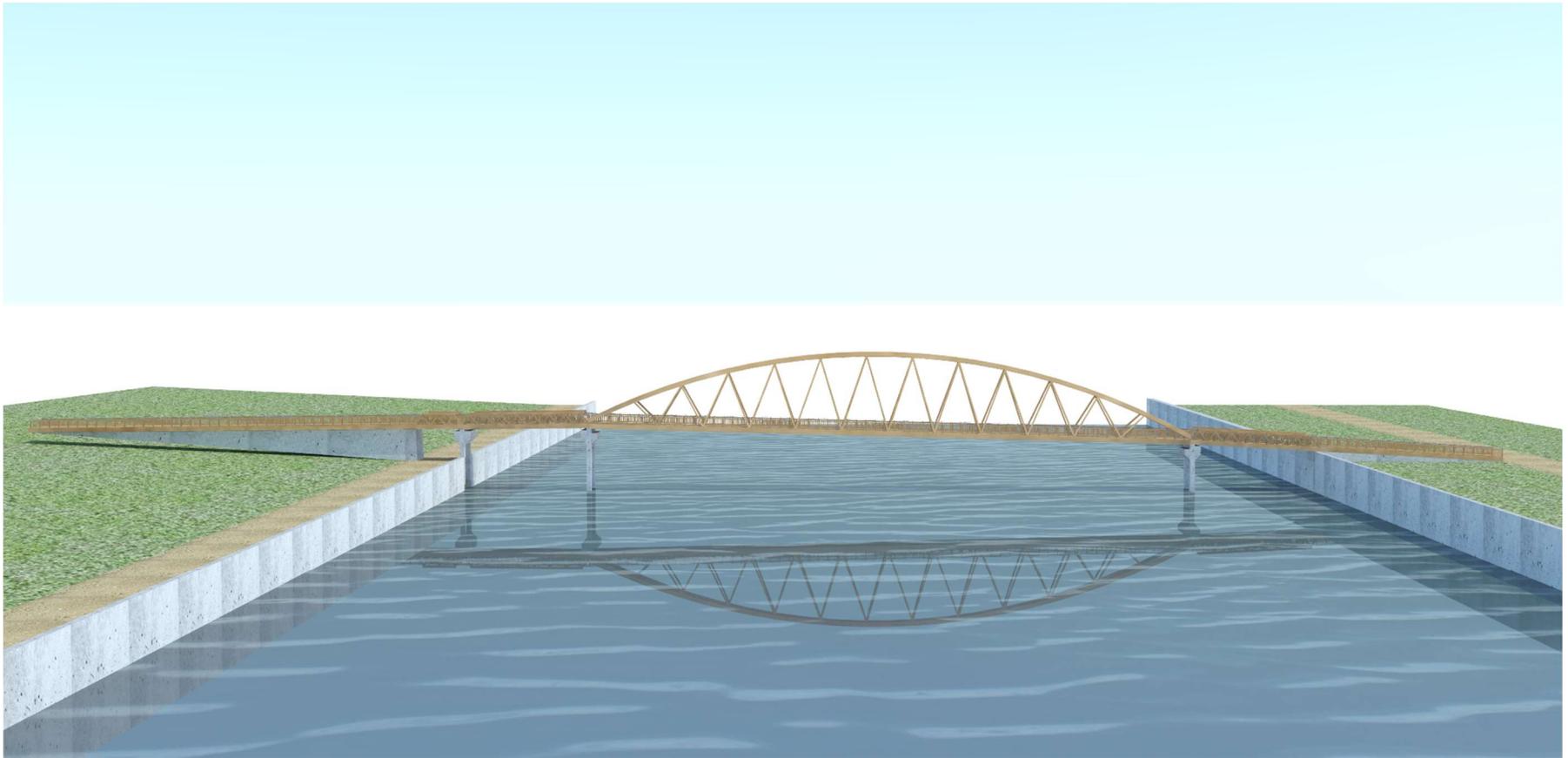




Trabajo Final de Grado
**Proyecto básico de pasarela peatonal sobre el río Serpis en Gandía
(Valencia)**





DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

Proyecto básico de pasarela peatonal sobre el río Serpis en
Gandía (Valencia)

Presentado por

Arcay Contreras, Herman Gustavo

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2019/2020

Fecha: 10/07/2020

Tutor: Juan José Moragues Terrades



Índice

1. Objeto del Proyecto básico.....	2
2. Antecedentes y justificación.....	2
3. Descripción de la zona.....	4
4. Geología y geotecnia.....	6
5. Hidrología e inundabilidad.....	6
6. Estudio de soluciones.....	7
7. Descripción de la solución adoptada.....	10
7.1. Superestructura.....	10
7.2. Subestructura.....	12
7.3. Uniones y apoyos de la superestructura.....	13
8. Estudio de la socavación en pilas.....	14
9. Equipamientos.....	15
10. Procedimiento de construcción.....	15
11. Plazo de ejecución.....	16
12. Valoración económica.....	16
13. Vistas del usuario.....	17
14. Conclusiones.....	19
15. Documentos del Proyecto.....	19

1. Objeto del Proyecto básico

El presente Proyecto básico, redactado como Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo definir de modo preciso las principales características de una pasarela peatonal y ciclista que cruza el río Serpis en la ciudad de Gandía para generar un documento válido que valga de base para un futuro proyecto de ejecución, para ello se aplicará y cumplirá la normativa vigente, además de emplear los conocimientos aprendidos durante la carrera.

El presente documento pretende servir como resumen de los aspectos más importantes de la pasarela, que posteriormente serán expuestos con mayor detalle en los diversos anejos que engloban el Proyecto básico.

2. Antecedentes y justificación

El área territorial comprendida entre las provincias de Valencia y Alicante representa una gran importancia social, comercial y económica para la Comunidad Valenciana y el estado español, sin embargo, a pesar de que entre estas provincias existe una comunicación de gran capacidad como es la autopista AP-7, actualmente no se encuentra una conexión ferroviaria que garantice esta unión por la costa. Únicamente se encuentra activo el servicio de la línea ferroviaria de cercanías Valencia - Gandía, pero no se extiende más allá de ello, por tanto, las poblaciones de Oliva, Denia y Benidorm han sido perjudicadas por este aspecto. Es por ello que a lo largo de los años esta problemática se ha tratado de resolver con la construcción de la extensión de la mencionada línea ferroviaria, proyecto también llamado Tren de la Costa. Asimismo, en junio de 2016 se aprobó el Estudio informativo de dicho proyecto que incluye como solución adoptada la prolongación de la estación de Gandía discurriendo por el antiguo corredor ferroviario Carcaixent – Denia (Figura 1), que cruza el río Serpis cerca de su desembocadura (Gandía) y en la actualidad se corresponde con la vía verde de La Safor, camino de 7 km muy concurrido por los habitantes y visitantes de Gandía para aproximarse a la huerta del sur de Valencia.

Debido a la problemática existente, en el presente proyecto básico se propone la construcción de una pasarela peatonal y ciclista que cruce el río Serpis, pudiendo así, ser una sustitución del antiguo corredor ferroviario y dar continuidad a la vía verde antes mencionada.



Figura 1. Puente que discurre por el antiguo corredor Carcaixent-Denia y forma parte de la vía verde actual de La Safor. Fuente: Propia.

3. Descripción de la zona

La zona de emplazamiento de la pasarela se encuentra en el municipio de Gandía sobre el río Serpis, específicamente entre el centro de Gandía (Margen izquierda del río) y el Polígono industrial de Sanxo Llop (Margen derecha del río), por tanto, es una zona con una gran cantidad de puentes y pasarelas peatonales debido a la necesidad de conexión entre Gandía y otros municipios situados al sur.

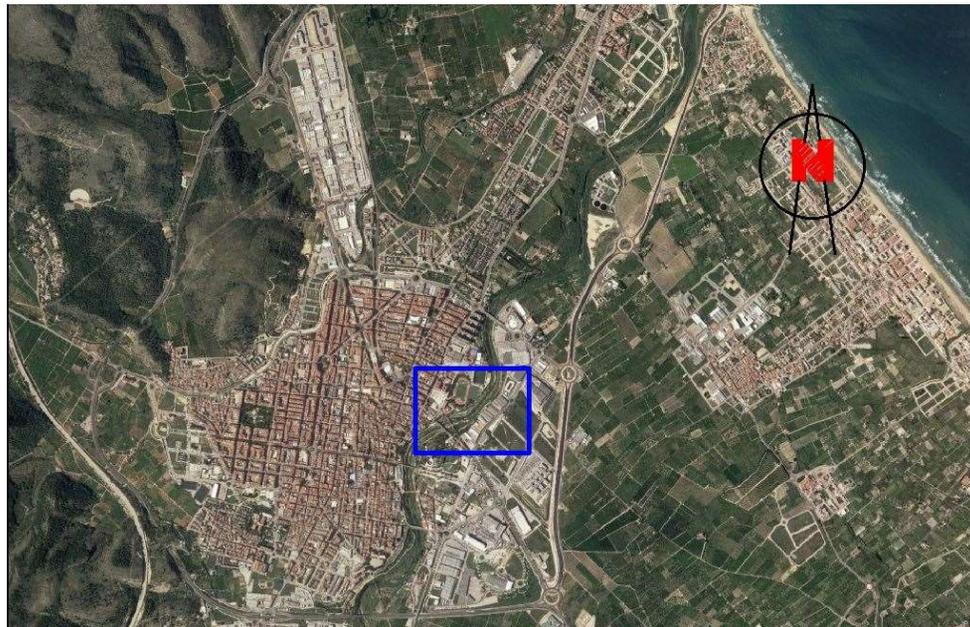


Figura 2. Area de actuación de la pasarela peatonal. Fuente: Visor de cartografía GVA

La construcción de la pasarela se realizará a unos metros del puente de hormigón (De color rojo en la figura 3) que discurre por el antiguo corredor ferroviario Carcaixent – Denia y pertenece a la actual vía verde de la Safor, lo que permitirá generar un trazado de la vía verde nueva muy similar a la vía verde antigua.

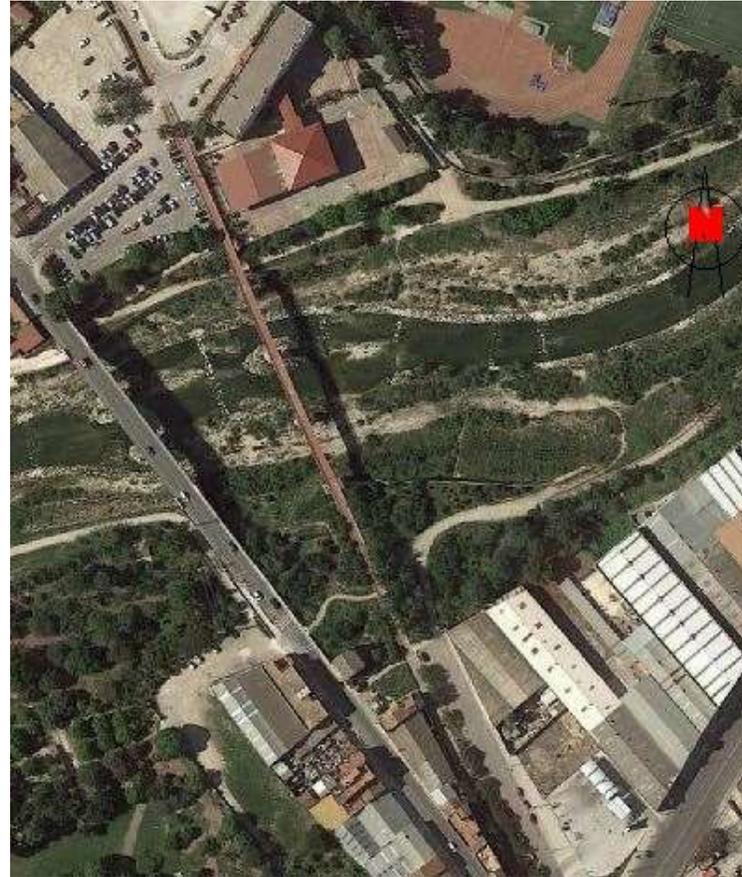


Figura 3. Zona de emplazamiento de la pasarela peatonal. Fuente: Visor de cartografía GVA

En el **Anejo Nº 1. Información previa** del presente proyecto se encuentra una descripción más detallada de la zona de emplazamiento, así como de los accesos al municipio de Gandía y la situación actual de las infraestructuras de transporte del entorno, todo ello acompañado de un reconocimiento fotográfico adjuntado al anejo para poder reconocer y comprender visualmente el entorno de la zona de emplazamiento.

4. Geología y geotecnia

Para poder caracterizar el terreno de la zona de emplazamiento de la pasarela geotécnicamente y geológicamente se ha tenido acceso al **Anejo nº 2. Geología, geotecnia y estudio de materiales** perteneciente al el “Estudio informativo de la línea ferroviaria Valencia-Alicante”, donde se ha realizado una campaña geotécnica en los estribos y pilas intermedias del puente perteneciente a la vida verde actual, situado unos metros aguas arriba de la zona de emplazamiento de la pasarela, por lo que se toma por válido dicho estudio.

Por tanto, el terreno tanto en el estribo del puente como en la zona del lecho del río, donde se apoyas las pilas intermedias se trata de:

- **Nivel 0:** Va desde la superficie hasta unos 1,5 metros de profundidad aproximadamente y está formado por gravas y bolos de río, por lo que carece de interés geotécnico.
- **Nivel 1:** Va desde los 3 metros hasta los 25 metros de profundidad y está formado por arcillas limosas de baja plasticidad.
- **Nivel 2:** Va desde los 25 metros hasta los 30 metros de profundidad y está formado por gravas en matriz areno-limosas.

Una vez realizado la caracterización geotécnica del terreno y analizados todos los aspectos del estudio geotécnico consultado se ha recomendado la ejecución de una cimentación profunda en el nivel 1 (Arcillas limosas) mediante pilotes, sin embargo, una vez realizado el cálculo estructural y obtenido las acciones que transmite la pasarela se ha realizado una nueva recomendación mediante micropilotes, dado la magnitud de las acciones transmitidas.

En el **Anejo Nº 3. Geología y geotecnia** del presente proyecto se encuentra una mayor descripción del estudio geotécnico perteneciente al estudio mencionado anteriormente.

5. Hidrología e inundabilidad

Para poder realizar un correcto análisis de la inundabilidad asociada a los desbordamientos del río Serpis en la zona de actuación se ha tenido

acceso al **Anejo nº 10. Drenaje** perteneciente al “Proyecto de construcción Acceso Sur al Puerto de Gandía desde la carretera N-332, P.K 220,800, Provincia de Valencia”, donde se ha analizado el desbordamiento del río Serpis en su desembocadura, situada a unos 3 kilómetros de nuestra zona de actuación y de donde se ha obtenido el caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años para poder calcular la altura de la lámina de agua en nuestra zona de actuación.

Por tanto, en el cauce del río Serpis, cerca del puente, se alcanza una cota de agua de aproximadamente de 13,71 m, con un número de Froude igual a 1,03 (Régimen supercrítico) y una velocidad media de 7,64 m/s. En el apartado 7 del presente documento, una vez descrita la solución adoptada se especificará el resguardo mínimo entre la superestructura y la cota de lámina de agua.

En el **Anejo Nº 4. Hidrología e inundabilidad** del presente proyecto se encuentra una mayor descripción de la climatología encontrada en la zona de actuación, así como una descripción específica de los datos obtenidos en el estudio de inundabilidad del proyecto mencionada anterior y posteriormente utilizadas en el cálculo de la altura de inundación.

6. Estudio de soluciones

Para el diseño de la pasarela, en primer lugar, en el **Anejo nº 5. Geometría de la pasarela. Estudio de soluciones** se han enumerado y descrito los condicionantes que se tienen en la zona de emplazamiento y posteriormente, se han realizado dos análisis cuantitativos y un análisis cualitativo, en donde se han comparado las distintas alternativas para la realización de la pasarela teniendo en cuenta aspectos funcionales, ambientales, constructivos, económicos y paisajísticos de cada una de ellas.

En cuanto a los análisis cuantitativos, son los siguientes:

- Trazado de la pasarela, en el **Anejo nº 5. Geometría de la pasarela. Estudio de soluciones** se proponen y analizan tres alternativas de trazado que discurren tanto al Este como al Oeste del puente que forma parte de la actual vía verde teniendo en cuenta los condicionantes de cada una de ellas. Para este análisis, la alternativa escogida discurre al Este del puente de la actual vía verde, con una luz total a salvar sobre el río de 107,2 metros.

- Elección del material, en el **Anejo nº 6. Estructura de la pasarela. Estudio de soluciones** se han tenido en cuenta los diversos materiales empleados en las pasarelas y puentes situados aguas arriba y aguas debajo de la zona de emplazamiento, por tanto, se han propuesto los siguientes materiales: Hormigón (Pretensado prefabricado y armado pasivo), acero y madera laminada encolada. Para este análisis, el material escogido ha sido la madera laminada encolada.

En cuanto al análisis cualitativo, se ha realizado el siguiente:

- Elección de la tipología estructural, condicionada principalmente por la luz total a salvar de la pasarela y las propiedades mecánicas y físicas del material escogido en el análisis anterior. En el **Anejo nº 6. Estructura de la pasarela. Estudio de soluciones** se han propuesto las siguientes alternativas: Pasarelas tipo viga, tipo celosía, tipo arco (Con tablero superior, intermedio e inferior) y pasarela atirantada. De todas las alternativas generadas anteriormente, en este análisis se ha definido la realización de la pasarela mediante tres tramos, en donde los tramos inicial y final serán resueltos mediante una celosía tipo Warren (Figura 4) y el tramo central estará compuesto por un arco con tablero inferior tipo “Bowstring” con péndolas tipo Nielsen.

Toda la realización de los distintos análisis mencionados anteriormente, así como sus soluciones y un predimensionamiento de cada uno de los tramos se encuentran detalladss en los **Anejos nº 5 y 6** del presente proyecto básico.



Figura 4. Pasarela peatonal de madera tipo celosía Warren que une Parque Coímbra y Parque Guadarrama, similar a la propuesta para uno de los tramos de la pasarela del presente proyecto básico. Fuente: www.espagruas.es/



Figura 5. Pasarela peatonal de madera tipo arco atirantada con tablero inferior tipo "Bowstring", similar a la propuesta para uno de los tramos de la pasarela del presente proyecto básico. Fuente: www.mediamadera.com

7. Descripción de la solución adoptada

7.1. Superestructura

Como se ha comentado en el apartado anterior, el material empleado para la superestructura de la pasarela será la madera laminada encolada, específicamente de clase resistente GL28h, ya que es una clase de madera que se puede encontrar con mayor facilidad en el mercado nacional y es un material que presenta grandes ventajas en todos los objetivos que se pretenden lograr con la construcción de la pasarela, además también se ha comentado que la luz total a salvar es de unos 107,2 metros de longitud. Por tanto, se ha decidido dividir la pasarela en tres tramos, donde los tramos inicial y final tendrán la misma longitud, unos 16 metros y el tramo central será el de mayor longitud, teniendo 75,2 metros de longitud.

Para los tramos de 16 metros, se han resuelto a través de una celosía tipo Warren que permitirá al usuario sentirse protegido al entrar a la pasarela y servirá como transición en cualquier de las dos direcciones para la entrada al tramo central resuelto a través de un arco. La altura de la celosía será de 1,2 metros, ya que se busca afectar lo mínimo el entorno paisajístico, al tratarse de una pasarela que formará parte de una vía verde situada sobre el río Serpis. La celosía, por tanto, estará compuesta de un cordón superior, un cordón inferior y diagonales separadas por 2 metros.

Por su parte, el tramo central será el de mayor longitud, con unos 75,2 metros, estará resuelto a través de dos arcos biarticulados que estarán atirantados a través de unas péndolas formando un "Bowstring", donde la relación flecha/luz será de 1/8, por lo que la flecha máxima tendrá un valor de 9,4 metros. Además, los arcos mencionados anteriormente, se irán uniendo a medida que se avance en la pasarela hasta llegar a un punto central en donde habrá una separación mínima entre arcos, sin embargo, nunca llegarán a tocarse, lo que dará una sensación de grandeza al usuario al transitar sobre ella, además estarán arriostrados a través de rigidizadores que permitirán aplicar secciones de menor inercia y dar una mayor rigidez a la estructura. En cuanto a las péndolas, se emplearán inclinadas tipo Nielsen, disponiéndose una separación entre ellas de forma irregular, donde la separación entre las péndolas exteriores y los extremos de la estructura será de 8,7 metros y la separación de las péndolas será de 5,78 metros.

Todos los elementos que forman parte de los tramos mencionados anteriormente han sido dimensionados y comprobados en el **Anejo nº 7. Calculo estructural** del presente proyecto.

Finalmente, el ancho total del tablero es de unos 4 metros, sin embargo, con la colocación de equipamientos (Barandillas, papeleras, etc), el ancho útil de la pasarela es de unos 3,5 metros.

En el **Anejo nº 5. Geometría de la pasarela. Estudio de soluciones** se describen de una forma más detallada las dimensiones de la pasarela y las cotas de los puntos más importante de ella. Además, en el **Anejo nº 6. Estructura de la pasarela. Estudio de soluciones** especifica la forma de tratar la madera con respecto su durabilidad y se establece una justificación de la geometría empleada en cada uno de los tramos de la pasarela.

A continuación, se muestran las ilustraciones de cada uno de los tramos de la pasarela:

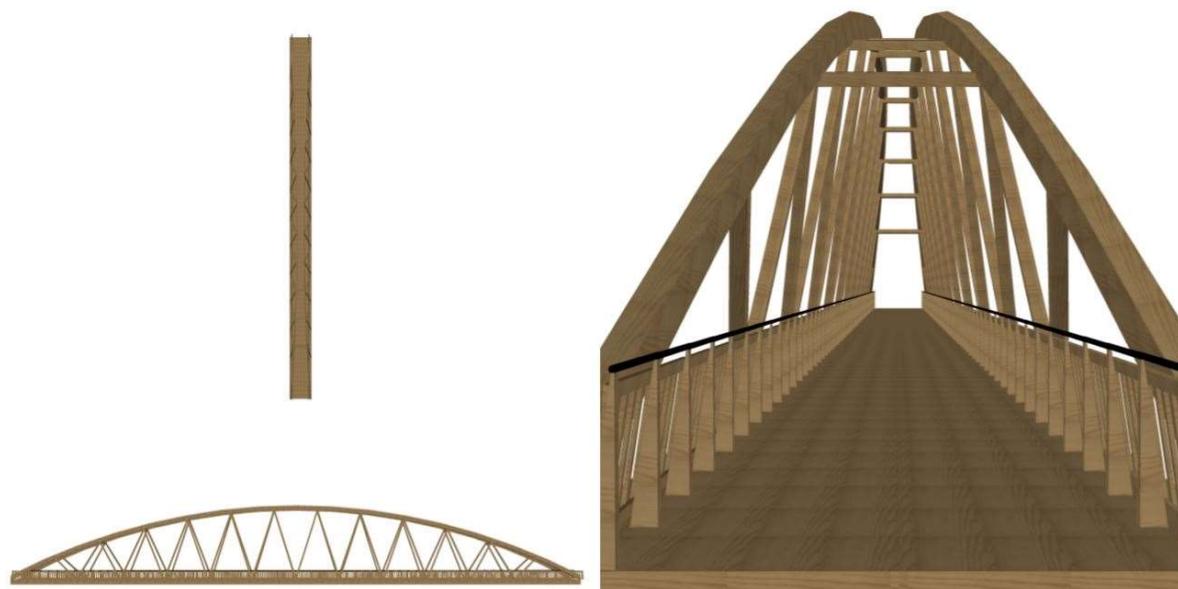


Figura 6. Vistas 3D del tramo central de la pasarela formado por un arco atirantado tipo "Bowstring". Fuente: Propia/AutoCAD 3D.

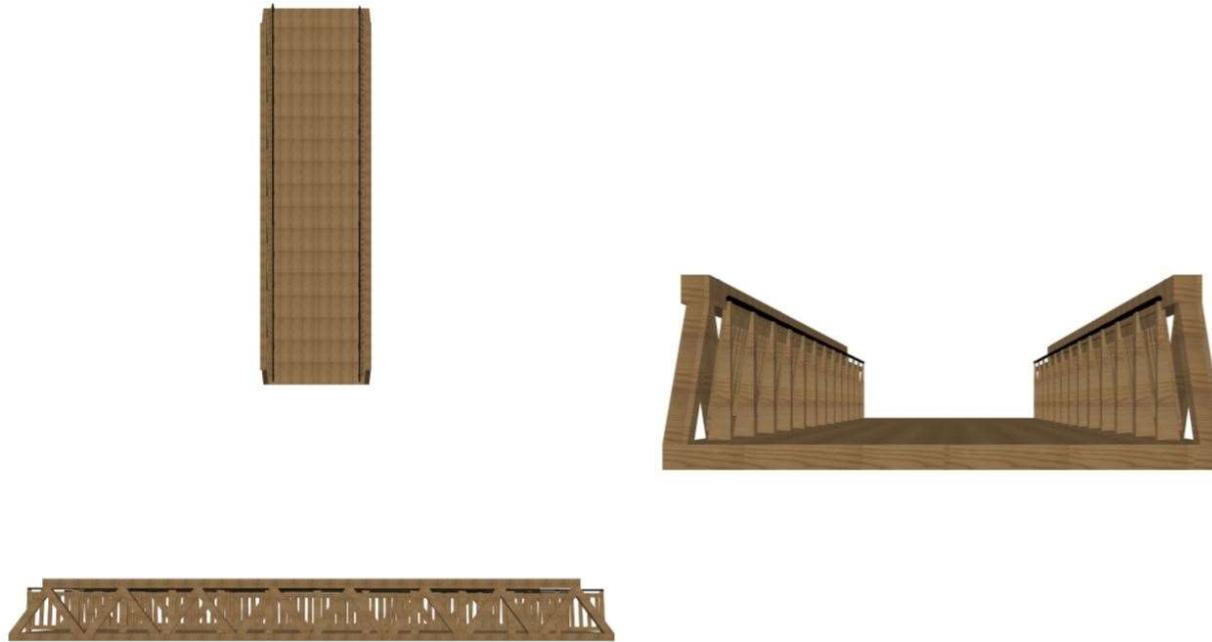


Figura 7. Vistas 3D del tramo inicial y final formado por una celosía tipo Warren. Fuente: Propia/AutoCAD 3D.

7.2. Subestructura

Para la subestructura de la pasarela se empleará como material estructural hormigón armado debido a que estará en contacto directo con el agua y el terreno. Como se ha comentado anteriormente, para la cimentación de la pasarela se aplicarán micropilotes de 30 centímetros de diámetros hormigonados “in situ” con entubación provisional y armados a través de un perfil tubular de acero, sobre ellos se situarán las pilas de la pasarela. En este caso, la superestructura de la pasarela se apoya sobre tres pilas situadas en el lecho del río, sin embargo, una de

ella se situará en la margen izquierda del río junto al muro de contención actual. A su vez, las rampas de acceso se componen de dos terraplenes que finalizan en dos muros de contención que permiten absorber los empujes producidos las tierras de los terraplenes y sirven de apoyos de los tramos externos de la celosía.

Para el cálculo de la superestructura, se ha decidido dimensionar y comprobar la pila que recibo mayores solicitaciones y tiene una mayor longitud, de igual forma se realiza el cálculo del muro de contención de tierras. Todo ello, así como las dimensiones de cada uno de los elementos viene recogido y descrito con un mayor detalle en el **Anejo nº 7. Calculo estructural** y el **Documento nº 2. Planos** del presente proyecto básico.

7.3. Uniones y apoyos de la superestructura

Las uniones de las estructuras formadas por piezas de madera son un aspecto muy importante de comprobar y dimensionar, ya que representan posibles puntos débiles. Por tanto, se ha decidido realizar el cálculo y dimensionamiento de las siguientes uniones de la superestructura de la pasarela:

- Unión entre vigas del cordón inferior del Bowstring
- Unión entre arcos del Bowstring
- Unión entre arco y viga inferior del Bowstring
- Unión de los rigidizadores con el arco del Bowstring
- Unión de péndolas con la viga inferior del Bowstring (Válido para la unión de las diagonales de la celosía)

Todas las uniones antes mencionadas han sido resueltas a través de una unión mecánica, donde se utilizan pasadores y chapas de acero galvanizado adosadas lateralmente a cada uno de los elementos, que permiten la transmisión de esfuerzos.

De la misma manera que la superestructura y subestructura, los cálculos y comprobaciones de las uniones, así como la cantidad de pasadores a utilizar en cada uno de ellas viene recogido de forma detallada en el **Anejo nº 7. Calculo estructural**.

Por otra parte, para generar los apoyos de la superestructura sobre las pilas de la pasarela y muros de estribos se ha optado por emplear apoyos elastoméricos (Neoprenos), específicamente apoyos elastoméricos sin armar o de tipo F y apoyos elastoméricos armados o de tipo B (Poseen más de dos capas de refuerzo de acero) según la norma europea EN 1337-3.

Todo el detalle sobre las dimensiones y una mayor descripción de estos apoyos viene recogido de forma detallada en el Anejo nº 7. **Calculo estructural.**

8. Estudio de la socavación en pilas

Para realizar correctamente la determinación de la profundidad de socavación en las pilas de la pasarela se ha calculado la erosión general del cauce en la zona de emplazamiento de la pasarela, la socavación localizada en las pilas y la socavación por contracción de la sección transversal del cauce en la zona de emplazamiento de la pasarela.

A continuación, se muestra una tabla resumiendo los resultados obtenidos en el **Anejo Nº 4. Hidrología e inundabilidad.**

Erosión general del cauce (Ye)	Socavación localizada en las pilas (ds)	Socavación por contracción lecho móvil (ds)
0,153 m	3,21 m	0,072 m

Figura 7. Resultados de los factores que se tienen en cuenta en el cálculo de la socavación en las pilas de la pasarela. Fuente: Propia.

Por lo que la máxima socavación esperable en el cauce es igual la suma de la erosión general, socavación local y socavación por contracción en el cauce:

$$Y_s = 0,153 + 3,21 + 0,072 = 3,44 \text{ m}$$

Este valor se ha tenido en cuenta en el diseño de las cimentaciones (Micropilotes) desarrollado en el **Anejo Nº 7. Calculo estructural.**

9. Equipamientos

Una vez definida completamente la estructura resistente de la pasarela, se tienen que definir aquellos elementos que formando parte de la superestructura de la pasarela no cumplen una función resistente, sin embargo, su empleo es necesario para el correcto funcionamiento de la misma brindando seguridad, comodidad y belleza, éstos son los elementos de drenaje, protección, iluminación y pavimento. En el **Anejo Nº 8. Equipamientos** se describen y definen de forma detallada todos estos elementos.

10. Procedimiento de construcción

El procedimiento de construcción de la pasarela se ha dividido en cuatro fases de trabajo, que a su vez se desglosan en distintas actividades que se describen de forma muy detallada en **Anejo Nº 9. Procedimiento de construcción**, estas fases de trabajo son las siguientes:

- Primera fase: Trabajos previos
- Segunda fase: Ejecución de la subestructura
- Tercera fase: Ejecución de la superestructura
- Cuarta fase: Equipamientos

Por tanto, se utilizará un procedimiento de construcción donde todos los elementos de madera correspondientes a la superestructura serán fabricados en taller y transportados a la obra con su correspondiente protección para su posterior montaje, donde se utilizará el cauce del río Serpis debido a la falta de espacios en los alrededores de la zona de emplazamiento, por lo que el trabajo de montaje de la pasarela tiene que ser muy rápido y eficaz. Por su parte, todos los elementos de la subestructura serán ejecutados “in situ” debido al gran peso de estos elementos por sus grandes dimensiones y el empleo de hormigón como material.

11. Plazo de ejecución

Una vez descritas y desglosadas todas las fases del procedimiento constructivo se ha realizado un programa de trabajo donde el plazo total de ejecución es de un total de 7 semanas y media, sin embargo, se tomará como plazo de ejecución total 8 semanas debido a posibles retrasos de algunas actividades.

En el **Anejo Nº 9. Procedimiento de construcción** se adjunta un diagrama de Gantt que permite observar la duración de cada actividad teniendo en cuenta distintos supuestos de partida (Días laborables, días de descanso, etc.)

12. Valoración económica

En el **Anejo Nº 10. Valoración económica** se han definidos cada una de unidades de obras que forman parte de los capítulos del presupuesto y se ha realizado una medición de cada una de ellas, basándose el precio unitario de proyectos consultados similares al presente.

Por tanto, se tienen los siguientes presupuestos:

Presupuesto de Ejecución Material (PEM) = 496.591,88 €

Presupuesto de Contrata (PC) = 590.944,33 €

Presupuesto Total (PT) = 715.042,64 €

13. Vistas del usuario

En las figuras 8 y 9 se muestran las vistas que tiene el usuario cuando se encuentra dentro de la pasarela y fuera de ella.



Figura 8. Vistas del usuario sobre la pasarela, una vez se encuentra transitando dentro de ella. Fuente: Propia.

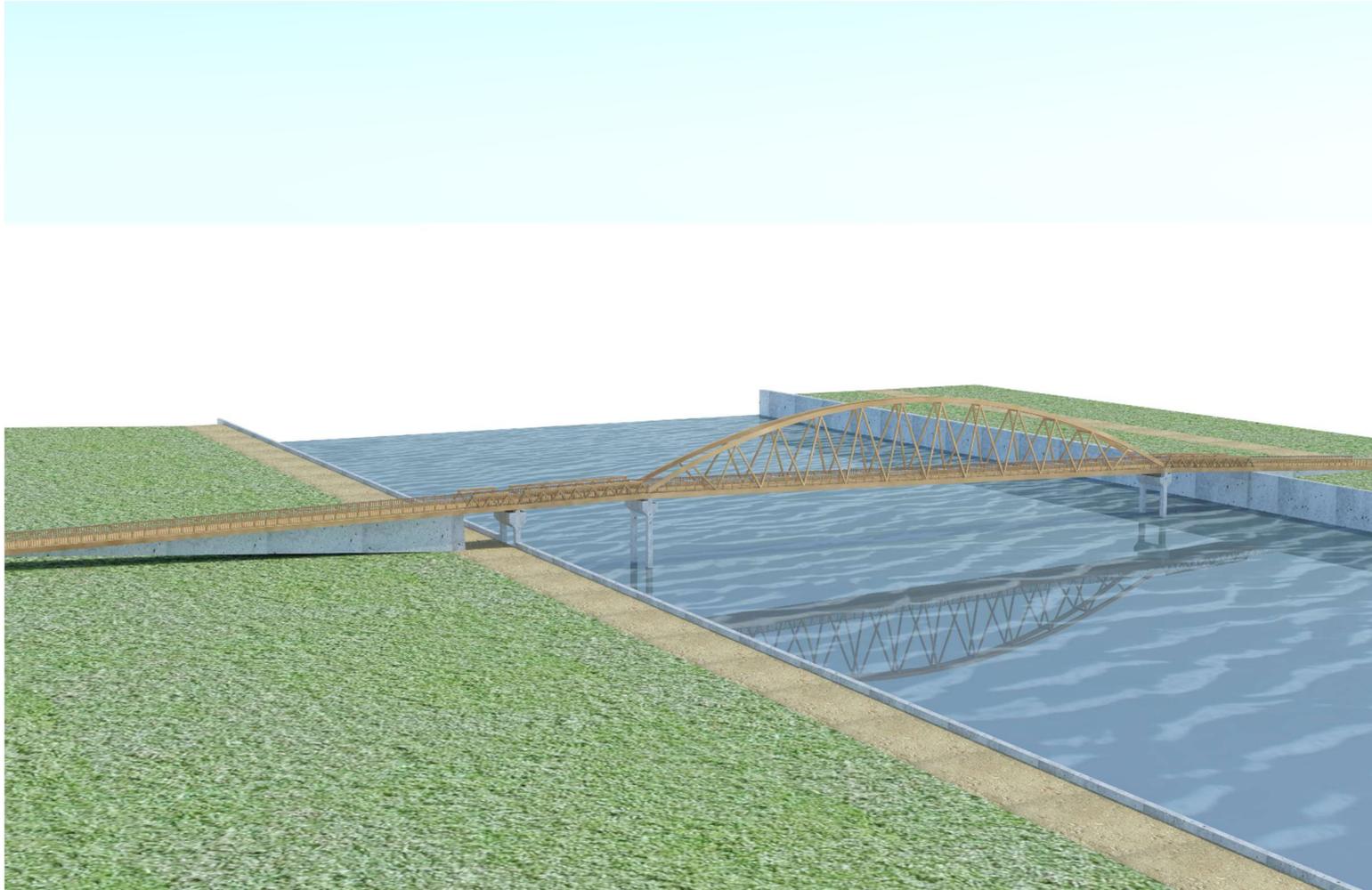


Figura 9. Vistas del usuario sobre la pasarela, una vez se encuentra transitando por los caminos peatonal, cerca de la zona de actuación. Fuente: Propia.

14. Conclusiones

En el presente documento y en todos los documentos que se incluyen en el Proyecto básico, se ha realizado una definición de las principales características de propuesta para una pasarela peatonal y ciclista sobre el río Serpis en la ciudad de Gandía que sirve como reposición de la actual pasarela peatonal sobre el río Serpis que discurre por el antiguo corredor ferroviario Carcaixent – Gandía, por lo que se puede generar un documento válido que valga de base para un futuro proyecto de ejecución.

15. Documentos del Proyecto

- ❖ DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA
- ❖ DOCUMENTO Nº 2. ANEJOS
 - ANEJO Nº 1. INFORMACIÓN PREVIA
 - ANEJO Nº 2. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA
 - ANEJO Nº 3. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
 - ANEJO Nº 4. HIDROLOGÍA E INUNDABILIDAD
 - ANEJO Nº 5. GEOMETRÍA DE LA PASARELA. ESTUDIO DE SOLUCIONES
 - ANEJO Nº 6. ESTRUCTURA DE LA PASARELA. ESTUDIO DE SOLUCIONES
 - ANEJO Nº 7. CÁLCULO ESTRUCTURAL
 - ANEJO Nº 8. EQUIPAMIENTOS
 - ANEJO Nº 9. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN
 - ANEJO Nº 10. VALORACIÓN ECONÓMICA



❖ DOCUMENTO Nº 3. PLANOS

- PLANO Nº 1. SITUACIÓN
- PLANO Nº 2. EMPLAZAMIENTO
- PLANO Nº 3. PLANTA
- PLANO Nº 4. ALZADO
- PLANO Nº 5. SUBESTRUCTURA (I). PILAS Y CIMENTACIÓN
- PLANO Nº 6. SUBESTRUCTURA (I). ESTRIBO
- PLANO Nº 7. UNIONES (I)
- PLANO Nº 8. UNIONES (II)
- PLANO Nº 9. APOYOS SUPERESTRUCTURA
- PLANO Nº 10. EQUIPAMIENTOS