no toda la sección forma parte de la estructura resistente. Sin embargo, al realizar

una alternativa de la cimentación en el cual se ahorraba aproximadamente 16 m², se observó que la resultante de las fuerzas sobre la cimentación no pasaba por el núcleo central, y por lo tanto, la zapata se levantaba. Además, la disminución del hormigón supondría realizar una sección no rectangular, por lo que sería necesario disponer de encofrados más complejos que darían lugar a una solución menos rentable. Por ello, se decidió conservar la zapata de 9,3 x 8,6 m² y 1 metro de canto. El armado de la zapata está definido en el *"Plano Nº 8: Armado de zapata"*.

La tipología de los estribos es cerrada con aleta en voladizo, cuyas dimensiones y armado se indican en el *"Plano Nº 6: Subestructura: Definición geométrica"* y *"Plano Nº 7: Subestructuras: Armados de estribos y pila"*.

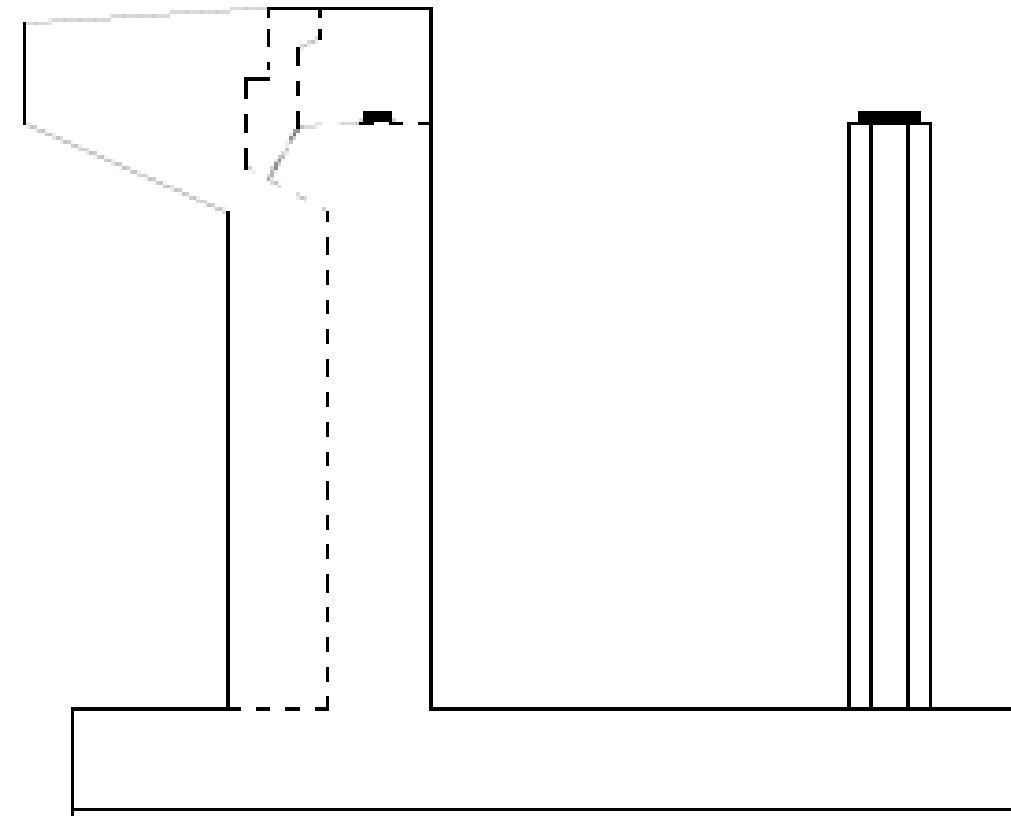


Imagen 10. Cimentación