ANEJO N.º 05
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

URAREN EUSKAL AGENTZIA | AGENCIA VASCA DEL AGUA
ines ingenieros consultores

Edición: 05 **Fecha: octubre 2023** **Preparado por: GMB/PAG** **Revisado por: GMB**

Índice

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO 3
2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA 3
3 CONDICIONANTES EXISTENTES 5
3.1. CAPACIDAD HIDRÁULICA 5
3.2. TRAMA URBANA 6
3.3. APOYO Y CIMENTACIÓN 7
3.4. SERVICIOS AFECTADOS 8
3.5. INTEGRACIÓN EN EL PAISAJE Y SOSTENIBILIDAD 9
3.6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y AFECCIONES DURANTE LAS OBRAS 11
3.7. MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN 13
4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS 13
4.1. PLANTA 14
4.2. SECCIÓN TRANSVERSAL 15
4.3. ALZADO 17
5 DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS 19
5.1. CELOSÍA DE CANTO VARIABLE 19
5.2. DIAGRID (O MALLA ESTRUCTURAL) 22
6 ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS Y CONSIDERACIONES FINALES 24
7 SOLUCIÓN ELEGIDA 25
APÉNDICE 1. PLANOS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente anejo recoge el estudio de alternativas para el nuevo puente. Este estudio de alternativas es previo al comienzo del presente Proyecto de Construcción para la sustitución del puente Gabolats. Más concretamente, este estudio fue presentado el 22 de diciembre de 2022.

Siguiendo el proceso natural para la elección de la solución idónea a proyectar, el estudio se dividió en cuatro partes. Primero, se realizó una descripción de la problemática existente a resolver. Tras esto, se analizaron los condicionantes principales existentes a la hora de plantear posibles soluciones. Una vez estos fueron analizados, se realizó un planteamiento de todas las alternativas posibles que cumplían los condicionantes. A partir de todas las alternativas encontradas, se propusieron 2 o 3 soluciones finales.

Por último, al final del estudio se recogió un análisis de las soluciones propuestas con el objetivo de identificar las ventajas y desventajas de cada una de ellas y servir de ayuda para elegir la solución idónea. La elección se llevó a cabo conjuntamente con URA y el Ayuntamiento de Soraluze y es presentada en el capítulo final del presente anejo.

2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Soraluze es un municipio de la provincia de Gipuzkoa ubicado en un valle angosto por el que discurre el curso medio del río Deba. El núcleo urbano se desarrolla con fuertes pendientes alrededor del cauce del río, que se encuentra encauzado por muros de ribera o por las propias fachadas de las edificaciones. Durante episodios de avenidas, se producen inundaciones que afectan a los bajos de las edificaciones y a zonas urbanas aledañas.

Al encontrarse el pueblo dividido por el río, existen hasta seis puentes y pasarelas que conectan ambas márgenes en la zona de estudio, así como tres azudes en el río, desde aguas arriba a aguas abajo: Azud 1 y Puente de Olako Zubia Kalea, Pasarela peatonal, Puente de Santa Ana, Azud 2 de Igareta, Puente de Gabolats, Azud 3, Pasarela Baltegieta Kalea, Azud 4 y Puente del polígono industrial Mendiola.

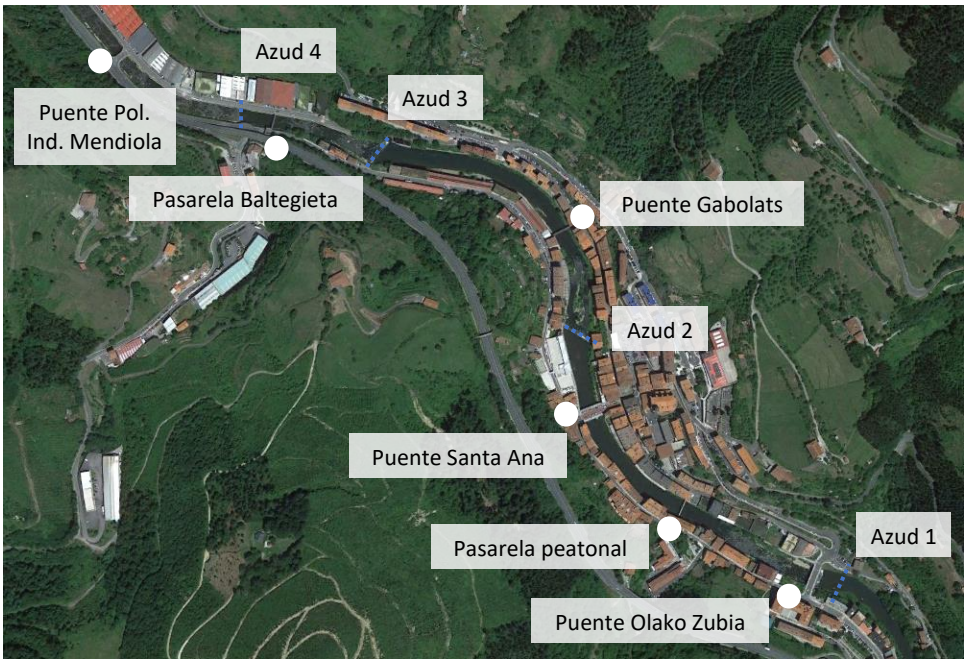


Figura n.º 1: *Vista aérea de Soraluze con sus puentes, pasarelas y azudes sobre el río Deba*

Tal y como se concluye en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación para la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental (en adelante, PGRI 2º Ciclo), en la ficha correspondiente al ARPSI de Soraluze, la principal causa de los desbordamientos está relacionada con la superación de la capacidad del cauce frente al caudal de avenida, como consecuencia de las sobreelevaciones de la lámina de inundación producidas por los puentes y azudes existentes.

Los primeros desbordamientos se producen para periodos de retorno inferiores a 10 años en varios puntos de la traza del río. Como principal causa de inundación está la proximidad de las edificaciones que colonizan el cauce del río, las obstrucciones generadas por el puente Gabolats y por el puente Santa Ana, y la existencia de los azudes, dos de los cuales, los situados aguas arriba del puente de Gabolats, se encuentran colmatados.

En base a la problemática anterior, se decidió sustituir el puente Gabolats en Soraluze por uno nuevo, cuyo proyecto es objeto del presente contrato, con el fin de mejorar el comportamiento hidráulico y la capacidad de desagüe del río en el entorno, mediante la reducción de canto de la estructura y la eliminación de las pilas en las que apoya el tablero.



Figura n.º 2: *Alzado desde aguas abajo del puente Gabolats*

Además de la sustitución del puente Gabolats, la Diputación Foral de Gipuzkoa ha redactado por su parte un proyecto para la demolición de los azudes situados aguas arriba del puente. Esto ayudará a reducir aún más el riesgo de inundaciones en Soraluze.

3 CONDICIONANTES EXISTENTES

Una vez conocida la problemática a resolver, se estudiaron cada uno de los condicionantes que afectan a la hora de proponer las posibles soluciones. De cara a la elección del nuevo puente, los condicionantes principales fueron:

1. Capacidad hidráulica
2. Trama urbana
3. Apoyo y cimentación
4. Servicios afectados
5. Integración en el paisaje y sostenibilidad
6. Procedimiento constructivo y afecciones durante las obras
7. Mantenimiento y explotación
8. Presupuesto y plazo

3.1. CAPACIDAD HIDRÁULICA

El primer y principal condicionante, por ser el que motiva la necesidad de sustituir el puente actual, es el de la capacidad hidráulica. El nuevo puente debe aumentar lo máximo posible la capacidad del puente actual.

Como ya se ha mencionado en la descripción de la problemática, el Puente Gabolats actual no tiene capacidad hidráulica suficiente para hacer frente a las crecidas del río Deba incluso para periodos de retorno de 10 años. Sus dos voluminosas pilas, con una anchura aproximada de 1.50 m, y su robusto tablero, el cual tiene un canto total de 1.25 m, suponen un obstáculo notable para el curso del agua.



Figura n.º 3: *Crecida del río Deba a su paso por el puente Gabolats en el año 2021*

Del modelo hidráulico realizado para la situación actual, resulta que la cota de lámina de agua para la avenida de 50 años es +98.33 (en m.s.n.m.). Puesto que la cara inferior del tablero del puente actual se encuentra a la cota +98.40 en su centro de vano, deja un margen de 7 cm.

Con el objetivo de obtener el mayor resguardo posible respecto a la lámina de agua en futuras avenidas, se buscaron soluciones que tuvieran vano único, retirando las pilas actuales del cauce, y con tablero de canto estricto bajo la rasante. Es decir, se propusieron soluciones de tablero sobre rasante como son las celosías o los arcos superiores. Estas tipologías permiten adoptar cantos muy reducidos bajo rasante, estando únicamente condicionados por la luz de la sección transversal del puente.

De manera preliminar, se realizó un modelo hidráulico para la situación futura, retirando las pilas del puente actual. Este modelo arrojó resultados favorables de cara a la capacidad hidráulica del nuevo puente. La cota de lámina de agua para la avenida de 50 años fue de +98.10. En este caso, se optó por situar la cara inferior del nuevo tablero a la cota +98.95, por lo que se dejaría un resguardo de 85 cm respecto a la avenida de 50 años.

Además, se realiza una segunda iteración que incluye las acciones de demolición de azudes, retirada de pilas y rebaje de tablero. La suma de estas acciones redujo la cota de lámina de agua hasta +97.19 lo que supuso una ganancia de 1.76 m en el resguardo del puente respecto a la avenida de 50 años.

3.2. TRAMA URBANA

Otro condicionante muy importante cuando se plantearon las distintas soluciones fue el de la trama urbana, pues estas deben respetar la ordenación actual de las calles, lo cual condicionó directamente la configuración de carriles sobre el puente.

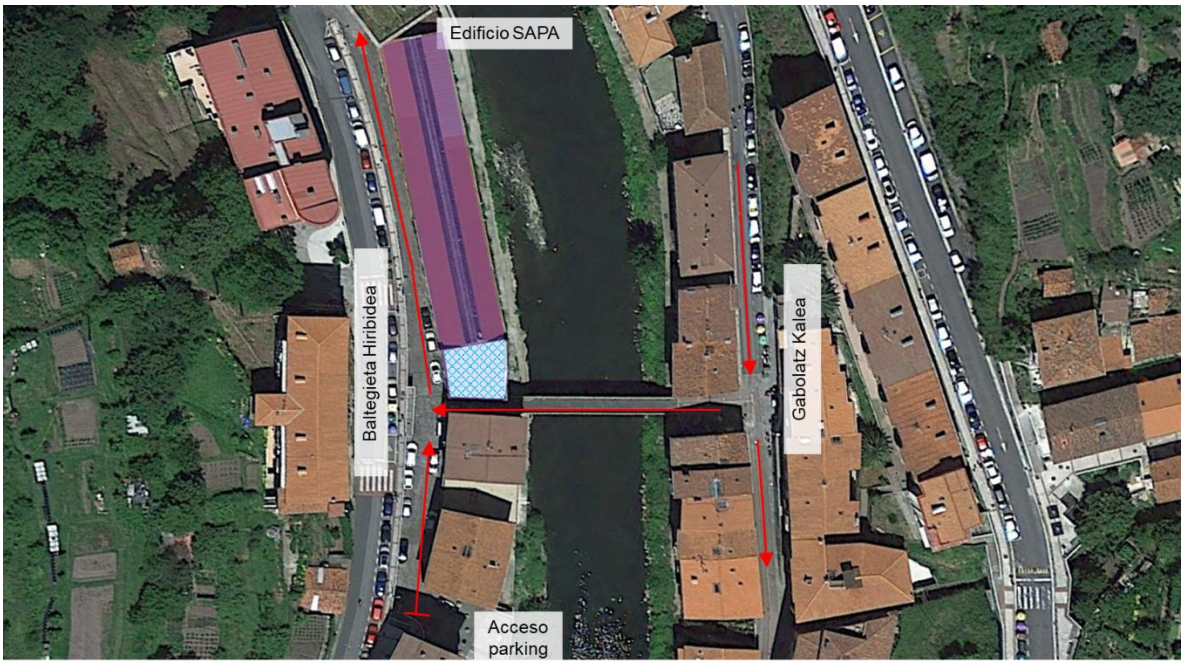


Figura n.º 4: Distribución de calles y sentidos de circulación en el entorno del puente Gabolats

El municipio está organizado con calles de un único sentido de circulación, de modo que, en la zona del puente en estudio, la circulación se realiza de norte a sur en la margen derecha (calle Gabolats) y de sur a norte en la margen izquierda (calle Baltegieta). El puente, por su parte, tiene un carril de sentido este a oeste.

En cuanto a la sección transversal del puente actual, dispone de un solo carril de 3.00 m de anchura, sin arcenes ni aceras, con barandillas de 0.20 m de ancho cada una, por lo que la anchura total de la huella del puente es de 3.40 m. De esta manera, el único carril del puente actual es compartido por vehículos y peatones, con los consiguientes problemas de seguridad y funcionalidad que esto acarrea.

Si bien se opta por que el nuevo puente mantenga el carril único para tráfico vehicular, se aumenta también el ancho de la sección del tablero para dar cabida a una acera peatonal. Esto condiciona, por tanto, la sección transversal del tablero.

La sección transversal del nuevo puente está compuesta, al menos, por un carril vehicular de 3.00 m y una acera peatonal de 2.00 m, y el resto de la sección está condicionada por la estructura elegida para el mismo.

Por otro lado, la trama urbana en el puente Gabolats viene condicionada por la existencia de un proyecto anterior y que afecta a uno de los edificios colindantes con el puente en el margen oeste: el edificio de SAPA. En 2022 se redactó el “Proyecto de ejecución para la transformación de la nave oriental de SAPA en un espacio público cubierto en el ámbito "A.U.25 cañones" de Soraluze Fase 01”. Si bien dicho proyecto no refleja más que la remodelación de todo el edificio, se llegó a un acuerdo para poder demoler la parte de la nave que es colindante con el puente Gabolats y así ganar espacio, manteniendo el uso peatonal y de acceso a la nave principal de SAPA que le daba el proyecto mencionado.

Las propuestas que se realizaron para el nuevo puente Gabolats están coordinadas con el proyecto de remodelación de SAPA. De hecho, esto condicionó la planta del puente, el cual dejará la acera peatonal en el lado norte para desembarcar justo en el acceso a la nave de SAPA y dar continuidad al paseo peatonal que refleja su proyecto.

Además, la ligera modificación que se realiza en el eje de la planta del puente supone la modificación de los encuentros en planta con los carriles de las calles Gabolats y Baltegieta. Esto solo afecta a la planta, en cuanto a la rasante se mantiene casi de manera exacta la actual para evitar elevarla en los extremos del puente, limitados por las cotas de las puertas de acceso a las casas.

3.3. APOYO Y CIMENTACIÓN

Una de las dificultades técnicas que tiene el nuevo puente es el de su apoyo en ambas márgenes del río y la ejecución de su cimentación.

El puente actual apoya sobre dos pilas cimentadas sobre el cauce y sobre los muros laterales del cauce a través de sendas vigas riostras en sus extremos.

El nuevo puente no puede apoyar sobre estos muros del cauce, puesto que las reacciones que se transmitirían a los mismos serán mayores que las actuales al no contar con las pilas actuales y porque se desconoce la capacidad de estos muros y su cimentación para hacer frente a las nuevas cargas.

Por tanto, se decidió que el nuevo puente apoyará por detrás de estos muros, aumentando así la luz del nuevo puente. La distancia entre los intradoses de los muros del cauce es de 33.50 m. Dejando un espacio libre para los muros de 1.00 - 1.25 m a cada lado desde el intradós y una entrega de 0.50 m para el apoyo del tablero, se obtiene que la luz del nuevo puente es de 37 m (38 m de longitud total entre juntas).



Figura n.º 5: *Distancia entre ejes de apoyos (en amarillo) para el nuevo puente tras los estivos actuales (rayados en rojo)*

En ambos apoyos del nuevo puente se buscó transmitir principalmente esfuerzos verticales, teniendo como únicos esfuerzos horizontales los debidos al frenado y al viento. De esta manera se evitó tener esfuerzos de cortante y flexión en cimentación, lo cual requiere de una actuación más traumática y de mayor ocupación.

En cuanto al tipo de cimentación a ejecutar, esta viene condicionada por los edificios colindantes y los muros del cauce. Por un lado, para evitar transmitir empujes a los edificios y a los muros del cauce, se optó por una cimentación profunda que traslade los esfuerzos al lecho rocoso. Y, por otro lado, el escaso espacio disponible tanto para la cimentación como para la maquinaria que debe ejecutarla, se buscaron soluciones de micropilotes o de pilotes de muy pequeño diámetro.

3.4. SERVICIOS AFECTADOS

Otro de los condicionantes habituales a la hora de realizar una obra sobre un espacio urbano es la presencia de servicios de distintas redes (abastecimiento, saneamiento, eléctrica, telefonía, etc.).

Antes de la redacción del estudio de alternativas, se realizó un inventario de los servicios existentes en la zona. Varios de estos servicios, como los de telefonía o gas, discurren por las calles Gabolats y Baltegieta, no viéndose afectados por la construcción del nuevo puente. Los servicios que se ven afectados son aquellos que se encuentran en los márgenes del río o los que atraviesan directamente de lado a lado del mismo por el puente.

Entre los servicios que atraviesan el río por el puente se encuentran una tubería de abastecimiento de fundición (ϕ125) de Gipuzkoako Urak y un cableado eléctrico de baja tensión de la compañía Iberdrola. Estos servicios se integran en el nuevo puente, dejando espacio para ellos bajo la losa del tablero y atravesando los perfiles transversales.

En cuanto a los servicios que se encuentran en los márgenes del cauce hay varias tuberías de pluviales y saneamiento de Gipuzkoako Urak. Varias de ellas se ven afectadas por la ejecución de la nueva

cimentación, por lo que en el proyecto se da solución a un nuevo trazado para las mismas compatible con la cimentación.



Figura n.º 6: *Servicios existentes en el entorno del puente Gabolats. Leyenda: Red de abastecimiento (azul), Red eléctrica (rojo), Red de pluviales (verde) y saneamiento (magenta).*

3.5. INTEGRACIÓN EN EL PAISAJE Y SOSTENIBILIDAD

Otro condicionante importante en el diseño fue plantear soluciones que se integren en el paisaje y tengan un diseño cuidado. Soraluze es un pueblo con orígenes en la edad media, fundado en el s. XIV. Durante siglos, ha sido uno de los epicentros de la industria armamentística de la península (de ahí el apellido que lleva el nombre del municipio "Soraluze – Placencia de las Armas") y, ya durante el último siglo, teniendo una importante industria de la tornillería.

Por otra parte, el pueblo está encajado en el valle del río, entre montañas de frondosas vegetaciones verdes que conforman el fondo del paisaje de Soraluze.

A la hora de plantear las distintas alternativas, se procuró que el nuevo puente se integrara dentro de este carácter industrial que aún posee Soraluze y del verde valle en el que se encaja, siendo un nuevo elemento importante del paisaje, pero con la sencillez suficiente para no cambiarlo.

Además, como ya se ha mencionado en el condicionante de la trama urbana, el puente debe de integrarse con la futura remodelación de la nave de SAPA. En dicho proyecto, se modifica la fachada de la nave, dejándose libres los niveles inferiores de la misma y dando visibilidad total al río. El resto del edificio mantendrá su carácter industrial, dejando vista la estructura metálica del mismo. Las propuestas para el nuevo puente no roban protagonismo a esta actuación ni causarán un conflicto de estilos.

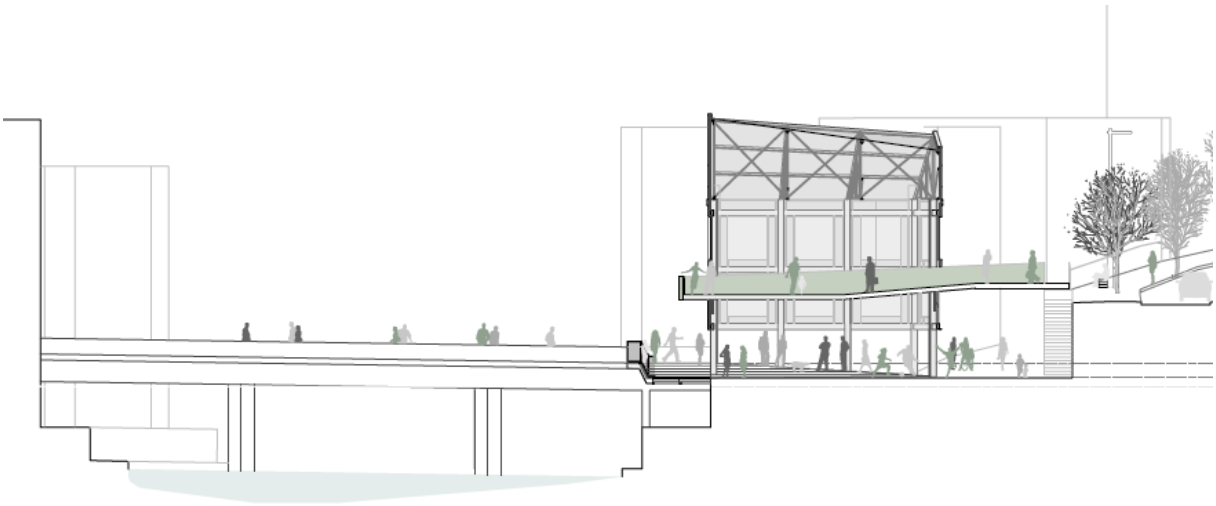


Figura n.º 7: *Sección transversal por el cauce del proyecto de remodelación del edificio de SAPA junto al actual puente Gabolats*

Puesto que las soluciones propuestas fueron de estructura sobre rasante, se trató de que el canto total de las mismas fuera lo más estricto posible o que, en caso de no serlo, la estructura fuera lo más transparente posible.



Figura n.º 8: *Entorno paisajístico del puente Gabolats visto desde aguas abajo*

Además, se tuvo presente el concepto de sostenibilidad, buscando soluciones con materiales y procesos constructivos con baja huella de carbono, soluciones funcionales que no se quedaran obsoletas en el tiempo y soluciones que tuvieran unos costes comedidos no solo en la construcción si no en su posterior fase de mantenimiento.

3.6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y AFECCIONES DURANTE LAS OBRAS

Otro de los condicionantes principales a la hora de plantear soluciones, y más en un lugar tan angosto y de tan difícil acceso como este, fue el procedimiento constructivo.

Dado que el acceso al puente se realiza siempre por calles de un solo carril y el espacio junto al puente es muy limitado en ambos márgenes, se trató de reducir al máximo el paso de maquinaria y la necesidad de instalar campamentos de obra.

Además, el puente es la conexión principal para acceder al aparcamiento situado en la calle Baltegieta desde el margen este del municipio. Con lo cual, durante el tiempo que duren las obras el acceso se encontrará cerrado, debiéndose disponer un itinerario alternativo que conllevará algunas molestias a sus usuarios.



Figura n.º 9: *Circulación alternativa durante la realización de las obras*

Es por todo ello que se buscaron soluciones de rápido montaje como son las que se prefabrican en taller y transportan ya montadas a obra. De esta manera, se priorizaron soluciones metálicas que permiten el montaje en tres tramos o más traídos de taller (en función de los gálibos que permitan las calles de acceso) y conectados entre sí en obra.

Para este montaje se aprovecha la cimentación de las pilas del puente actual, sobre las que se pueden apoyar unas torres provisionales que sirvan para el montaje de los distintos tramos del tablero que irán apoyando sobre ellas.

Por otra parte, casi tan importante como el montaje de la nueva estructura, es la demolición del puente actual. Esta demolición, para tratar de reducir en la medida de lo posible la afección a los vecinos de Soraluze, se realizará parcialmente en obra mediante el corte por piezas del tablero y las pilas con el tamaño suficiente para su posterior transporte y picado definitivo en vertedero. Este corte por piezas puede realizarse con medios de rotopercusión o con hilo diamantado, el cual, a pesar de suponer un coste superior, genera menos ruidos y polvo que el primero.

Tanto para la movilización y posterior transporte de las piezas cortadas en la demolición, como para el montaje del nuevo puente, existen dos alternativas de medios y accesos: por un lado, la posibilidad de acceder con la maquinaria por el cauce y, por otro, el montaje de una grúa torre en el espacio disponible por la demolición de parte de la nave de SAPA.

En la primera alternativa, el acceso se podría realizar desde aguas abajo en la margen izquierda del río, a unos 300 m del puente, coincidiendo con uno de los azudes. Esta alternativa tiene una mayor afección sobre el cauce y condiciona la ejecución del puente a los meses de estiaje. Requiere la ejecución de una plataforma de material granular hasta el puente y de plataformas según el tramo del puente bajo el que se trabaje. Esta alternativa presenta la ventaja de la simpleza de su ejecución y la reducción de riesgos durante las obras.

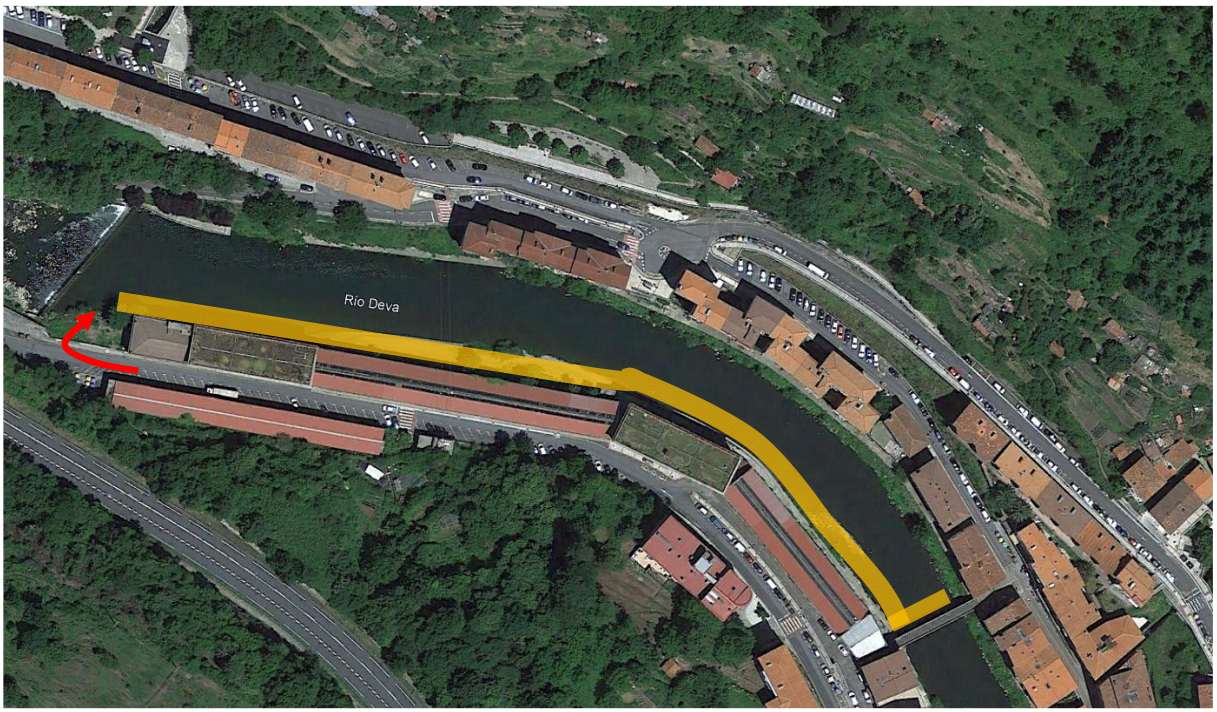


Figura n.º 10: *Alternativa constructiva 1: Acceso por el cauce y ejecución de ataguía hasta el puente*

En la segunda alternativa, para el movimiento de las distintas piezas cortadas y de los tramos a montar del nuevo puente, se podría disponer una grúa torre en la zona de la nave de SAPA que será demolida. Para ello, las obras del puente y del edificio de SAPA deben estar coordinadas. Esta alternativa tiene la ventaja de reducir la afección sobre el cauce, pero tiene la desventaja de la complejidad que presenta el acceso de maquinaria hasta la zona de la grúa por las estrechas calles del municipio.

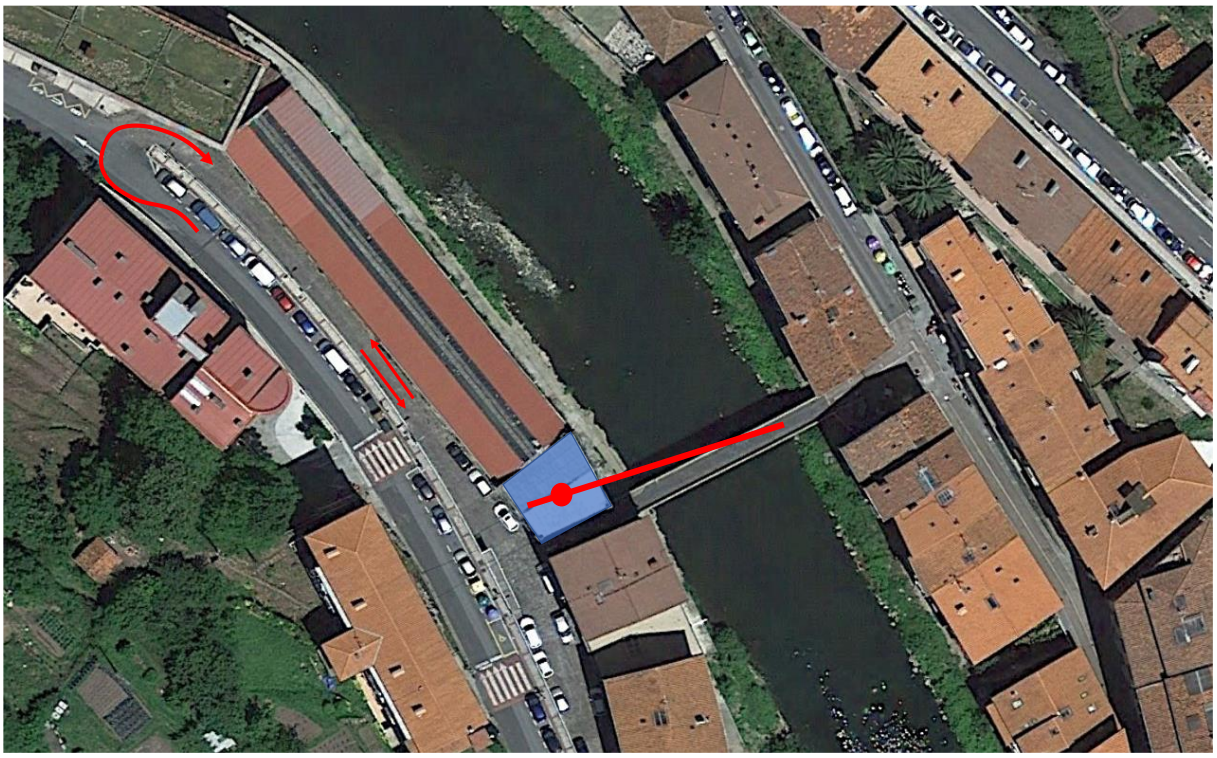


Figura n.º 11: *Alternativa constructiva 2: Montaje de grúa sobre la parcela de la nave de SAPA y acceso por calle Baltegieta*

Por la complejidad de la segunda alternativa, se optó por llevar a cabo la primera alternativa, proporcionado así acceso a través de plataformas en el cauce.

3.7. MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN

Si bien en un proyecto se cuidan aquellos aspectos referentes a la obra y a la ejecución de la solución, en el caso del puente Gabolats también se deben tener muy presentes las posteriores fases de mantenimiento y conservación de la estructura, las cuales pueden llegar a ser muy costosas para la entidad que se quede a cargo de su gestión.

Es por ello, que en las soluciones propuestas se persiguió el objetivo de mantenimiento “cero” para el nuevo puente, de manera que se requiere el menor número de actuaciones durante su vida útil.

Un aspecto del mantenimiento a cuidar en particular en este caso, puesto que se propusieron estructuras metálicas y se encuentran sobre un río y en una zona lluviosa, es la protección frente a la corrosión. Se tienen en cuenta todos estos aspectos a la hora de proponer la pintura de protección, la cual cumple con una durabilidad muy alta (>30 años) y así evitar una costosa actuación a los pocos años. También se podrían utilizar soluciones con acero autopatinable (corten) pero en casos como este, donde la humedad es permanente, no resulta tan efectivo.

4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Tras el estudio de los condicionantes principales realizado anteriormente, se plantearon las distintas alternativas que cumplen los requisitos marcados. En el caso del puente, se dividió en tres las características del mismo a determinar: su planta, su sección transversal y su alzado.

Para cada una de estas partes se realizó un planteamiento de alternativas de manera aislada, aunque coordinadas entre ellas. Para ello, se inició el planteamiento por la planta, siguiendo por la sección y terminando finalmente por estudiar el alzado.

4.1. PLANTA

En el caso de la planta del puente, esta viene condicionada por la trama urbana y las calles de entrada al mismo. La estrechez de estas no permite grandes variaciones respecto a la planta del puente actual. De hecho, la anchura actual del acceso por la calle Baltegieta es de 3.00 m, lo cual no permitiría soluciones de mayor ancho que la actual. Sin embargo, gracias al acuerdo alcanzado para demoler parte de la estructura del edificio de SAPA en las futuras obras de remodelación, se permite aumentar el ancho para el nuevo puente respecto al actual, dotándole de una acera peatonal y una calzada separadas.

Puesto que se pasa a ocupar parte del ancho que deja el edificio a demoler, la nueva planta rota ligeramente su orientación respecto a la del puente actual. Como consecuencia de esto, el trazado de la calzada en los accesos debe variar, también ligeramente, para facilitar el giro de los vehículos que vienen de la calle Gabolats.

Otro de los condicionantes para la planta es precisamente la futura remodelación del edificio de SAPA. La parte del edificio a demoler sirve de acceso peatonal al futuro espacio multiusos. Es por esto por lo que en ese lado se sitúa la acera del puente, dando así continuidad al itinerario peatonal.

Con todo lo anterior, se fija la planta del nuevo puente. En este caso, dada la escasa libertad que dejan los condicionantes para plantear alternativas distintas, se propuso una solución única como se observa en el siguiente croquis.

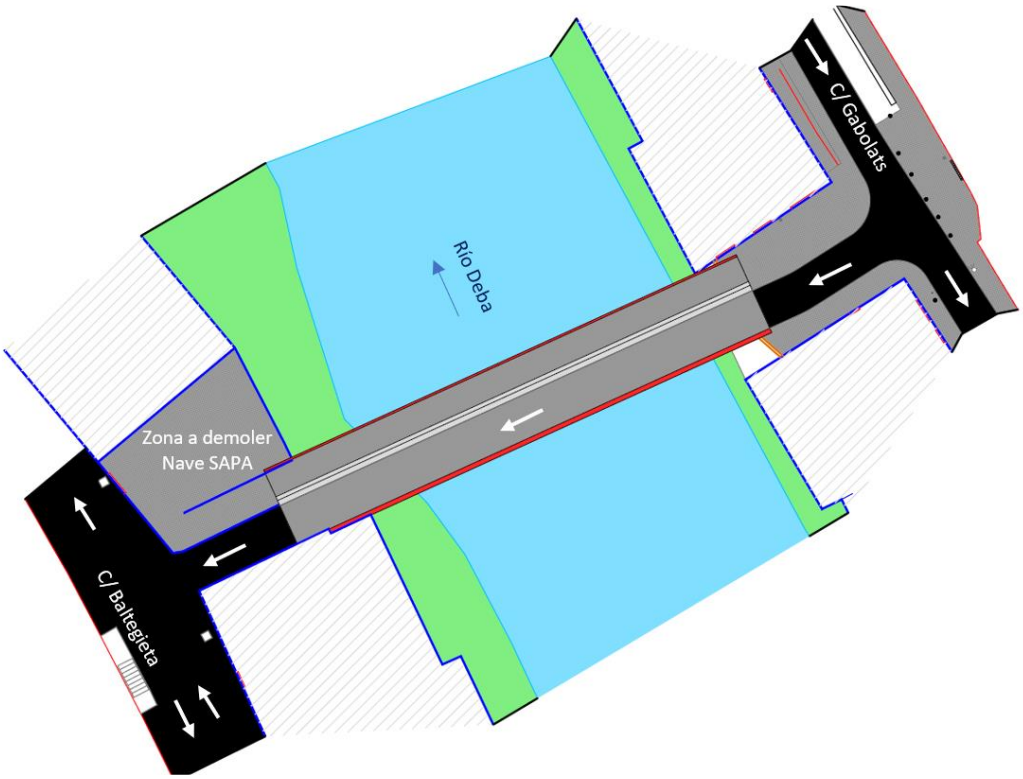


Figura n.º 12: *Vista en planta del nuevo puente Gabolats*

4.2. SECCIÓN TRANSVERSAL

Una vez fijada la planta, se analizaron las distintas secciones transversales que se pueden plantear. La sección transversal del puente viene condicionada principalmente por la necesidad de separar el tráfico vehicular y peatonal, los cuales actualmente comparten la calzada del puente.

Siguiendo la norma de accesibilidad del País Vasco por un lado y ampliando ligeramente el ancho libre disponible para los vehículos por otro, la sección transversal del nuevo puente deberá albergar, al menos, una acera peatonal de 2 m de ancho y una calzada de 3 m.

Por otro lado, la sección transversal viene condicionada por el propio sistema estructural a plantear, de tal manera que se tienen soluciones de una o de dos líneas de estructura sobre rasante (el requisito de que sea sobre rasante es indispensable para reducir lo máximo posible el canto bajo rasante que limita la capacidad hidráulica).

Junto a los dos condicionantes anteriores, no se debe olvidar el condicionante que ya limitaba a la planta del puente: el ancho disponible en los accesos. El ancho máximo viene fijado por la distancia entre los nuevos escalones de acceso al edificio de SAPA y la fachada del edificio contiguo, la cual es de 6.25 m.

A partir de lo anterior, se plantearon varias alternativas para la sección transversal, variando la distribución de acera y carril y el número de líneas de estructura. Las alternativas analizadas son las siguientes:

1. Sección transversal con dos líneas de estructura, dos aceras en los lados exteriores y un carril vehicular en su interior.
2. Sección transversal con dos líneas de estructura y una acera y un carril vehicular en su interior.
3. Sección transversal con una línea de estructura y una acera y un carril vehicular en uno de sus lados.
4. Sección transversal con una línea de estructura y una acera y un carril vehicular a cada lado.

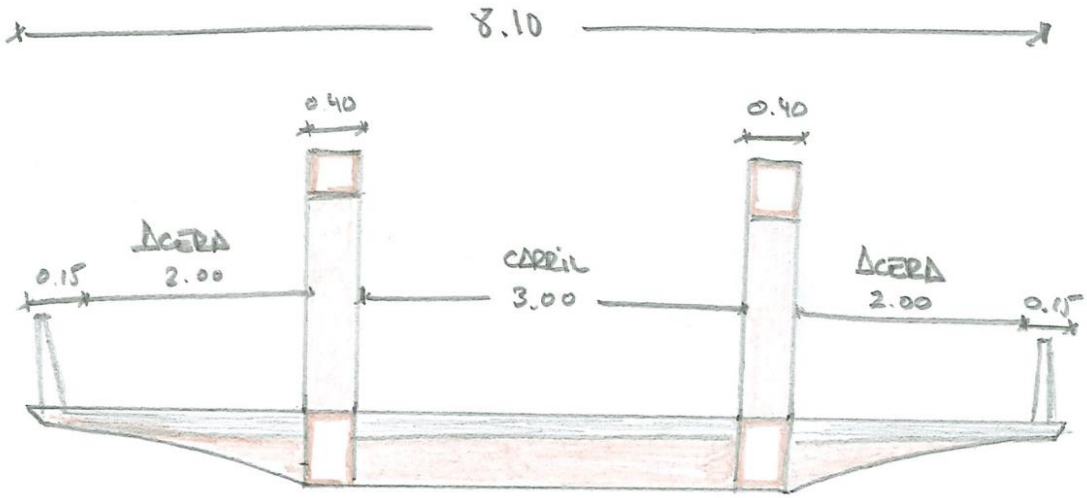


Figura n.º 13: *Alternativa 1: 2 líneas de estructura, dos aceras en lados exteriores y carril interior.*

La primera alternativa de sección transversal, a pesar de que aumenta enormemente la funcionalidad del mismo, incumple el condicionante de ancho máximo al irse hasta los 8,10 m de ancho requerido. Por ello, se descartó la primera de las alternativas para la sección transversal del puente.

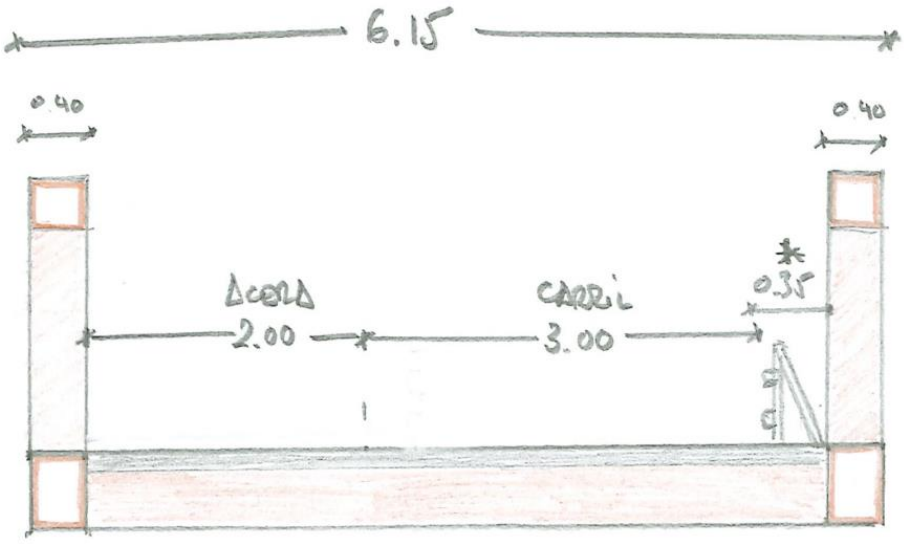


Figura n.º 14: *Alternativa 2: 2 líneas de estructura, una acera y un carril en el interior.*

La segunda de las alternativas, más contenida que la primera, cumple con el ancho permitido con 6.15 m. Si bien a priori aparenta ser una solución válida, esta presenta un importante problema si se lleva a la vista en planta. Y es que el hecho de llevar las líneas de estructura en los lados exteriores supone que estas quedan pegadas a las fachadas de los edificios de los accesos, siendo de gran perjuicio en el caso del acceso por la calle Gabolats, donde una puerta de entrada a un local quedaría oculta tras la estructura y, en el caso del acceso por la calle Baltegieta, una ventana quedaría tras la otra línea de estructura. Por ello, se descartó también esta alternativa para la sección transversal.

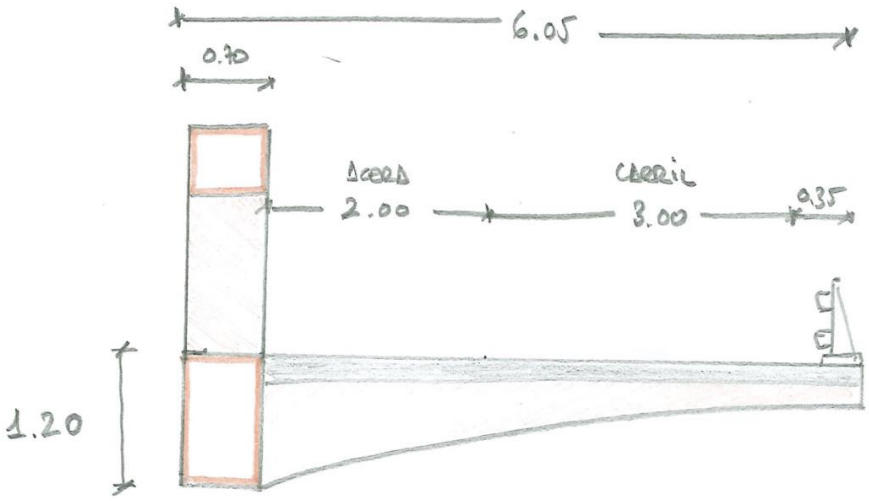


Figura n.º 15: *Alternativa 3: 1 línea de estructura con una acera y un carril a uno de sus lados.*

La tercera alternativa estudiada reduce el número de líneas de estructura, pero mantiene la problemática de la anterior en el caso de la puerta de entrada al local. Además, presenta un inconveniente mayor, la enorme luz del voladizo que soporta la acera y el carril conlleva a un aumento considerable del canto bajo tablero respecto a las alternativas de dos líneas de estructura, de manera que no se reduciría el canto del puente actual y, con ello, no se incrementaría la capacidad hidráulica. Por lo anterior, se descartó también la tercera de las alternativas.

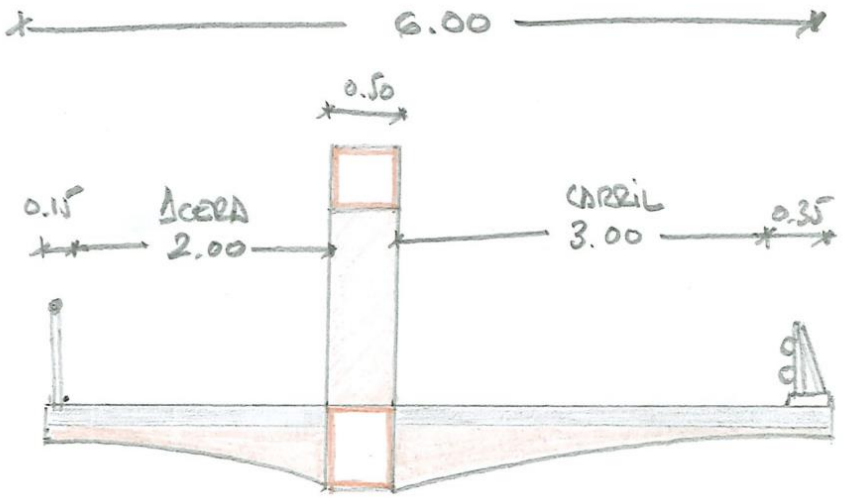


Figura n.º 16: *Alternativa 4: 1 línea de estructura con una acera a un lado y un carril al otro.*

Por último, se presentó una variante de la alternativa anterior que soluciona los dos problemas que esta presentaba. Por un lado, la línea de estructura se lleva al interior de la sección, no siendo esta un obstáculo para las puertas de entrada o para las ventanas de las fachadas. Por otro lado, se reduce la luz del voladizo y se equilibran los esfuerzos con los dos voladizos a cada lado. De esta manera, se puede tener un canto de 0,70 m bajo tablero, mejorando la situación actual. Además, la línea de estructura sirve de barrera física entre la acera y el carril, protegiendo al peatón. Puesto que cumple todos los condicionantes y no presenta inconvenientes significativos, esta alternativa se consideró como la correcta para el nuevo puente. Sobre ella, se pueden hacer ligeras variaciones de carácter más estético que funcional.

4.3. ALZADO

Por último, se analizaron las posibles alternativas a plantear para el alzado del puente. El alzado viene condicionado principalmente por la necesidad de aumentar la capacidad hidráulica del puente. Esto lleva por un lado a buscar soluciones de vano único, retirando las pilas del puente actual, y, por otro lado, a que estas soluciones sean de estructura sobre rasante para reducir al máximo el canto inferior.

Dentro de las tipologías de puentes de canto sobre rasante se encuentran las vigas peraltadas, las celosías, los arcos de tablero inferior, los puentes atirantados y los colgantes. De todos ellos, los dos últimos se descartaron directamente por estar fuera del rango de luces que se maneja para el nuevo puente Gabolats (en torno a 37 m condicionados por la separación entre cimentaciones) y, en el caso de los arcos de tablero inferior, también se descartaron puesto que el canto aproximado para una luz de 37 m no deja espacio suficiente entre arco y tablero para la instalación de las péndolas. De esta manera, quedaron como posibles soluciones las vigas peraltadas y las celosías.

Otro condicionante para el alzado, y el puente en general, es el montaje. La necesidad de que este sea rápido, y sin gran afección al cauce y a la población de Soraluze, lleva a plantear soluciones de tablero metálico, algo que se adapta bien a las dos tipologías posibles, sobre todo a la de las celosías.

El tercer condicionante de esta parte del puente es el de la integración con el paisaje, el cual requiere de una cuidada estética que a su vez sea simple. Las soluciones a proponer no deben suponer un obstáculo a la vista del entorno ni ser demasiado llamativas.

Una vez vistos los condicionantes se empezaron a plantear distintas alternativas de las tipologías admisibles. La primera fue la de la viga peraltada. Estas soluciones suelen ser elegantes y muy sencillas en el caso de luces comedidas (20 – 30 m) en las que el canto no alcanza más allá de 1.40 m sobre rasante. En este caso, la luz de 37 m lleva a cantos superiores, de aproximadamente 2.10 m sobre rasante, lo que supone un obstáculo a la vista de los usuarios a uno de los lados.

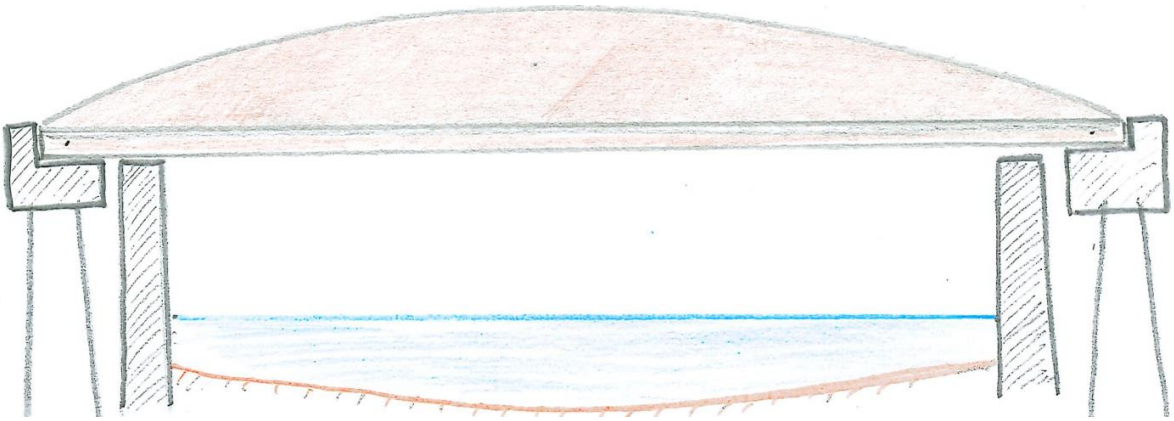


Figura n.º 17: *Alternativa de alzado con viga peraltada.*

La otra tipología posible es la de las celosías. Estas son realmente una evolución de las vigas, optimizando el uso del acero a partir de un uso inteligente de los cordones y diagonales para resistir las distintas solicitaciones y permitiendo así una vista más transparente.

Cabe decir que hay infinidad de ellas que se han utilizado a lo largo de los años en la construcción de puentes y todas son válidas (celosía tipo Brown, Fink, Howe, Pratt, etc.). Una de las más utilizadas en el último siglo es la celosía tipo Pratt, muy extendida en el mundo ferroviario, que orienta las diagonales para que se encuentren en tracción (al contrario que las tipo Howe) y evitar así problemas de pandeo.



Figura n.º 18: *Alternativa con celosía tipo Pratt.*

Hay que tener en cuenta que todas las celosías pueden plantearse tanto en canto constante como en canto variable.

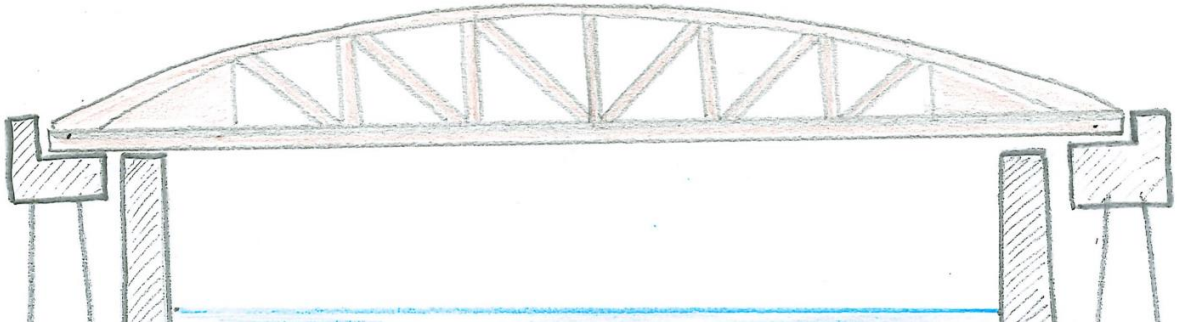


Figura n.º 19: *Alternativa con celosía tipo Pratt de canto variable.*

Sin embargo, hay un tipo de celosía que se ha extendido en la actualidad por su gran sencillez y reducción en el número de elementos: la celosía Warren. Esta carece de montantes y está compuesta únicamente de cordones y diagonales, dejando una vista aún más despejada que las anteriores.

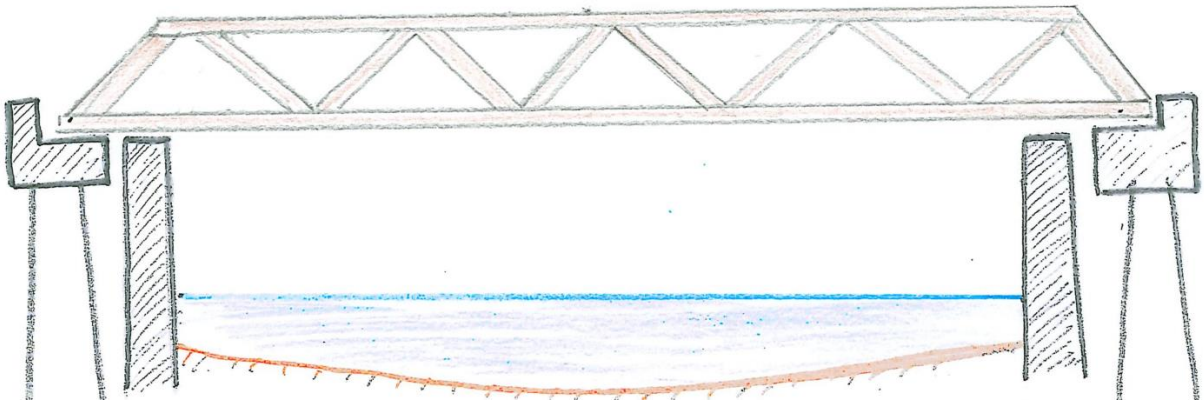


Figura n.º 20: *Alternativa con celosía tipo Warren.*

En el caso del alzado, por lo visto anteriormente, se descartó el uso de vigas peraltadas y se optó únicamente por proponer soluciones de tipo celosía con una estética cuidada y elegante.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

En base al planteamiento de alternativas anterior en el que quedaron fijadas la planta y sección del puente, quedando una mayor libertad a la hora de elegir alzado, se buscaron soluciones que se adaptaran a ello variando únicamente ya la estética y otras características accesorias. De esta manera, se propusieron las siguientes dos soluciones para el nuevo puente:

1. Celosía de canto variable
2. Diagrid (o malla estructural)

A continuación, se muestran y describen en detalle cada una de las soluciones propuestas.

5.1. CELOSÍA DE CANTO VARIABLE

La primera de las soluciones planteadas fue la de una celosía tipo Warren de canto variable en forma de arco.

Este puente tiene una luz de 37 m para permitir el apoyo tras los muros actuales de los márgenes del cauce y un canto total aproximado de 2.80 m alcanzando una relación canto luz muy estricta (f/L ≈ 1/13) para ser lo más liviano posible al paisaje.

En los extremos del puente se mantuvo un canto mínimo de la estructura sobre rasante de 0.60 m. Este aspecto se debe a la necesidad de recoger los esfuerzos de cortante y torsión en extremos y sirve, a su vez, para la separación física del tráfico vehicular y peatonal y la protección del peatón.

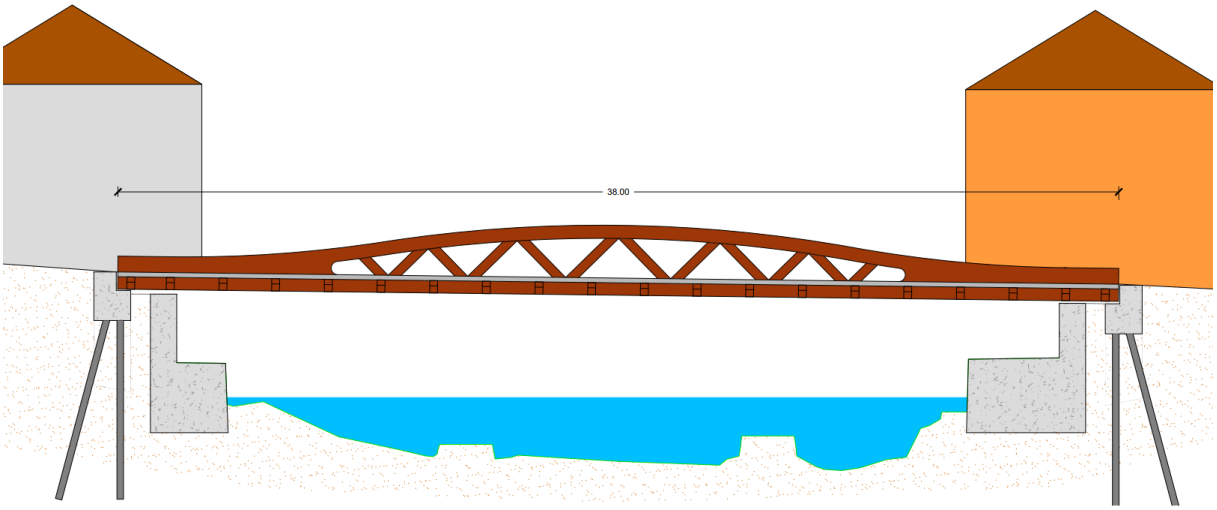


Figura n.º 21: *Alzado de la alternativa de la celosía propuesta*

La sección transversal cumple con lo propuesto en el planteamiento de alternativas, dejando una anchura total de 6.25 m divididos en un voladizo de 3.35 m para la calzada (anchura libre para la circulación de 3.00 m) y voladizo de 2.40 m para la acera que soporta el tráfico de peatones (anchura libre para el peatón de 2.00 m). El canto bajo rasante es aproximadamente de 0.70 m en total, contando con las vigas metálicas, la losa de hormigón y el pavimento, ganando 0.55 m de canto bajo rasante respecto al tablero actual, lo que se traduce en, al menos, un resguardo hidráulico de 0.30 m frente a la avenida de 50 años.

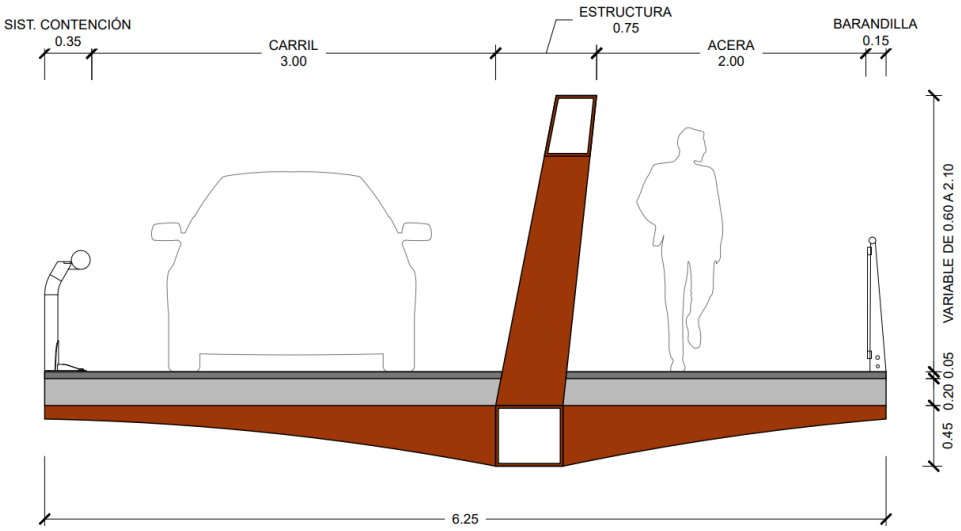


Figura n.º 22: *Sección transversal en la zona central de la alternativa de celosía*

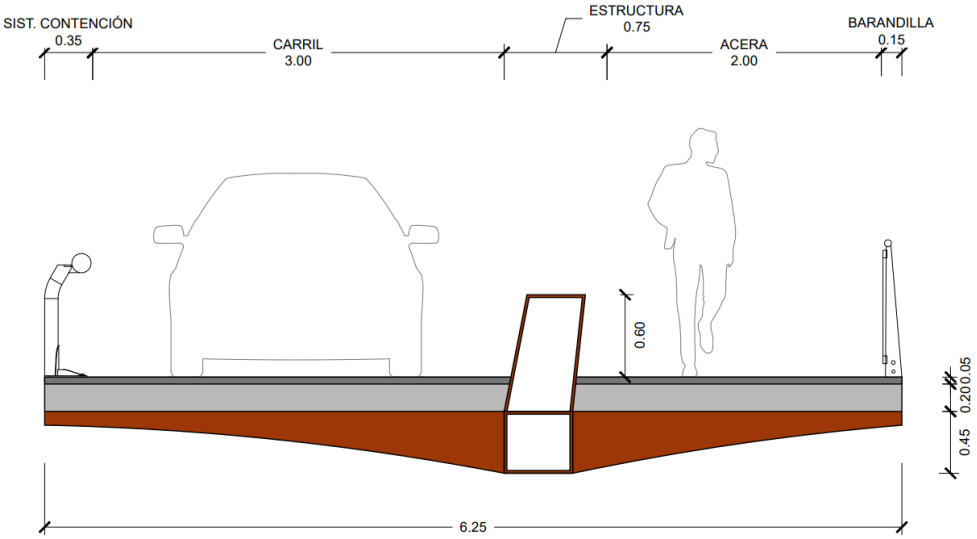


Figura n.º 23: *Sección transversal en extremos de la alternativa de celosía*

La solución permite traer la celosía en 3 tramos montados de taller y colocarlos en obra sobre apoyos provisionales ubicados en la posición de las pilas actuales para su posterior unión en obra. El montaje se realiza por el cauce del río.

Además de los tramos a conectar entre ellos, en obra se colocarán y conectarán a la estructura las ménsulas de sendos voladizos transversales y, posteriormente, se ejecutará la losa de hormigón que les dota de la capacidad de una sección mixta.

Esta solución además presenta un fácil mantenimiento y carece de puntos complejos que requieran de un control exhaustivo. Únicamente se debe cuidar en proyecto la elección del sistema de protección frente a corrosión para que sea lo más duradero posible.

En el apéndice 1 del presente documento se incluyen planos de la alternativa propuesta.



Figura n.º 24: *Vista en 3D de la alternativa de celosía de canto variable*

5.2. DIAGRID (O MALLA ESTRUCTURAL)

La segunda propuesta realizada fue un tipo de celosía menos usual que la anterior, el "diagrid" o malla estructural. El funcionamiento es similar al de la celosía Warren, donde la malla hace la función de las diagonales de la celosía, transmitiendo la flexión entre cordones y resistiendo los esfuerzos de cortante.

Este puente tiene la misma luz y canto total que el anterior, 37 m y 2.80 m respectivamente (f/L ≈ 1/12). Si bien, el alzado de esta alternativa difiere ligeramente de la primera en sus extremos. Si en la primera se había mantenido un canto mínimo en los primeros metros de tablero, en esta alternativa se lleva directamente la directriz del arco a los ejes de apoyos, no siendo necesario un canto mínimo en la estructura.

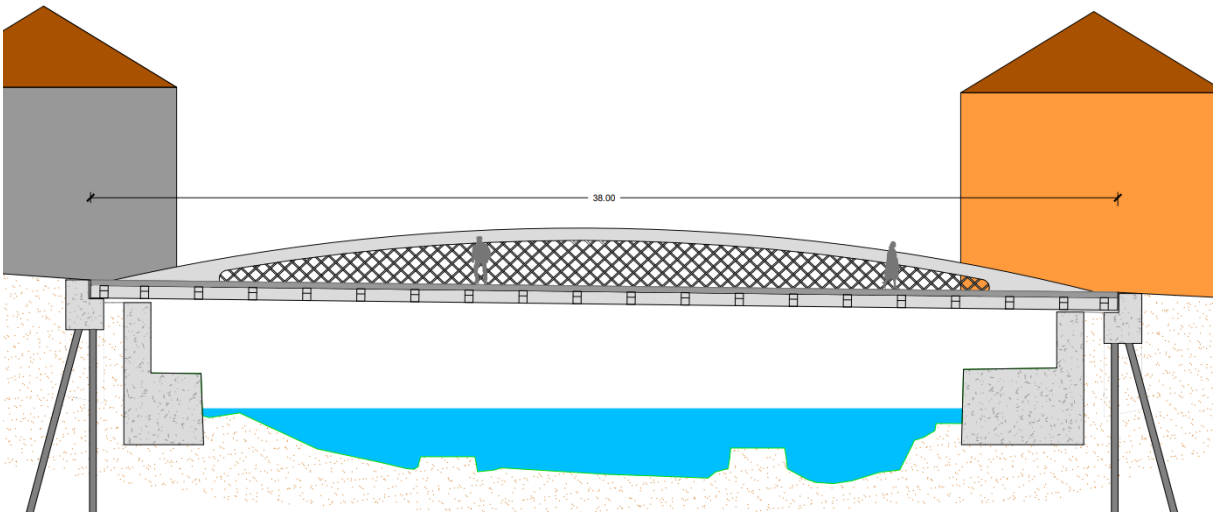


Figura n.º 25: *Alzado de la alternativa de diagrid propuesta*

En cuanto a la sección transversal, la distribución es igual que la propuesta de la celosía y las dimensiones varían ligeramente, reduciéndose el ancho total a 6.00 m, pues en esta solución se propone una línea de estructura vertical (la solución de la celosía también se podría realizar en vertical). En este caso, en las zonas extremas, como se ha mencionado anteriormente, la estructura no sobresale separando físicamente calzada y acera. El resguardo hidráulico sería igual que el de la primera alternativa.

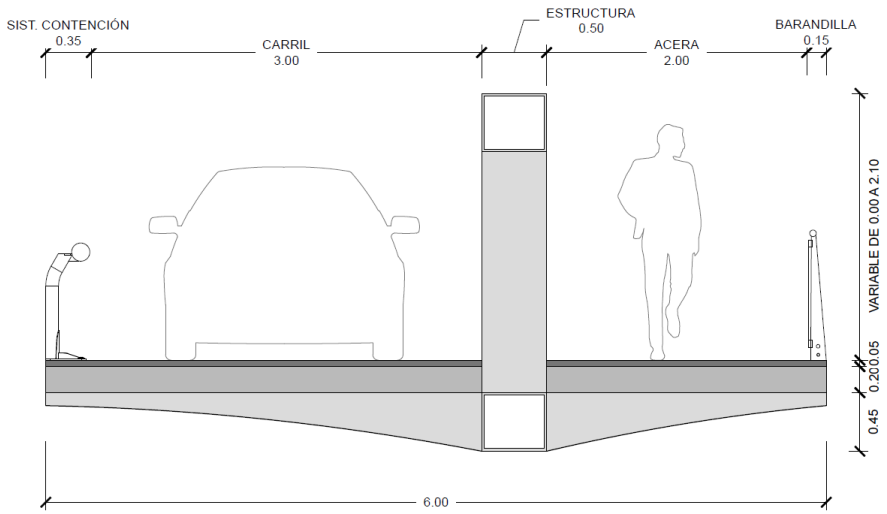


Figura n.º 26: *Sección transversal de la alternativa de diagrid*

El proceso constructivo de esta solución es similar al de la celosía anterior. Vienen los “diagrid” montados de taller en 3 tramos montados de taller y se colocarían en obra sobre apoyos provisionales ubicados en la posición de las pilas actuales para su posterior unión in situ. Las diagonales situadas en las uniones entre tramos se colocarían y conectarían en obra.

Además de los tramos a conectar entre ellos, en obra se colocarían y conectarían a la estructura las ménsulas transversales y se ejecutaría posteriormente la losa de hormigón que les dota de la capacidad de una sección mixta.

En el caso del mantenimiento, en esta solución prima en mayor medida la elección de un sistema de protección duradero frente a la corrosión, puesto que la superficie a pintar es sensiblemente mayor que el de la celosía. Es por ello por lo que de cara evitar significativos costes de mantenimiento o laboriosas actuaciones, esta solución podría realizarse en acero inoxidable, aunque supusiese encarecer el presupuesto de ejecución.

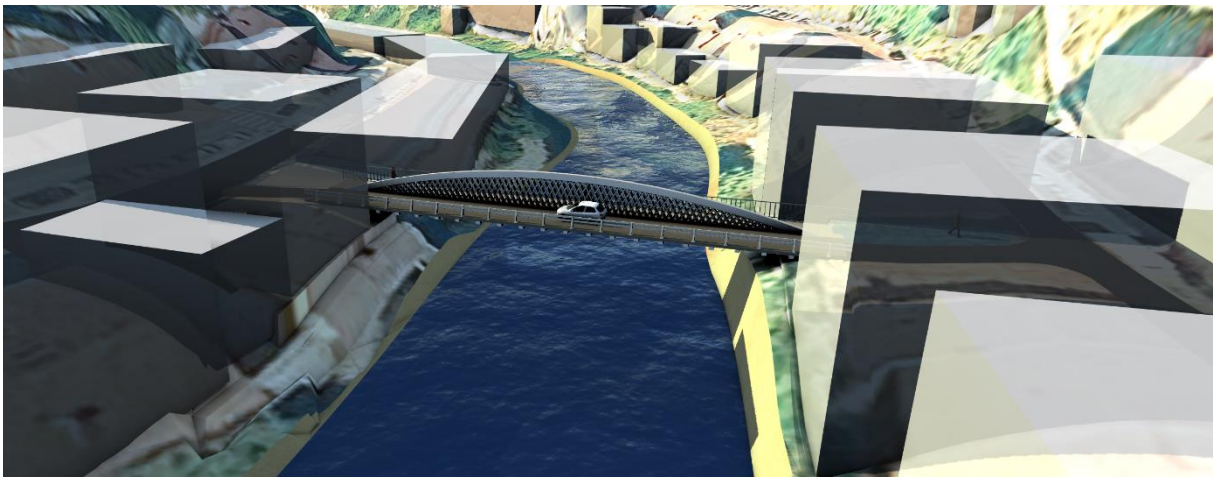


Figura n.º 27: *Vista en 3D de la alternativa de diagrid*

6 ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS Y CONSIDERACIONES FINALES

Una vez definidas las dos propuestas anteriores para el nuevo puente, y como paso final del estudio, se analizaron desde la perspectiva de cada uno de los condicionantes definidos en el apartado 3 e identificar las diferencias principales entre ellas al respecto.

Los dos puentes planteados presentaron iguales características frente a varios de estos condicionantes: ambas tendrían un resguardo de, al menos, 50 cm frente a la avenida de 50 años, ambas se adaptaron de la misma manera a la trama urbana actual y poseen la misma distribución y anchos de carril y acera, el apoyo y cimentación de ambas se realiza tras los muros actuales de los márgenes del río con soluciones de fácil ejecución y, por último, ambas presentaron una afección al tráfico similar durante las obras, con plazos de 3 meses de interrupción desde el inicio de la demolición hasta su montaje.

De esta manera, las diferencias existentes entre las dos tipologías propuestas eran pequeñas, siendo soluciones válidas ambas. Las diferencias principales fueron la estética y su integración en el paisaje, su variación en el coste de ejecución y sus costes de mantenimiento posteriores.

En cuanto a la primera solución, la celosía, estéticamente es una solución elegante de una tipología convencional. Los costes de ejecución son ligeramente menores que los de la otra solución y, en cuanto a los costes de mantenimiento, estos son escasos, pues la única actividad de mantenimiento costosa, que es el repintado de la protección, se prolonga con la elección de una buena pintura en fase de proyecto y la superficie a pintar no es significativa.

La segunda solución, el “diagrid”, es una solución novedosa y elegante, de similar comportamiento estructural que la celosía, pero con un mayor número de diagonales, lo que la hace menos transparente. Esta solución, a pesar de presentar unos costes de ejecución ligeramente superiores a los de la otra propuesta, presenta unos costes de mantenimiento son muy reducidos, puesto que se plantea realizar la estructura con acero inoxidable para evitar un costoso y laborioso repintado del tablero.

Además, cabe recordar que, junto a la elección del puente, se aprovechó esta fase para elegir parte del procedimiento constructivo de ambas. Como ya se mencionó en el apartado 3.6, la demolición del puente actual y el montaje del nuevo se realiza mediante el acceso por el cauce con la ejecución de una plataforma.

7 SOLUCIÓN ELEGIDA

Tras la presentación del estudio de alternativas el 22 de diciembre de 2022, en una reunión mantenida en Soraluze entre el Ayuntamiento del municipio, URA e INES Ingenieros, en la que se expuso el estudio en cuestión, se seleccionó que la alternativa a desarrollar en el proyecto constructivo debía ser la celosía tipo Warren con canto variable.

Esta decisión viene motivada por la reducción de los costes del futuro mantenimiento del puente, así como la transparencia de la solución y la adaptación en el entorno de la localidad y los edificios actuales y futuros más próximos. Las siguientes imágenes muestran la solución desarrollada en el presente proyecto constructivo.

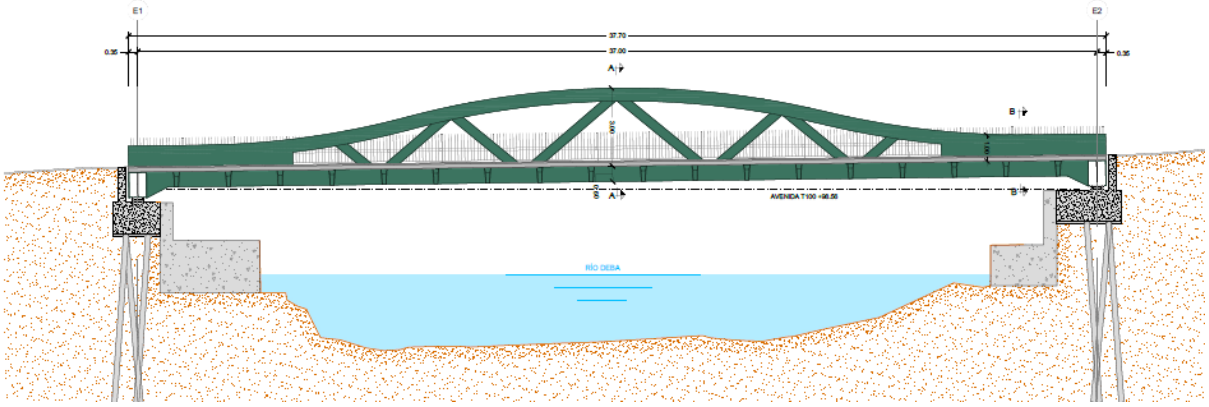


Figura n.º 28: *Alzado de la alternativa seleccionada actualizada a proyecto*

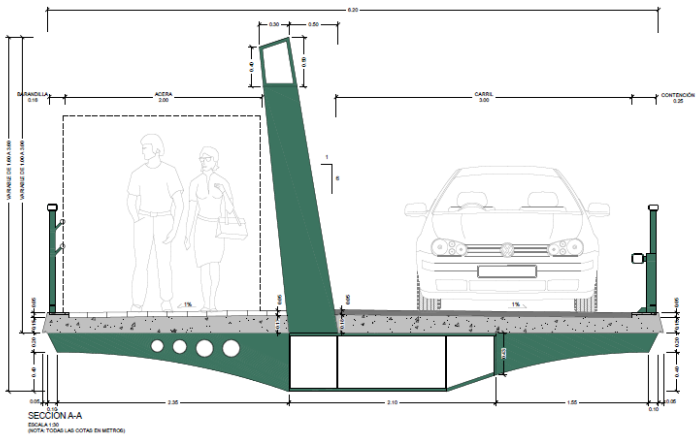
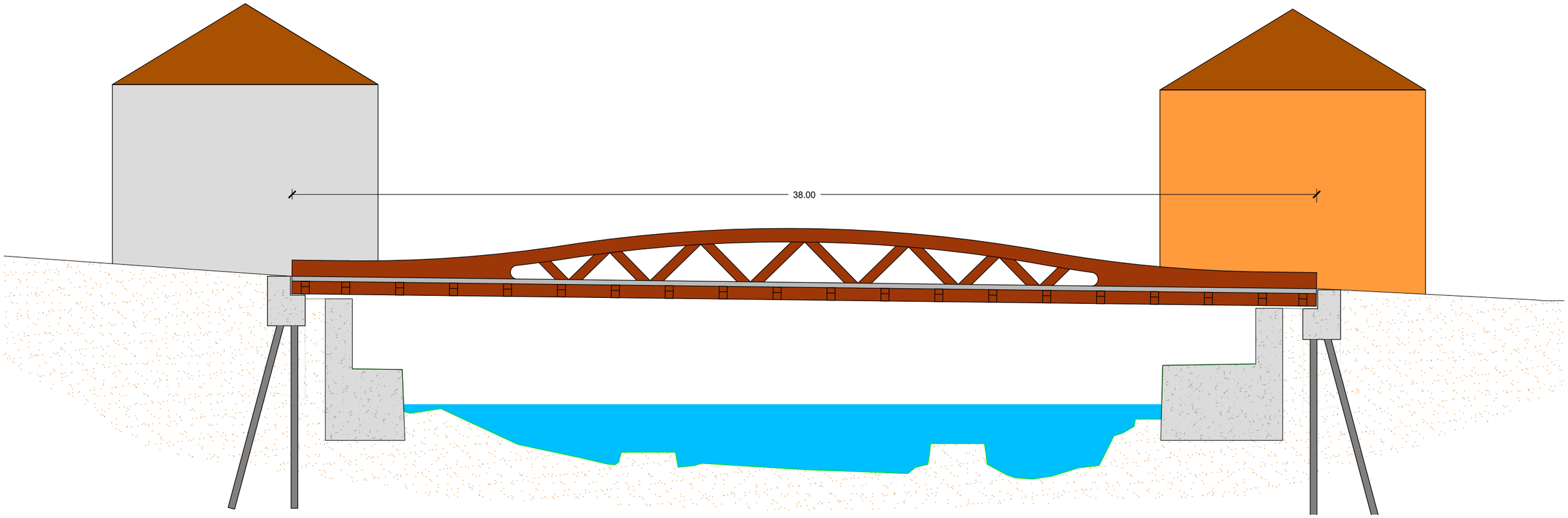


Figura n.º 29: *Sección transversal en la zona central de la alternativa seleccionada actualizada a proyecto*

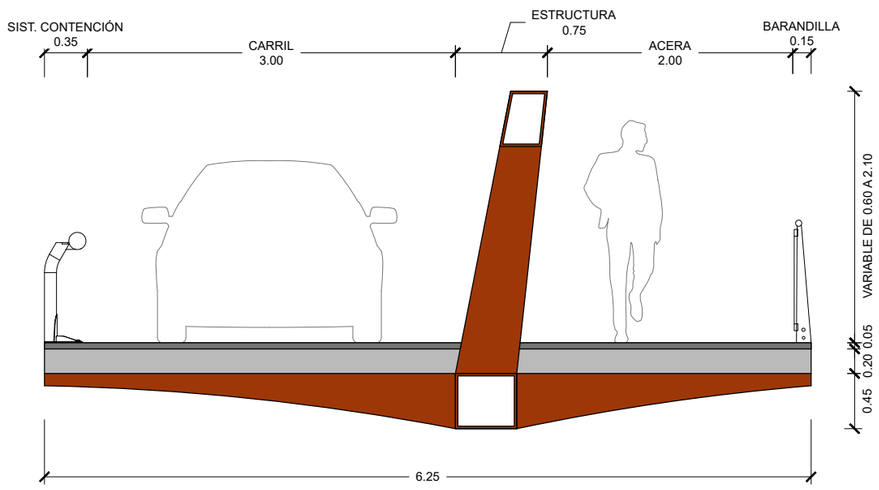
Además, en esta misma reunión, el personal del Ayuntamiento realizó varias observaciones a la propuesta seleccionada, las cuales se tienen en cuenta y se desarrollan e integran en el presente proyecto constructivo. Así, las observaciones fueron:

- Dar una geometría al arco que dificulte la escalada de los peatones por encima del mismo.
- Homogeneizar los acabados con los de las calles anexas y compatibilizarlo con el proyecto de SAPA.
- Colocar una barandilla que no permita el atrapamiento para niños.

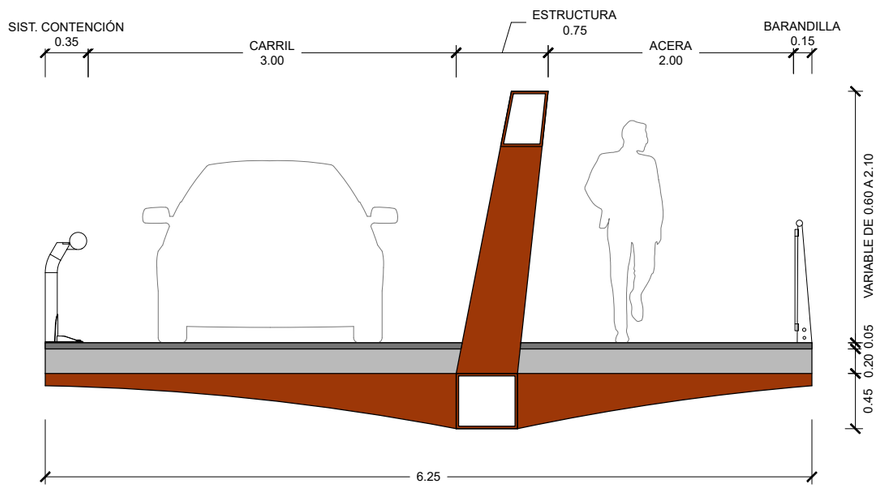
APÉNDICE 1. PLANOS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS



ALZADO DE LA ALTERNATIVA 1
ESCALA 1:150



SECCIÓN TRANSVERSAL EN LA ZONA CENTRAL
ESCALA 1:50



SECCIÓN TRANSVERSAL EN EXTREMOS
ESCALA 1:50

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA | AGENCIA VASCA DEL AGUA

REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores

AUTORES DEL PROYECTO:
JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO
DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.
GONZALO MORENO BAYO
INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.

ESCALAS: INDICADAS
ORIGINALES EN A3

TÍTULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE

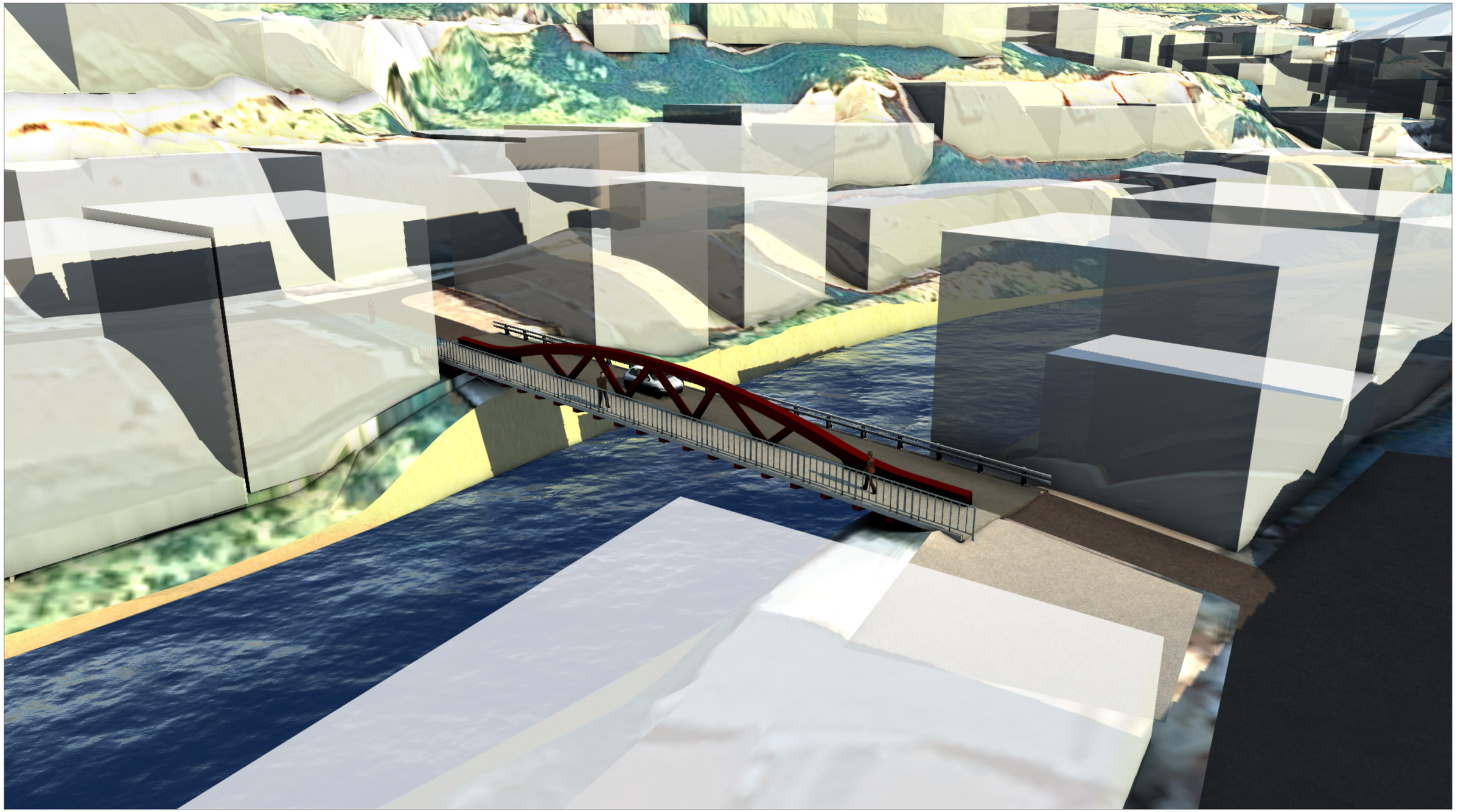
EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022

FECHA: DICIEMBRE 2022

TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1 CELOSÍA DE CANTO VARIABLE

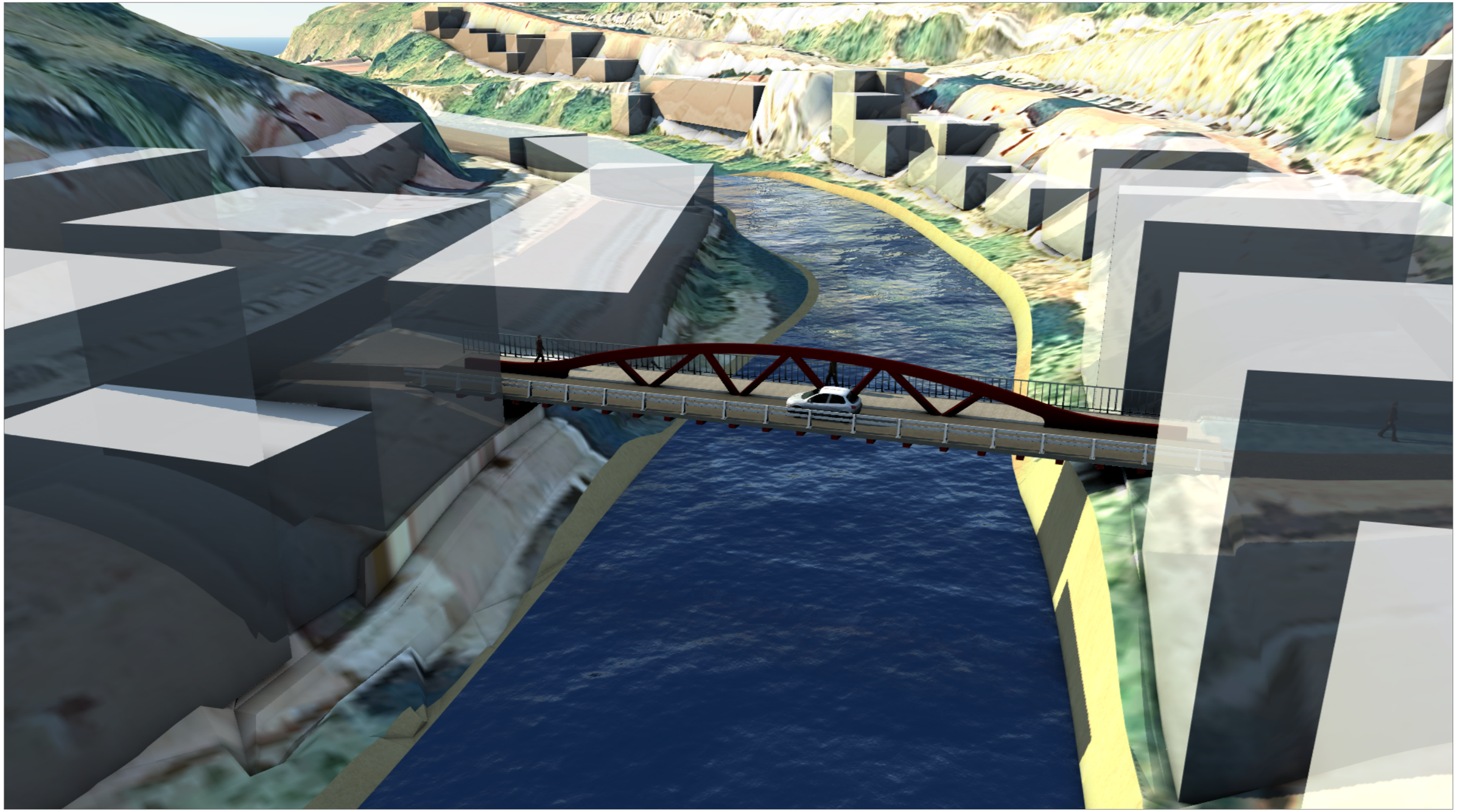
Nº DE PLANO: 01

HOJA 01 DE 04



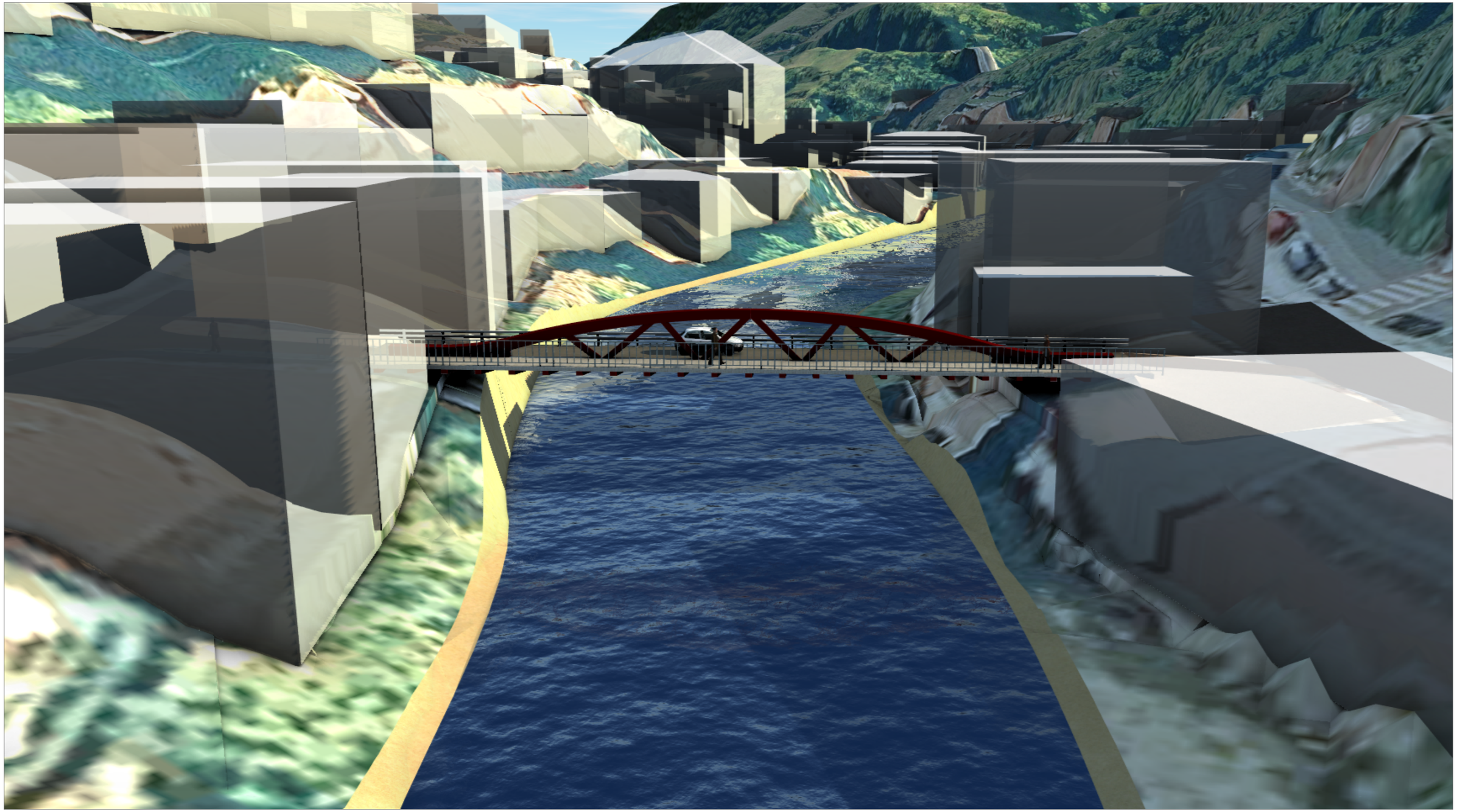
VISTA 3D DESDE CALLE BALTEGIETA
SIN ESCALA

CLIENTE: ura URAREN EUSKAL AGENTZIA / AGENCIA VASCA DEL AGUA	REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores	AUTORES DEL PROYECTO: JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO, DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. — GONZALO MORENO BAYO, INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.	ESCALAS: INDICADAS, ORIGINALES EN A3	TÍTULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE	EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022; FECHA: DICIEMBRE 2022	TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1 CELOSÍA DE CANTO VARIABLE	Nº DE PLANO: 01; HOJA 02 DE 04



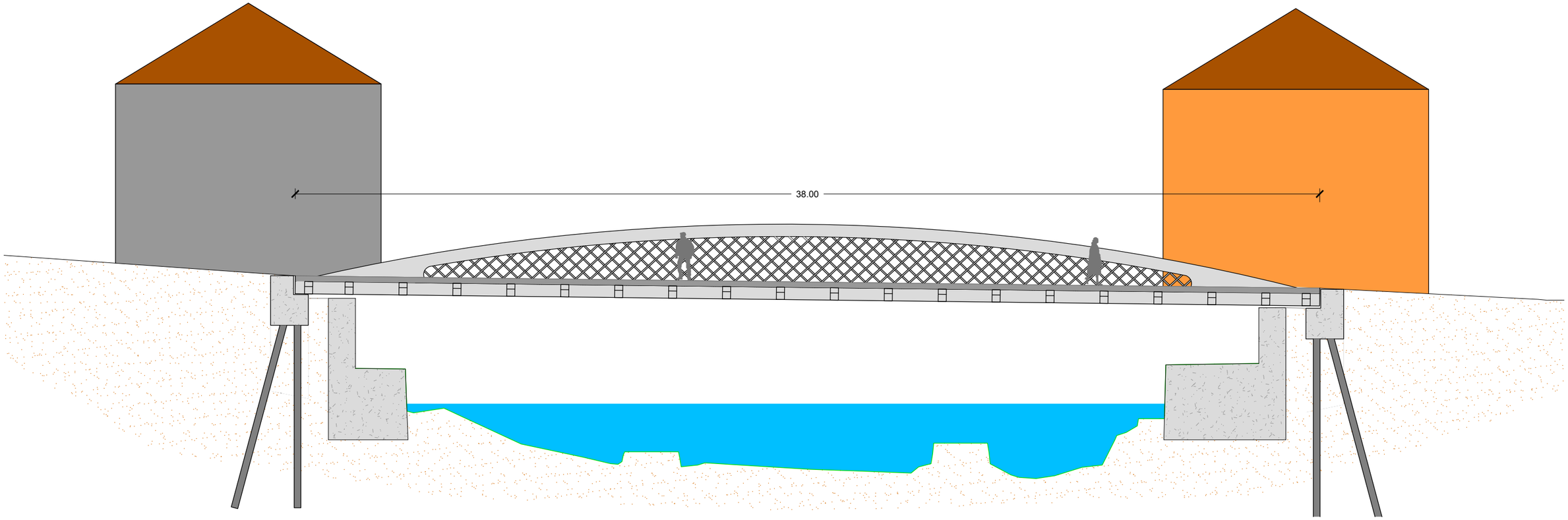
VISTA 3D DESDE AGUAS ARRIBA
SIN ESCALA

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA / AGENCIA VASCA DEL AGUA	REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores	AUTORES DEL PROYECTO: JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO, DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. / GONZALO MORENO BAYO, INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.	ESCALAS: INDICADAS, ORIGINALES EN A3	TITULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE	EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022; FECHA: DICIEMBRE 2022	TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1 CELOSÍA DE CANTO VARIABLE	Nº DE PLANO: 01; HOJA 03 DE 04

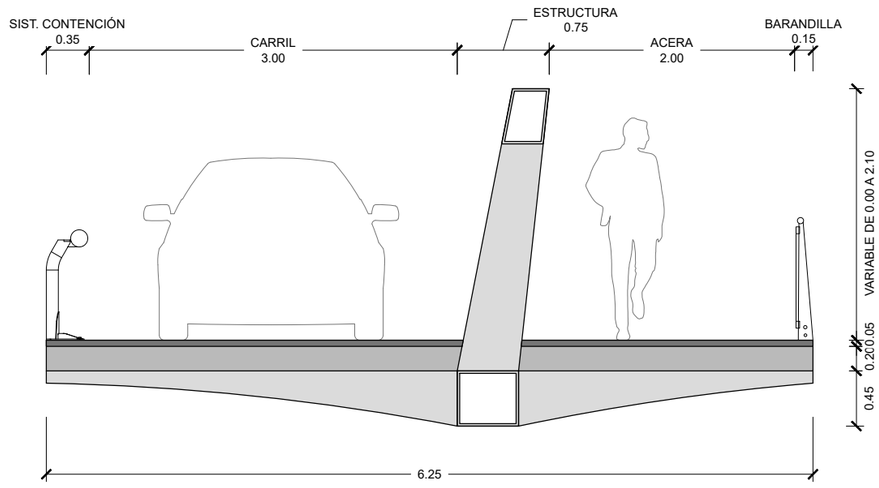


VISTA 3D DESDE AGUAS ABAJO
SIN ESCALA

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA / AGENCIA VASCA DEL AGUA	REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores	AUTORES DEL PROYECTO: JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO, DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. — GONZALO MORENO BAYO, INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.	ESCALAS: INDICADAS (ORIGINALES EN A3)	TÍTULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE	EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022 — FECHA: DICIEMBRE 2022	TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1 CELOSÍA DE CANTO VARIABLE	Nº DE PLANO: 01 — HOJA 04 DE 04



ALZADO DE LA ALTERNATIVA 2
ESCALA 1:150



SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA 1:50

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA | AGENCIA VASCA DEL AGUA

REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores

AUTORES DEL PROYECTO:
JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO
DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.
GONZALO MORENO BAYO
INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.

ESCALAS: INDICADAS
ORIGINALES EN A3

TÍTULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE

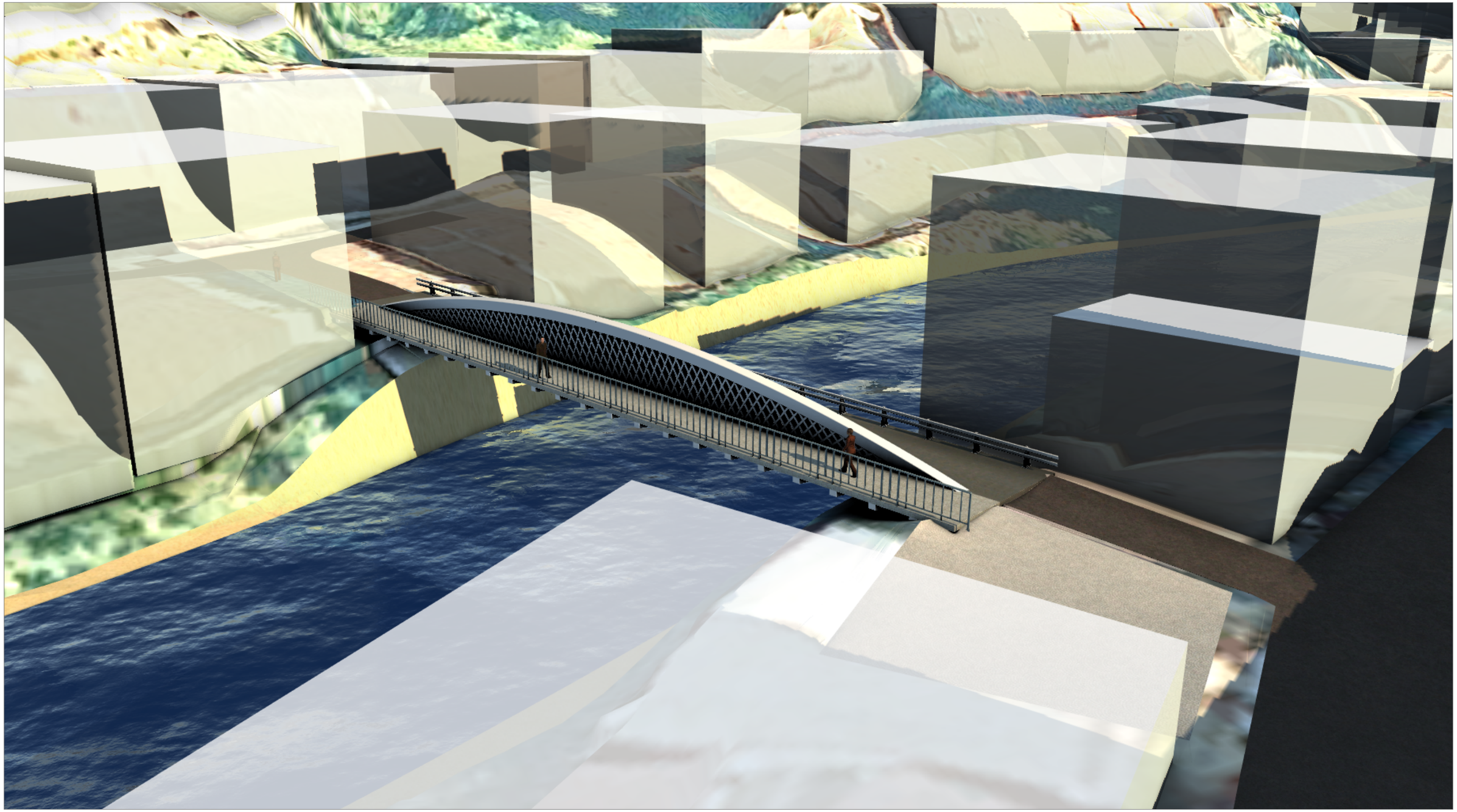
EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022

FECHA: DICIEMBRE 2022

TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 DIAGRID

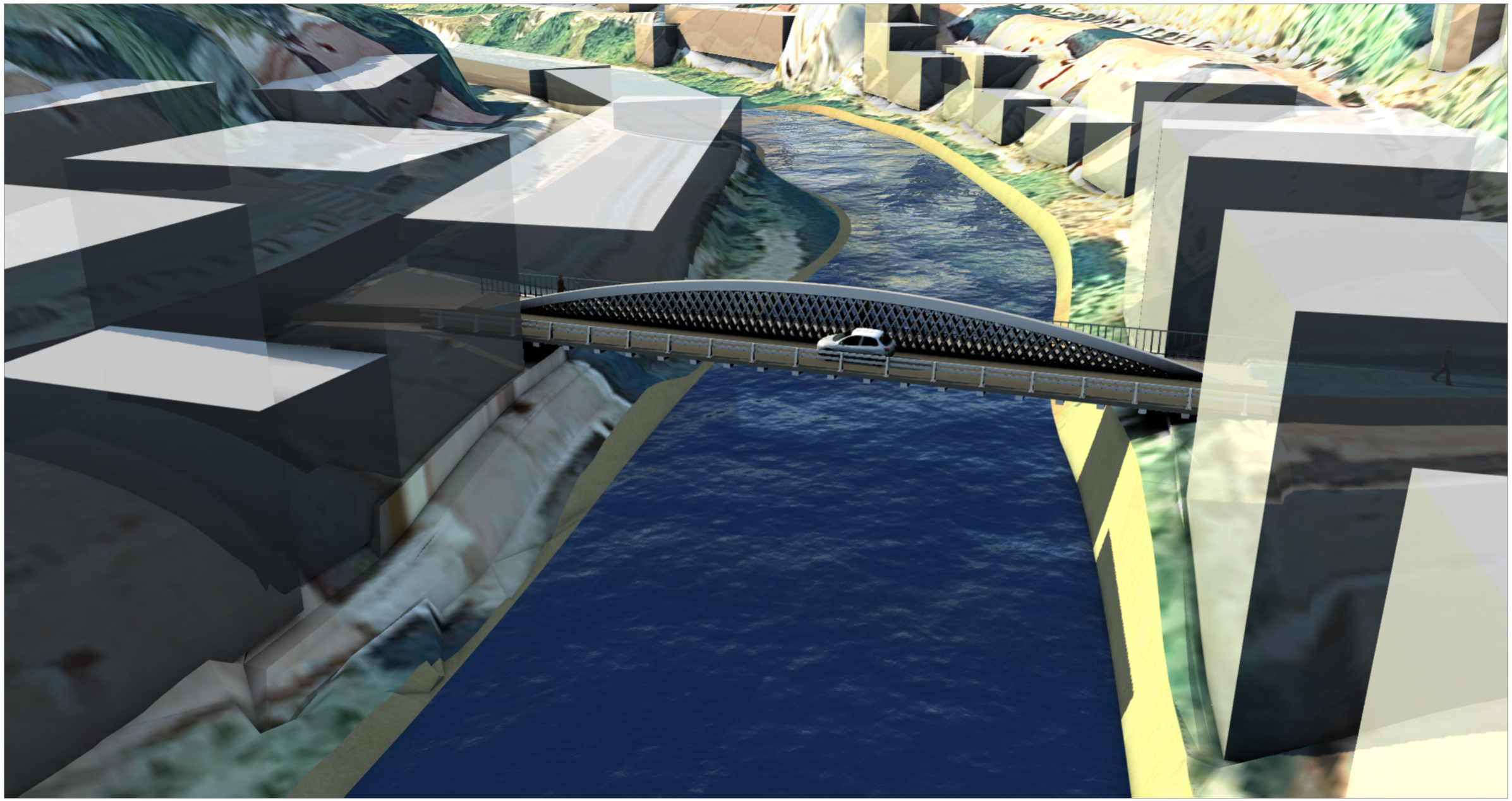
Nº DE PLANO: 02

HOJA 01 DE 04



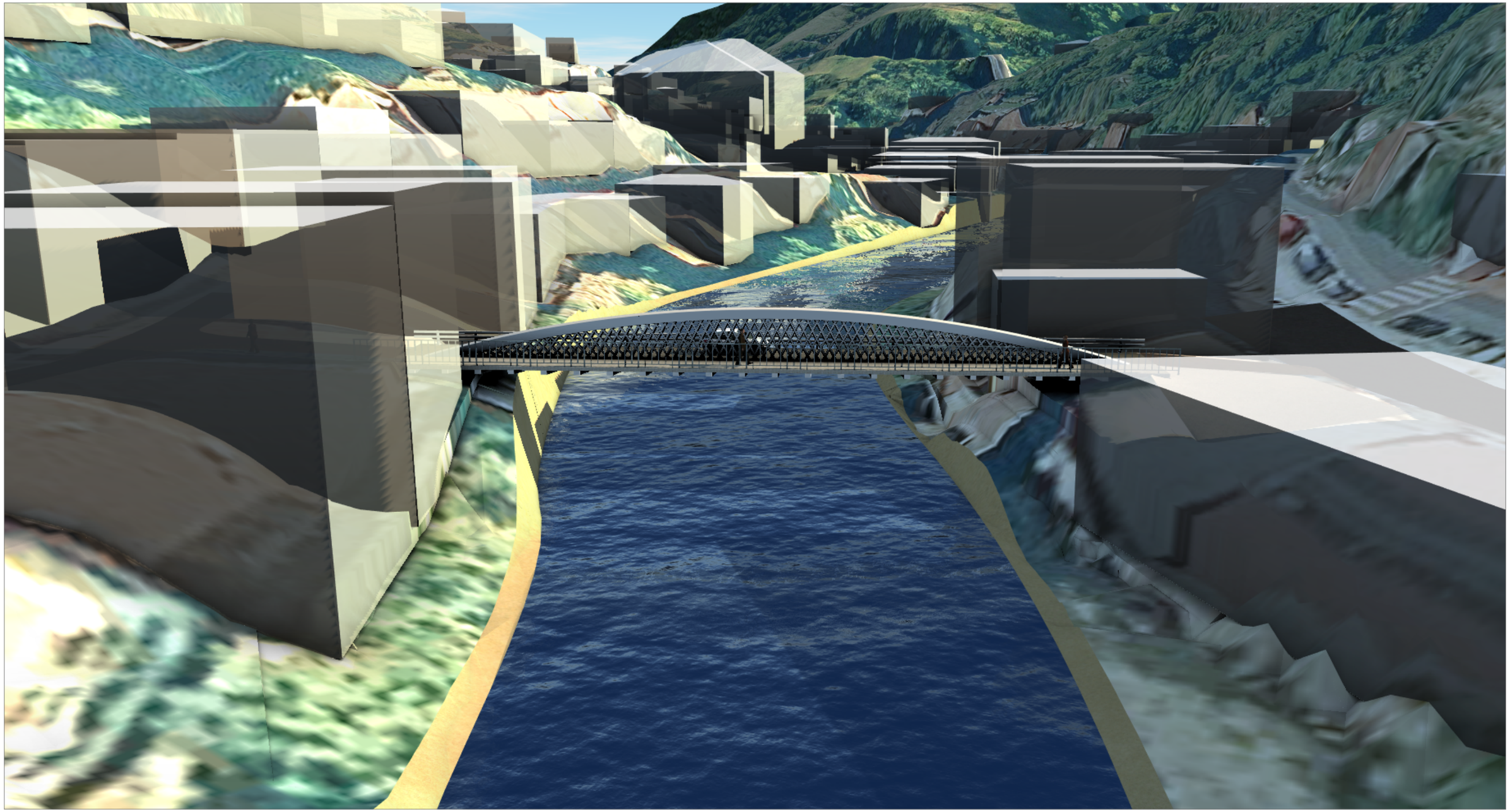
VISTA 3D DESDE CALLE BALTEGIETA
SIN ESCALA

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA / AGENCIA VASCA DEL AGUA	REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores	AUTORES DEL PROYECTO: JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO, DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. / GONZALO MORENO BAYO, INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.	ESCALAS: INDICADAS, ORIGINALES EN A3	TITULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE	EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022; FECHA: DICIEMBRE 2022	TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 DIAGRID	Nº DE PLANO: 02; HOJA 02 DE 04



VISTA 3D DESDE AGUAS ARRIBA
SIN ESCALA

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA / AGENCIA VASCA DEL AGUA	REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores	AUTORES DEL PROYECTO: JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO, DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. — GONZALO MORENO BAYO, INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.	ESCALAS: INDICADAS, ORIGINALES EN A3	TÍTULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE	EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022; FECHA: DICIEMBRE 2022	TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 DIAGRID	Nº DE PLANO: 02; HOJA 03 DE 04



VISTA 3D DESDE AGUAS ABAJO
SIN ESCALA

CLIENTE: URAREN EUSKAL AGENTZIA / AGENCIA VASCA DEL AGUA	REDACCIÓN DEL PROYECTO: ines ingenieros consultores	AUTORES DEL PROYECTO: JOSE ANTONIO MARTÍN-CARO ÁLAMO, DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P. — GONZALO MORENO BAYO, INGENIERO DE CAMINOS, C. Y P.	ESCALAS: INDICADAS — ORIGINALES EN A3	TITULO PROYECTO: PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DEL PUENTE GABOLATS EN SORALUZE	EXPEDIENTE: URA / 014A / 2022 — FECHA: DICIEMBRE 2022	TÍTULO DEL PLANO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 DIAGRID	Nº DE PLANO: 02 — HOJA 04 DE 04