



DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO N° 4. AUSCULTACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	5
2	AUSCULTACIÓN DE LA ESTRUCTURA	6
3	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS DETECTADOS	6
3.1	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	6
3.1.1	ESTRIBOS	6
3.1.2	PILA	8
3.1.3	CELOSÍA CENTRAL	9
3.1.4	CELOSÍAS LATERALES	11
3.1.5	ARRIOSTRAMIENTOS	15
3.1.6	LOSA ORTÓTropa	19
3.2	ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO	20
4	INSPECCIÓN SUBACUÁTICA DE LA PILA	23
5	CONCLUSIONES	26

Anexo No. 1. Informe de inspección especial. U.T.E. INFHEIN. Junio 2021

Anexo No. 2. Ubicación de las catas en la chapa de piso. Octubre 2020

1 INTRODUCCIÓN

El puente sobre el río Urola fue ejecutado en el año 1900, formado parte del tramo Deba-Zarautz, que fue inaugurado el 1 de Enero de 1901.

En el año 1989 se acometió una obra de refuerzo del puente original, ejecutado en 1900, que consistió en la disposición de una celosía central para descargar a las dos celosías originales, que presentaban entonces y ahora deformaciones importantes.

Posteriormente, en 2003, se procedió con el repintado general del puente y se sustituyó la mayor parte de los perfiles de los arriostramientos de la estructura, empleando tanto uniones atornilladas como soldadas en los diferentes elementos.

La UTE INFHEIN, compuesta por INJELAN, FHECOR e INTEMAC, desarrolló en 2011 y 2012 los trabajos del contrato de "SERVICIO PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE REFORMA Y REFUERZO DE PUENTES Y VIADUCTOS DE LA RED DE EUSKAL TRENBIDE SAREA EN GIPUZKOA". El alcance del contrato incluía la realización de trabajos de inventario, inspecciones principales, inspecciones especiales y redacción de proyectos de reparación.

El puente sobre el río Urola formaba parte de los puentes a inspeccionar, inventariado con el código BI-DO-079/036-U. En otoño de 2011 se realizó una inspección especial del mismo, junto con una inspección subacuática de la pila, que desembocó en mayo de 2012 en la redacción de un proyecto de reparación de la estructura.

Posteriormente, en febrero de 2020, ETS redactó el Informe de Revisión del Proyecto citado, para determinar si el proyecto estaba en condiciones de ser licitado o si requería de una actualización teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde la redacción del proyecto, concluyendo que era necesario acometer una revisión del proyecto para tener en cuenta los cambios normativos y las posibles modificaciones en los precios de mercado de las actuaciones de reparación.

Por tanto, como punto de partida para la actualización del proyecto, ETS adjudicó a FHECOR, con la colaboración de INJELAN, la realización de una inspección especial y la redacción de un informe de evaluación y propuesta de reparación, en el que se puso de manifiesto el estado de conservación de la estructura, se enunciaron las actuaciones de reparación necesarias y se realizó una estimación de la actualización del presupuesto de ejecución de las obras. Dicho informe fue entregado en noviembre de 2020.

Tras esto, en febrero de 2021, ETS licitó los trabajos de "Servicio para la redacción del Proyecto Constructivo de rehabilitación del puente sobre el río Urola en Zumaia, en el PK 79+036 de la línea Bilbao - Donostia", siendo la adjudicataria de los trabajos la UTE formada por FHECOR e INJELAN, con fecha de adjudicación 22 de abril de 2021, y habiéndose firmado el acta de inicio de los trabajos el 18 de mayo de 2021. Los trabajos por realizar comprenden dos fases diferenciadas: por un lado, los trabajos previos, que incluye la inspección especial de la estructura y la redacción de un estudio de alternativas que determine cuál es la opción de reparación más adecuada y, por otro lado, el desarrollo en detalle de la alternativa seleccionada en un proyecto de reparación y refuerzo.

El pasado 1 de junio se realizó la inspección subacuática de la pila, que viene a completar la inspección especial del viaducto realizada en julio de 2020.

Finalmente, el 26 y 27 de agosto del 2021, la UTE formada por FHECOR e INJELAN, realizaron una inspección especial del puente para comprobar el estado de los elementos críticos y enfocar de forma coherente su sustitución y reparación.

2 AUSCULTACIÓN DE LA ESTRUCTURA

A continuación, en los anexos, se incluye la documentación generada como consecuencia de las distintas inspecciones realizadas a la estructura, así como los resultados de los estudios y trabajos de campo desarrollados para el completo análisis de la estructura:

- [1] Informe de inspección especial. U.T.E. INFHEIN. Junio 2021
- [2] Reportaje fotográfico e informe de la inspección especial subacuática. Realizado por la empresa DEMOLICIONES SUBMARINAS-INJELAN, supervisado por la U.T.E. INFHEIN. Junio 2021
- [3] Ubicación de las catas en la chapa de piso. Octubre 2020

3 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS DETECTADOS

La inspección especial realizada los días 6, 7 y 8 de julio de 2020 por los inspectores Alberto Martín Galán e Iñaki Jaime Azpiazu, Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de FHECOR e INJELAN respectivamente, sirvió para identificar con precisión todos los elementos del puente deteriorados y que han de ser objeto de reparación o sustitución previas. Así también, sirvió para conocer la evolución de los daños desde la inspección principal realizada en octubre de 2011.

Con posterioridad, el 26 y 27 de agosto de 2021 Alberto Martín Galán e Iñaki Jaime Azpiazu, Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de FHECOR e INJELAN respectivamente, volvieron a realizar una nueva inspección de la estructura, centrada en esta ocasión en el análisis de los puntos críticos de la estructura para poder estudiar las posibilidades de reparación, así como determinar si se había producido alguna evolución negativa significativa desde la anterior inspección de 2020.

Para la ejecución de los trabajos de inspección, tanto los de 2020 como los de 2021, se hizo uso de la plataforma de inspección y mantenimiento que tiene la propia estructura en cada uno de los vanos y que está suspendida de los cordones inferiores de las celosías laterales del puente.

Tras no haberse detectado ningún daño reseñable en la inspección subacuática realizada en 2011, se descartó en primera instancia la necesidad de repetir dicha inspección en 2020. Sin embargo, con el objeto de determinar inequívocamente que no existían problemas de socavación en la pila, en junio de 2021 se volvió a realizar una nueva inspección subacuática, con resultados muy similares a los de 2011, con lo que no se observaron deterioros importantes en cuanto a la socavación o erosión de la pila.

A continuación se exponen los daños detectados durante la inspección realizada, ordenada según elementos estructurales y elementos de equipamiento.



Figura 1. Alzado del puente desde aguas abajo tomada durante la inspección especial realizada.

3.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.1.1 ESTRIBOS

El estado de los estribos, en ambos casos, es similar al que presentaban en la ya comentada inspección principal de 2011, aunque ciertos daños, como es de esperar, han seguido evolucionando negativamente.

Los estribos presentan humedades, pátinas negras, eflorescencias y costras calcáreas puntuales que están sujetas a surgencias de agua. Estos daños son más notorios en los muros en vuelta del lado norte por su menor exposición al sol.

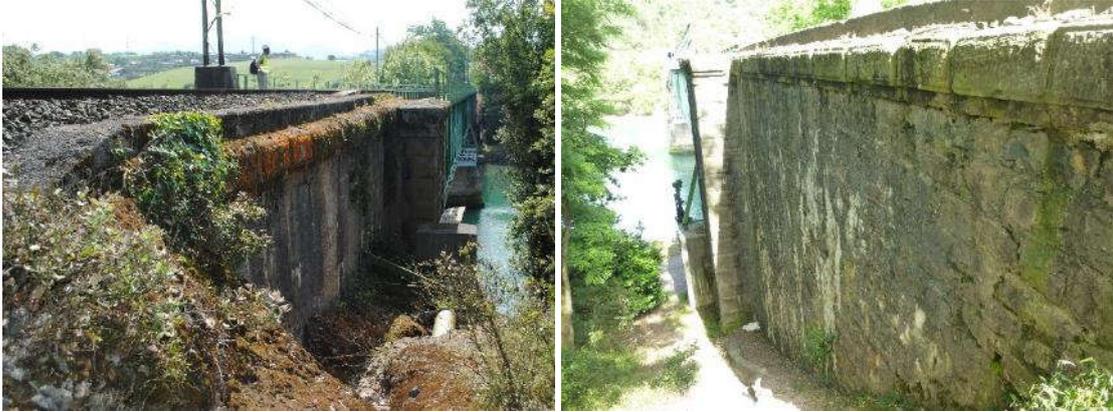


Figura 2. Muros en vuelta del lado norte del estribo 2, izquierda, y estribo 1, derecha, con humedades, pátinas negras, eflorescencias, costras calcáreas, pátinas biológicas y vegetación enraizada.

Se ha detectado también vegetación enraizada y pátinas biológicas en los muros en vuelta de los dos estribos, siendo este daño más recurrente en el estribo 2.

Los sillares de borde de los dos estribos presentan arenizaciones y pulverizaciones, debido a la erosión producida por la escorrentía y la acción del viento.

Así también, en el estribo 2, se han detectado ligeros lavados de junta de poca extensión e intensidad, que no revisten trascendencia, aunque como se puede apreciar en las imágenes inferiores, la evolución del daño en los casi nueve años transcurridos desde la última inspección ha sido evidente y negativa.

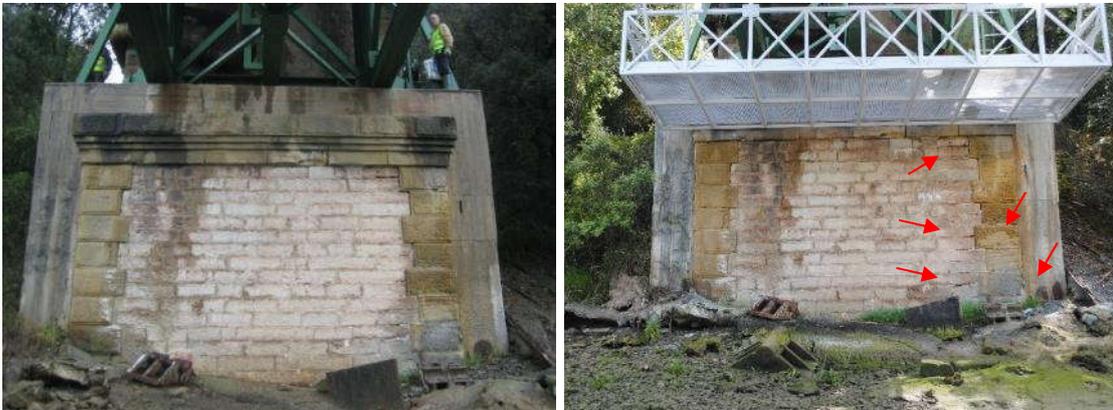


Figura 3. Comparación de la evolución del alzado del estribo 2 desde la inspección principal realizada en 2011. Izquierda, imagen de 2011, y derecha, imagen de 2020, donde se indican mediante flechas en rojo las zonas que presentan una evolución negativa de los daños.



Figura 4. Arenización de sillares en los laterales de los estribos. Izquierda, borde lateral sur del estribo 2, y derecha, borde lateral sur del estribo 1.

En cuanto a los recrados de hormigón, ejecutados posteriormente a la puesta en servicio de la estructura y dentro de la actuación de refuerzo de la estructura original, siguen presentando algunos deterioros superficiales, tales como coqueas y pequeñas fisuras en mapa.

Se ha constatado que los aparatos de apoyo metálicos originales del estribo 2 siguen estando en las orillas del río, pues estos fueron sustituidos por elastómeros durante las obras de refuerzo del puente. Esto puede observarse en la figura 16.

Por último, los apoyos presentan abundante suciedad en su perímetro en forma de herrumbre que se va acumulando fruto del deterioro de los elementos metálicos que lo rodean. Esta constante acumulación de material puede llegar a dificultar el correcto funcionamiento de los aparatos de apoyo.



Figura 5. Acumulación de herrumbre en los aparatos de apoyo de las celosías laterales sobre el estribo 2.

3.1.2 PILA

Como se ha indicado al comienzo de este apartado, en esta inspección no se contó con medios acuáticos, por lo que se ha podido inspeccionar el alzado de la pila pero no su cimentación. Se ha observado que la pila se encuentra en un estado similar al descrito en octubre de 2011.

La pila sigue presentando abundantes pátinas biológicas, pátinas negras y humedades, como es de esperar en este tipo de elementos sometidos a la escorrentía directa.

Presenta, además, abundantes arenizaciones y pulverizaciones en los sillares de los laterales de aguas arriba y aguas abajo. Este deterioro presenta una extensión e intensidad de cierta trascendencia, por la pérdida de material que conlleva este daño. Se ha podido constatar que la evolución del daño no es significativa, presentando una pérdida de material semejante al contemplado en la última inspección.

Así también, en el lateral de la pila de aguas arriba se siguen apreciando pérdidas de parte de los sillares, debido probablemente a golpes de material de arrastre en grandes avenidas.

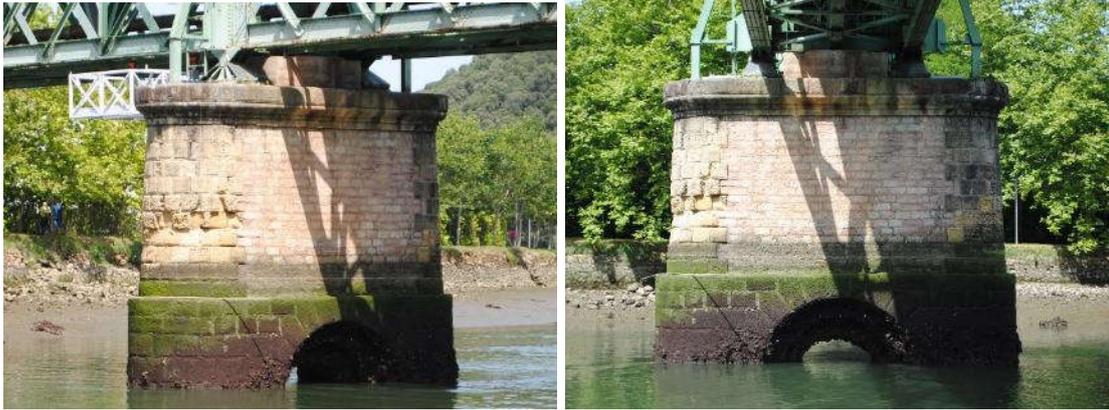


Figura 6. Izquierda, pérdida de material en sillares del tajamar semicircular del lado sur, incluso arenización en los sillares superiores. Derecha, pátinas biológicas, pátinas negras y humedades en el alzado del lado este de la pila.

Por otro lado, la pila tiene un cargadero de hormigón en la zona superior central, construido para dar apoyo a la cercha central de la estructura, ejecutado como refuerzo de la estructura original. Este recreado de hormigón presenta algunos defectos superficiales por una mala ejecución en su cara oeste, así como desconches del hormigón como consecuencias de la corrosión de la armadura.

Por último, hay que indicar que los aparatos de apoyo sobre la pila se encuentran en buen estado, a pesar de las corrosiones observadas en las chapas de tope perimetrales que rodean el neopreno de apoyo de la celosía central y las corrosiones superficiales detectadas en las rótulas de las celosías laterales.



Figura 7. Izquierda, recreado de hormigón con desconches en su cara este sobre la pila 1. Derecha, chapas perimetrales al neopreno con paquetes de hidróxido.

3.1.3 CELOSÍA CENTRAL

El cordón inferior de la celosía central, debido a su mayor exposición y a la tendencia de las alas a acumular agua de lluvia, presenta un nivel de deterioro muy superior al resto de elementos que componen esta celosía. En algunos puntos los paquetes de hidróxido son relevantes pues llegan a producir pérdidas de sección del orden de entre 5 y 8 mm.



Figura 8. Paquetes de hidróxido en las alas del cordón inferior en el módulo 7 del vano 2.



Figura 9. Uniones de continuidad del cordón inferior afectadas por la corrosión. Izquierda, módulo 8 del vano 2 y, derecha, módulo 9 del vano 2.

Las diagonales de la celosía presentan daños por corrosión pero de menor extensión e intensidad en general, aunque se han detectado corrosiones puntuales intensas, algunas de ellas acompañadas de paquetes de hidróxido. En todos los casos, estos deterioros se han observado en las proximidades de la unión con el cordón inferior, coincidiendo con la mayor exposición de esta zona. Son recurrentes las corrosiones en los bordes inferiores del ala de las diagonales es su parte baja, lo que podría estar relacionado con el escurrido de las aguas de lluvia a través de la diagonal.



Figura 10. Izquierda, paquetes de hidróxido en el ala de la diagonal en el módulo 10 del vano2. Derecha, corrosiones en el ala de la diagonal en su parte baja en el módulo 5 del vano 1.

Por otro lado, no se han detectado daños relevantes en el cordón superior de la celosía central.

De la comparación realizada entre la reciente inspección a la realizada en octubre de 2011, se puede afirmar que los daños relativos a la corrosión han sufrido un claro avance tanto en intensidad como en extensión. A modo de ejemplo, se incluyen las siguientes imágenes donde se observa claramente el deterioro de la pintura protectora y el avance del daño producido por la corrosión. Hay que indicar además que, en la anterior inspección únicamente se detectaron daños en el cordón inferior y que en ningún caso estos presentaban paquetes de hidróxido de la magnitud mostrada en las imágenes anteriores.



Figura 11. Cordón inferior del módulo 8 del vano 1. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.



Figura 12. Cordón inferior del módulo 2 del vano 2. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.

3.1.4 CELOSÍAS LATERALES

Los daños relevantes por corrosión en las celosías laterales se concentran principalmente en los cordones inferiores y en los montantes de apoyo. En el resto de los elementos, esto es, montantes, diagonales, contradiagonales y cordones superiores, los daños por corrosión son, con carácter general, superficiales y sin transcendencia práctica.

Los cordones inferiores presentan fuertes pérdidas de sección resistente, concentrándose los daños en los bordes del ala inferior, donde el agua tiende a acumularse. A esto se le suma además que, estas zonas ya presentaban daños anteriores a la última intervención, lo cual genera más irregularidades y favorece la indicada acumulación de agua. Algo similar ocurre en las transiciones de los refuerzos que existen en el ala inferior, donde se detectaron fuertes pérdidas de sección.

Otro punto donde se han observado daños por corrosión con cierta regularidad es la unión entre el alma y el ala inferior de cordón, donde la discontinuidad que se forma en dicho punto es propicia a la acumulación de agua.



Figura 13. Corrosiones con fuertes pérdidas de sección en el cordón inferior de la celosía de aguas abajo en el módulo 3 del vano 2.



Figura 14. Izquierda, fuerte pérdida de sección en el ala inferior del cordón inferior de aguas arriba en módulo 6 del vano 2. Derecha, corrosión generalizada en el refuerzo del cordón inferior de aguas abajo en el módulo 6 del vano 2.



Figura 15. Fuertes pérdidas de sección por corrosión en el ala inferior del cordón inferior. Izquierda, módulo 9 del vano 2 aguas arriba, derecha, módulo 3 del vano 1 aguas arriba.

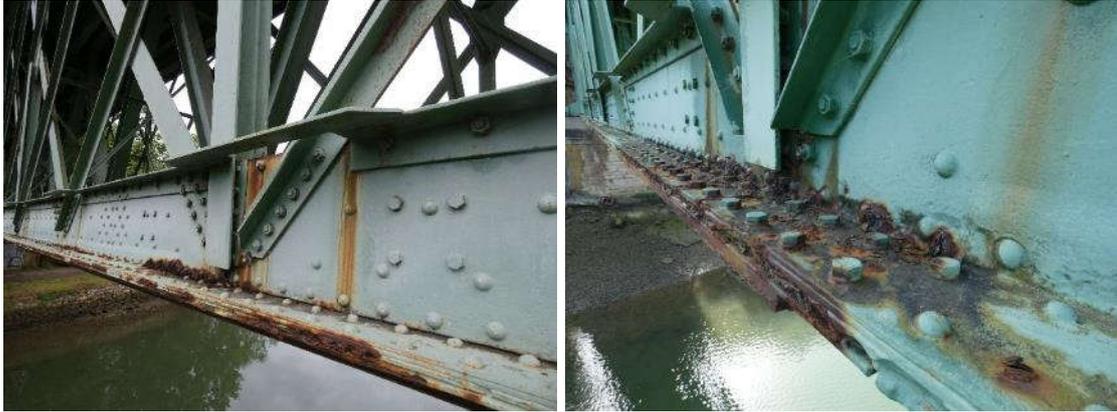


Figura 16. Corrosiones en la unión entre alma y ala del cordón inferior. Izquierda, módulo 8 del vano 1 aguas arriba, derecha, módulo 5 del vano 2 aguas abajo.

Por otro lado, tal y como se ha indicado, los montantes de apoyo en pilas y estribos presentan daños puntuales por corrosión muy intensos, donde la corrosión ha llegado a perforar las chapas en algunos puntos. Aquí también, al tratarse de perfiles compuestos conformados a partir de la unión de distintas chapas, la corrosión está asociada a la acumulación de agua que se da en las uniones entre estas chapas.



Figura 17. Fuertes corrosiones, llegando a perforar las chapas incluso, en el montante de apoyo sobre la pila 1 en el lado de aguas abajo.

Los montantes, diagonales, contradiagonales y cordón superior presentan únicamente corrosiones superficiales como se puede ver en las siguientes figuras.



Figura 18. Corrosión superficial en celosías laterales. Izquierda, cordón superior del módulo 5 del vano 2 aguas arriba. Derecha, diagonal del módulo 8 del vano 2 aguas abajo.



Figura 19. Corrosión superficial en celosías laterales. Izquierda, cordón superior del módulo 9 del vano 2 aguas abajo. Derecha, contradiagonal del módulo 2 del vano 2 aguas abajo.

En cuanto a la evolución del daño desde la última inspección realizada en 2011, tal y como se puede observar en las figuras siguientes, además del claro deterioro de la pintura, se puede apreciar el avance de los daños producidos por la corrosión.



Figura 20. Montante de apoyo aguas abajo sobre la pila 1. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.



Figura 21. Cartela de unión del montante de apoyo aguas abajo sobre el estribo 2. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.

3.1.5 ARRIOSTRAMIENTOS

Se refiere este punto al arriostramiento horizontal del cordón inferior, materializado mediante la celosía que se conforma en el mismo plano del cordón inferior, y al arriostramiento vertical existente coincidiendo con todos los montantes de las celosías laterales. Ambos sistemas de rigidización están conectados entre sí y confieren al puente la necesaria rigidez frente a acciones horizontales.

En la celosía horizontal que se conforma al nivel del cordón inferior son de destacar las intensas corrosiones detectadas en las cartelas de unión de las diagonales con el cordón inferior, donde la acumulación del daño en estas zonas hace que tanto las cartelas como las alas del cordón presenten fuertes pérdidas de sección.



Figura 22. Cartelas de unión entre diagonal y cordón inferior en el módulo 8 del vano 2 con fuertes pérdidas de sección.



Figura 23. Cartela de unión entre diagonal y cordón inferior en el módulo 7 del vano 2 con fuertes pérdidas de sección.



Figura 24. Cartela de unión entre diagonal y cordón inferior, previamente ya reforzada, en el módulo 6 del vano 2 con fuertes corrosiones.

Las cartelas de unión en el cruce de las diagonales que conforman una cruz de San Andrés presentan ligeras corrosiones, algunas de ellas acompañadas por pequeños paquetes de hidróxido. Estos daños no son generalizados y allí donde se producen no comprometen la capacidad resistente del elemento por el momento.



Figura 25. Cartela para el cruce de diagonales con corrosiones superficiales y acompañadas del algún paquete de hidróxido puntual. Izquierda, módulo 6 del vano 1 y, derecha, módulo 2 del vano 1.

Las diagonales que conforman la cruz de San Andrés se encuentran en buen estado y únicamente se han detectado corrosiones superficiales puntuales.



Figura 26. Diagonales que conforman la cruz de San Andrés de la celosía horizontal con corrosiones superficiales de poca intensidad. Izquierda, módulo 8 del vano 1 y, derecha, módulo 1 del vano 1.

El arriostamiento vertical se materializa mediante una cruz de San Andrés que une el cordón superior con el inferior. Cuenta, además, con una viga transversal superior, con un tirante, a media altura de los montantes, y otro tirante al nivel del cordón inferior.

Los elementos que presentan mayores daños por corrosión en este arriostamiento son los tirantes del nivel inferior y las diagonales que conforman las cruces de San Andrés.



Figura 27. Diagonales con perforaciones debidas a la corrosión en la mitad superior. Izquierda, módulo 4 del vano 2 y, derecha, módulo 1 del vano 2.



Figura 28. Diagonales con perforaciones debidas a la corrosión en la unión con el cordón inferior. Izquierda, módulo 6 del vano 2 y, derecha, módulo 5 del vano 1.



Figura 29. Tirantes inferiores con perforaciones debidas a la corrosión en la unión con el cordón inferior en el módulo 7 del vano 2.

En cuanto a las cartelas de unión intermedias y laterales, la superior e inferior, presentan corrosiones puntuales de menor intensidad que las mostradas para los elementos anteriores.



Figura 30. Corrosiones en las cartelas de unión del sistema de arriostamiento vertical. Izquierda, cartela de unión con cordón inferior en el módulo 3 del vano 2 y, derecha, cartela de unión central en el módulo 8 del vano 1.

Por otro lado, los tirantes intermedios y las vigas transversales superiores están en buen estado, habiéndose detectado en casos puntuales deterioros de menor importancia.



Figura 31. Corrosiones puntuales en la viga transversal superior, izquierda, y tirante intermedio, derecha, del módulo 9 del vano 1.

Por último, en los sistemas de arriostamiento transversal de apoyos, esto es, en pila central y estribos, los mayores deterioros observados se dan en las vigas transversales inferiores y en las zonas de unión con el cordón inferior de las celosías laterales. Todos estos daños están relacionados con la acumulación de agua que se da en estos puntos.

Así también, en el apoyo de los arriostamientos exteriores, que coaccionan el cordón superior de las celosías laterales, se ha observado la necesidad de incluir un calce adicional para asegurar el contacto con los enanos verticales de apoyo.



Figura 32. Arriostamiento transversal de pila, izquierda, y estribo 2, derecha, con corrosiones superficiales.



Figura 33. Izquierda, falta de apoyo en el arriostramiento o puntal del cordón superior en el estribo 2 aguas abajo. Derecha, corrosiones acompañadas de paquetes de hidróxido en la viga transversal inferior del estribo 2 aguas abajo.

3.1.6 LOSA ORTÓTropa

Este elemento que conforma el tablero superior que da soporte a la plataforma, se conforma a partir de una chapa de piso y rigidizadores longitudinales.

Su estado general es bueno al ser la parte de la estructura menos expuesta a la acción de la lluvia. Los daños por corrosión detectados usualmente son superficiales, aunque también se han detectado perforaciones puntuales de poca relevancia.



Figura 34. Corrosiones superficiales, incluso alguna perforación, en la losa ortótropa en el módulo 6 del vano 2.



Figura 35. Detalle de perforación puntual por corrosión en el rigidizador longitudinal de la losa ortótropa del módulo 3 del vano 1.



Figura 36. Corrosiones superficiales en la parte volada lateral de la losa ortótropa con corrosiones superficiales. Izquierda, módulo 3 del vano 2 y, derecha, módulo 6 del vano 1.

3.2 ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO

Durante la inspección realizada se examinaron igualmente los elementos de vía identificándose una serie de deficiencias que se describen a continuación.

Se detectaron un gran número de traviesas de hormigón con signos de rotura por fatiga que se evidenciaban en forma de fisuras, muchas de ellas alineadas con el eje de la traviesa (transversal al eje de la estructura).



Figura 37. Fisuras por fatiga en las traviesas de hormigón. Derecha, rotura seccional del elemento coincidiendo con el carril y, derecha, fisuras alineadas con el eje del propio elemento.

En cuanto a las chapas laterales que hacen de murete guardabalasto, estas presentan corrosiones puntuales a lo largo de todo el elemento y aunque algunas de ellas estén acompañadas de herrumbre, no se ha identificado ningún daño que recomiende su sustitución.



Figura 38. Corrosiones, algunas de ellas acompañadas de herrumbre, en el murete guardabalasto.

La chapa de piso que soporta la plataforma presenta un buen estado de conservación. Se realizaron un total de 8 catas en el propio balasto para detectar posibles corrosiones asociadas a la acumulación de agua y únicamente se detectaron ligeras corrosiones de poca relevancia.

La chapa de piso que conforman los paseos laterales también se encuentra en buen estado, presentado solamente alguna corrosión puntual de menor importancia.



Figura 39. Izquierda, corrosiones puntuales en la chapa de piso del paseo de aguas arriba. Derecha, ligeras pátinas de corrosión en la chapa de piso bajo el balasto.

Por otro lado, los muros en vuelta de ambos estribos no cuentan con muretes para contener el balasto, esto provoca que haya un derrame fuera de la plataforma. Al comienzo del muro envuelta del estribo 1, del lado norte, donde discurren los servicios, se detectó un ligero descalce del zuncho de hormigón que los envuelve.



Figura 40. Izquierda, descalce del zuncho que envuelve a los servicios en el lateral norte del muro en vuelta del estribo 1. Derecha, derrame del balasto sobre el muro envuelta sur del estribo 1.

Relativo a las catenarias, tanto la situada sobre el propio puente, como a las existentes en cada uno de los accesos, aun presentando corrosiones superficiales y de menor relevancia, se considera recomendable la actualización de estos elementos a la normativa vigente.



Figura 41. Poste de catenaria situado sobre el puente con corrosiones superficiales.

Las escaleras de acceso a los estribos y pila central están, en líneas generales, en buen estado. No obstante, sería deseable sustituirlas por unas nuevas con un sistema anti-caída para lograr así que los descensos y ascensos se puedan realizar de forma segura.

Por último, las barandillas de los paseos de servicio presentan un buen estado y solamente están afectadas por corrosiones superficiales sin relevancia práctica.

4 INSPECCIÓN SUBACUÁTICA DE LA PILA

El 1 de junio de 2021 se realizó una nueva inspección subacuática de la cimentación de la pila situada en el río Urola, entre las 09:30 y 11:30 de la mañana, aprovechando la menor corriente en el cauce durante la marea alta. Hay que indicar que, previamente, el 19 de octubre de 2011, se había realizado una inspección subacuática, donde no se detectaron socavaciones o descalces reseñables.



Figura 42. Izquierda, preparativos previos a la inspección y derecha, el buzo acompañado de la embarcación durante los trabajos.

Los trabajos fueron realizados por un equipo compuesto de cinco operarios (jefe de equipo, buceador, buceador de reserva, encargado de umbilicales y patrón de embarcación) de la empresa DEMOLICIONES SUBMARINAS. Durante los trabajos, el buceador encargado de realizar la inspección subacuática estuvo asistido por una embarcación de 5ª lista, puesto que, a pesar de realizar los trabajos durante la marea alta, el fuerte viento sur de ese día provocó corriente en el cauce.

La inspección fue dirigida desde tierra por los ingenieros de caminos, canales y puertos, Francisco Prieto Aguilera e Iñaki Jaime Azpiazu, gracias al equipo instalado en el remolque, que mediante el umbilical que conectado al buzo, permitía comunicarse con este y visualizar, en tiempo real, la filmación que realizaba.



Figura 43. Izquierda, el remolque con el sistema de seguimiento incorporado en el interior y derecha, el equipo para la visualización de la filmación del buzo.

Los trabajos tuvieron dos fases diferenciadas, en primer lugar, se realizó la inspección de los paramentos de la pila que están sumergidos y se revisó la superficie de contacto entre el cuerpo de la pila y el lecho del río. Posteriormente, se realizó una batimetría básica del lecho del río en las proximidades del cuerpo de la pila, con la ayuda del ordenador de buceo del que disponía el propio buzo y que permitía conocer la altura de inmersión.

Durante la inspección del paramento del cuerpo de la pila que está sumergido, se pudo comprobar su buen estado. No se apreciaron juntas lavadas ni ausencia de sillares, y se observó que las incrustaciones marinas que presenta van incrementando en espesor a medida que profundiza en la ría. En la base de la pila, estas incrustaciones, principalmente mejillones y ostras, alcanzan un espesor próximo a los 50 cm.

El buzo, provisto de una barra y un redondo de acero, realizó varias catas en la superficie para corroborar el buen estado de la piedra y comprobar el espesor de las incrustaciones marinas.

En cuanto a la superficie de contacto, se pudo verificar que en todo el perímetro de la pila existe una acumulación de fangos sobre el lecho del río que impide ver la superficie sobre la que se asienta la pila. La cimentación, a tenor de lo que se conoce de los puentes carreteros próximos situados aguas abajo de la ría, debiera ser profunda, ejecutada mediante pilotes de madera, pudiendo descansar el cuerpo de la pila sobre un encepado de hormigón en el que se embebían los pilotes de madera, o bien sobre un entarimado de madera que descansaba sobre las cabezas de los pilotes y que se protegía lateralmente mediante escollera. Dado que la fecha de ejecución del puente es de entre 1895 y 1900, lo más probable es que se ejecutara mediante pilotes de madera embebidos en un encepado superior de hormigón, como sucede en el Puente Avenida, puente carretero internacional de Irun, construido en 1912.

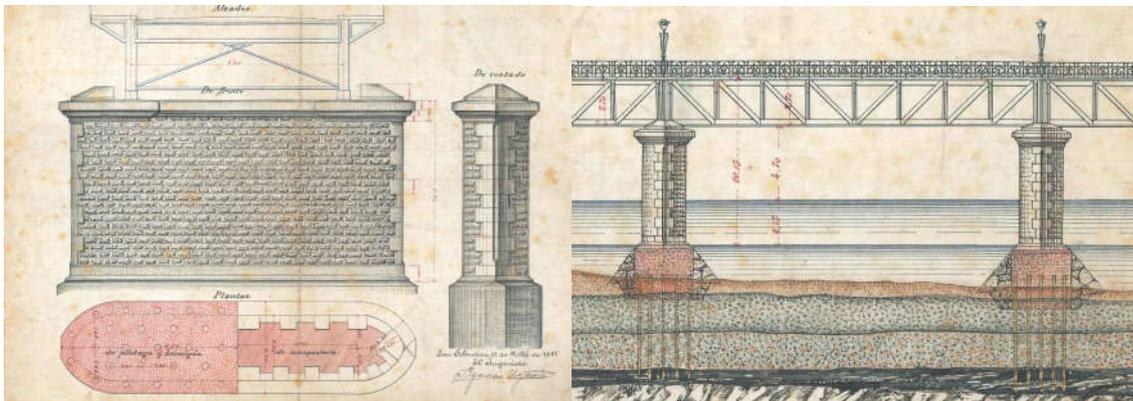


Figura 44. Imágenes de los planos originales de cimentación de las pilas del Puente Avenida, sobre el río Bidasoa.

Durante avenidas extraordinarias, debido al incremento del poder erosivo del agua, suele darse el arrastre del manto de protección de la cimentación o el deterioro de parte de esta, que posteriormente, en periodos entre avenidas, suele rellenarse por depósitos flojos, que impiden detectar tales daños. A tal fin, el buzo, provisto de un redondo de acero, fue pinchando el fango alrededor del perímetro de la pila, no detectándose ninguna oquedad o descalce y siendo firme el terreno bajo estos fangos.

Por otro lado, tampoco se observó ninguna madera que pudiera corresponder a los pilotes o al recinto perimetral que posiblemente fue necesario ejecutar durante su construcción.

En cuanto a la potencia del espesor de fangos, este es variable, siendo menor del lado del tajamar de aguas arriba y aumenta a medida que se aproxima al tajamar de aguas abajo. Del lado de aguas arriba es del orden de 20 cm, a media altura entre ambos extremos es de 40 cm, del lado de la margen izquierda, y 30 cm del lado de la margen derecha. Finalmente, alrededor del tajamar de aguas abajo existe una acumulación que está cubierta de incrustaciones marinas y cuya altura máxima, que se da junto al tajamar, es de 190 cm. Bajo estas incrustaciones, tras lo observado en las catas realizadas con la ayuda de la barra de uñas, podría estar el manto de escollera original de protección de la base de la pila.

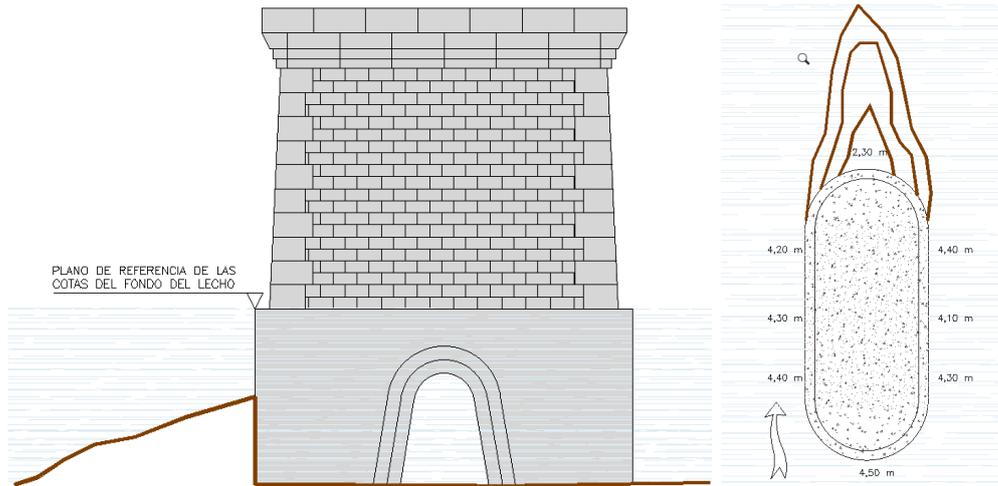


Figura 45. Topografía del lecho en las inmediaciones de la pila.

Por último, de las observaciones realizadas en las inmediaciones de la pila, se puede afirmar que la superficie del lecho es muy uniforme y que se ajusta considerablemente bien a la cartografía definida en el perfil de inundabilidad en la sección correspondiente al puente y que ha sido facilitada por la Agencia Vasca del Agua.

Hay que indicar que no se han incluido imágenes del video de inspección en este informe debido a que la turbidez del agua redujo la visibilidad considerablemente, aunque junto a este informe se hace entrega de la filmación realizada. Añadir que, si bien resulta difícil ubicar las imágenes por la baja visibilidad comentada, la descripción que realiza el buzo durante la filmación permite realizar un seguimiento de la inspección.

Por último, y a la vista de la ausencia de daños, no hay ninguna recomendación de actuación, aunque dentro del plan de mantenimiento de la estructura convendría incluir la siguiente inspección subacuática tras una avenida extraordinaria, cuando parte de los fangos del lecho hayan podido desaparecer, y quede descubierto la parte inferior del cuerpo de la pila.

5 CONCLUSIONES

De las inspecciones realizadas en julio de 2020 y junio de 2021, según lo descrito anteriormente, se puede concluir lo siguiente:

- Los estribos de fábrica presentan daños propios de estos elementos: humedades, pátinas negras, eflorescencias, costras calcáreas, vegetación enraizada, pátinas biológicas y ligeros lavados de junta. Además, los sillares de arenisca cuentan arenizaciones y pulverizaciones.
- Los apoyos de neopreno de los estribos presentan abundante suciedad en su perímetro en forma de herrumbre que se va acumulando fruto del deterioro de los elementos metálicos que lo rodean.
- La pila de fábrica presenta daños similares a los de los estribos: Pátinas biológicas, pátinas negras y humedades. Los sillares de arenisca de los tajamares cuentan con arenizaciones y pulverizaciones, si bien, en el de aguas arriba, existe una pérdida de material mayor. El cuerpo de la pila que está sumergida presenta incrustaciones marinas que van incrementando en espesor a medida que profundiza, llegando hasta los 50 cm en la base.
- El lecho del río está cubierto por una capa superficial de fangos que impide ver el contacto de asiento de la pila, aunque las comprobaciones realizadas por los buzos mediante un redondo de acero descartaron posibles oquedades o descalces. Tampoco se detectó ninguna madera que pudiera corresponder a los pilotes o al recinto perimetral de construcción.
- La superficie del lecho es muy uniforme en las proximidades de la pila, aunque alrededor del tajamar de aguas abajo existe una acumulación que está cubierta de incrustaciones marinas que podría corresponder con el manto de escollera original de protección de la base de la pila.
- Los aparatos de apoyo sobre la pila se encuentran en buen estado.
- La celosía central presenta daños por corrosión en el cordón inferior, presentando, en algunos casos, pérdidas de sección del orden de entre 5 y 8 mm. Las diagonales también presentan daños por corrosión acompañados de pérdida de material, aunque estos deterioros se han observado en las proximidades de la unión con el cordón inferior. No se han detectado daños relevantes en el cordón superior de la celosía central.
- Los daños relevantes por corrosión en las celosías laterales se concentran principalmente en los cordones inferiores y en los montantes de apoyo. Los cordones inferiores presentan fuertes pérdidas de sección resistente, concentrándose los daños en los bordes del ala inferior, donde el agua tiende a acumularse y en las transiciones de los refuerzos del ala inferior. Los montantes de apoyo en pilas y estribos presentan daños puntuales por corrosión muy intensos, donde la corrosión ha llegado a perforar las chapas en algunos puntos. En el resto de los elementos, esto es, montantes, diagonales, contradiagonales y cordones superiores, los daños por corrosión son, con carácter general, superficiales y sin transcendencia práctica.
- La celosía horizontal de arriostamiento inferior cuenta intensas corrosiones en las cartelas de unión de las diagonales con el cordón inferior, donde la acumulación del daño en estas zonas hace que tanto las cartelas como las alas del cordón presenten fuertes pérdidas de sección.
- Las diagonales del arriostamiento vertical que conforman la cruz de San Andrés y los tirantes del nivel inferior de este arriostamiento presentan daños puntuales por corrosión con fuertes pérdidas de sección.
- El arriostamiento transversal de los apoyos presenta daños por corrosión con pérdida de sección resistente en las vigas transversales inferiores y en las zonas de unión con el cordón inferior de las celosías laterales. Todos estos daños están relacionados con la acumulación de agua que se da en estos puntos.
- La losa ortótropa superior está en buen estado por su menor exposición a la lluvia. Los daños por corrosión detectados son superficiales, aunque se ha detectado alguna perforación puntual de poca relevancia.

- Los elementos de equipamiento, a excepción de las traviesas, presentan un estado aceptable. Se recomienda la sustitución de las traviesas, y la actualización de la catenaria y escaleras de acceso a la pila y estribos.
- Los muros en vuelta de ambos estribos no cuentan con muretes para contener el balasto, esto provoca que haya un derrame fuera de la plataforma. Al comienzo del muro envuelta del estribo 1, del lado norte, donde discurren los servicios, se detectó un ligero descalce del zuncho de hormigón que los envuelve.
- La evolución de los daños en los casi nueve años transcurridos desde la última inspección ha sido evidente y negativa.
- Se recomienda incluir dentro del plan de mantenimiento de la estructura una inspección subacuática tras una avenida extraordinaria, cuando parte de los fangos del lecho hayan podido desaparecer, y quede descubierto la parte inferior del cuerpo de la pila.

Como se ha indicado en este anejo, los daños por corrosión avanzada que presentan algunos de los elementos metálicos implican una pérdida de sección resistente que no se puede despreciar, y que por tanto, hacen recomendar una actuación para corregir estas pérdidas resistentes. Del mismo modo, la pintura muestra signos de deterioro en buena parte de la estructura debido al tiempo transcurrido desde el último repintado, lo que aconseja su chorreo y nuevo repintado.

Por último, algunos de los elementos del equipamiento de vía, como se ha indicado arriba, sugieren su sustitución.

Anexo No. 1

Informe de inspección especial

UTE INFHEIN. Junio 2021



PUENTE SOBRE EL RÍO UROLA EN EL PK 079/036 DE LA LÍNEA BILBAO- DONOSTIA EN ZUMAIA, GUIPÚZCOA.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

EUSKO TRENBIDE SAREA
FERROCARRILES VASCOS S.A.



Elaborado por:

Iñaki Jaime Azpiazu
Ingeniero de Proyecto

Revisado por:

Alberto Martin Galán
Jefes de Proyecto

Aprobado por:

Francisco Prieto Aguilera
Jefe de Departamento

Registro de ediciones

ED.	FECHA	GEN.	REV.	AUT.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
1	11.06.2021	IJA	AMG	FPA	Emisión de borrador inicial

NOTAS:

- La copia original firmada de este documento se conserva en SAP.
- Para permitir la mejora continua, se alienta a los integrantes de FHECOR Ingenieros Consultores a notificar al autor de errores, omisiones o cualquier otra oportunidad de mejora.

Contenido

1	ANTECEDENTES Y OBJETO	4
2	INFORMACIÓN PREVIA EXISTENTE	5
3	RESUMEN HISTÓRICO DE ESTUDIOS E INTERVENCIONES	6
4	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	10
5	INSPECCIÓN ESPECIAL – DESCRIPCIÓN DE DAÑOS	15
5.1	ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	15
5.1.1	ESTRIBOS.....	15
5.1.2	PILA.....	17
5.1.3	CELOSÍA CENTRAL.....	18
5.1.4	CELOSÍAS LATERALES.....	20
5.1.5	ARRIOSTRAMIENTOS	23
5.1.6	LOSA ORTÓTropa	27
5.2	ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO.....	28
6	INSPECCIÓN SUBACUÁTICA DE LA PILA	31
7	CONCLUSIONES.....	34
	ANEJO 1. UBICACIÓN DE LAS CATAS EN LA CHAPA DE PISO.....	36
	ANEJO 2. INFORME INSPECCIÓN SUBACUÁTICA	37

1 ANTECEDENTES Y OBJETO

El puente sobre el río Urola fue ejecutado en el año 1900, formado parte del tramo Deba-Zarautz, que fue inaugurado el 1 de Enero de 1901.

En el año 1989 se acometió una obra de refuerzo del puente original, ejecutado en 1900, que consistió en la disposición de una celosía central para descargar a las dos celosías originales, que presentaban entonces y ahora deformaciones importantes.

Posteriormente, en 2003, se procedió con el repintado general del puente y se sustituyó la mayor parte de los perfiles de los arriostramientos de la estructura, empleando tanto uniones atornilladas como soldadas en los diferentes elementos.

La UTE INFHEIN, compuesta por INJELAN, FHECOR e INTEMAC, desarrolló en 2011 y 2012 los trabajos del contrato de "SERVICIO PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE REFORMA Y REFUERZO DE PUENTES Y VIADUCTOS DE LA RED DE EUSKAL TRENBIDE SAREA EN GIPUZKOA". El alcance del contrato incluía la realización de trabajos de inventario, inspecciones principales, inspecciones especiales y redacción de proyectos de reparación.

El puente sobre el río Urola formaba parte de los puentes a inspeccionar, inventariado con el código BI-DO-079/036-U. En otoño de 2011 se realizó una inspección especial del mismo, junto con una inspección subacuática de la pila, que desembocó en mayo de 2012 en la redacción de un proyecto de reparación de la estructura.

Posteriormente, en febrero de 2020, ETS redactó el Informe de Revisión del Proyecto citado, para determinar si el proyecto estaba en condiciones de ser licitado o si requería de una actualización teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde la redacción del proyecto, concluyendo que era necesario acometer una revisión del proyecto para tener en cuenta los cambios normativos y las posibles modificaciones en los precios de mercado de las actuaciones de reparación.

Por tanto, como punto de partida para la actualización del proyecto, ETS adjudicó a FHECOR, con la colaboración de INJELAN, la realización de una inspección especial y la redacción de un informe de evaluación y propuesta de reparación, en el que se puso de manifiesto el estado de conservación de la estructura, se enunciaron las actuaciones de reparación necesarias y se realizó una estimación de la actualización del presupuesto de ejecución de las obras. Dicho informe fue entregado en noviembre de 2020.

Tras esto, en febrero de 2021, ETS licitó los trabajos de "*Servicio para la redacción del Proyecto Constructivo de rehabilitación del puente sobre el río Urola en Zumaia, en el PK 79+036 de la línea Bilbao - Donostia*", siendo la adjudicataria de los trabajos la UTE formada por FHECOR e INJELAN, con fecha de adjudicación 22 de abril de 2021, y habiéndose firmado el acta de inicio de los trabajos el 18 de mayo de 2021. Los trabajos por realizar comprenden dos fases diferenciadas: por un lado, los trabajos previos, que incluye la inspección especial de la estructura y la redacción de un estudio de alternativas que determine cuál es la opción de reparación más adecuada y, por otro lado, el desarrollo en detalle de la alternativa seleccionada en un proyecto de reparación y refuerzo.

El pasado 1 de junio se realizó la inspección subacuática de la pila, que viene a completar la inspección especial del viaducto realizada en julio de 2020.

Este informe presenta un resumen de los trabajos de inspección realizados en el último año por el equipo formado por FHECOR e INJELAN, incluyendo una descripción e interpretación de los daños encontrados durante las inspecciones, así como unas conclusiones.

2 INFORMACIÓN PREVIA EXISTENTE

La documentación de que se ha dispuesto para la realización de los trabajos es la siguiente:

- [1] *CROQUIS DEL PUENTE METÁLICO SOBRE EL RÍO UROLA P.K. 79/036 DE LA LÍNEA BILBAO-DONOSTIA.*
Realizado por Tecnología e investigación ferroviaria S.A. (TIFSA). Junio de 1988.
- [2] *PROYECTO DE REPARACIÓN. PUENTE METÁLICO SOBRE RÍO UROLA P.K. 79/036 DE LA LÍNEA BILBAO-DONOSTIA.*
Redactado por Rafael Martínez Lasheras. Tetrametal ingeniería S.A. Mayo de 1989.
En este proyecto se definen las reparaciones y refuerzos necesarios a ejecutar sobre la estructura original para que sea capaz de soportar el peso de los vehículos ferroviarios, eliminando de esta forma las limitaciones de carga y de velocidad.
El proyecto contiene memoria y planos.
- [3] *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO RESISTENTE Y DE LOS REFUERZOS DEL PUENTE METÁLICO SOBRE EL RÍO UROLA. P.K. 79/036 DE LA LÍNEA BILBAO-DONOSTIA.*
Redactado por Rafael Martínez Lasheras. Septiembre de 2003.
En este estudio se realiza un análisis del comportamiento resistente de la estructura teniendo en cuenta los refuerzos y reparaciones llevadas a cabo según el proyecto de 1989, al objeto de determinar los refuerzos y reposiciones necesarias en los elementos de la estructura.
- [4] *TREN DE CARGAS* suministrado por ETS.
A partir del definido en la IAPF-07 Orden FOM/3671/2007. Octubre de 2011.
- [5] *REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL SUBACUÁTICA.*
Realizada por la empresa Galacuat, bajo la supervisión de la U.T.E. INFHEIN. Octubre de 2011.
- [6] *FICHAS DE INVENTARIO E INSPECCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO UROLA,* con código BI-DO-079/036-U.
U.T.E. INTEMAC-FHECOR. Noviembre de 2011.
- [7] *PROYECTO DE REPARACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO UROLA EN EL P.K. 079/036 DE LA LÍNEA BILBAO-DONOSTIA. ZUMAIA. GUIPÚZCOA*
Redactado por la U.T.E. INFHEIN. Febrero de 2012.
- [8] *PESOS DE LOS TRENES EN CIRCULACIÓN,* suministrado por ETS.
- [9] *INFORME DE EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO UROLA EN EL PK 079/036 DE LA LÍNEA BILBAO-DONOSTIA EN ZUMAIA, GUIPÚZCOA*
Redactado por FHECOR-INJELAN. Noviembre de 2020.
- [10] *INSPECCIÓN SUBACUÁTICA*
Realizada por la empresa DEMOLICIONES SUBMARINAS el 01 de junio de 2021, centrada en el estudio de la posible socavación de la pila central.

3 RESUMEN HISTÓRICO DE ESTUDIOS E INTERVENCIONES

La estructura sobre el río Urola constituye una magnífica obra de ingeniería de finales del s XIX.

El 22 de junio de 1898 el contratista Pedro Gandaga resultó adjudicatario, por 1.588.112,37 pesetas, de las obras de construcción del ferrocarril de Deva a Zumaya, comprometiéndose a terminarlas en dos meses.

El tramo entre Zumaya y Zarautz se adjudicó por 667.480 pesetas a José Ignacio Ostolaza, contratando el 3 de febrero de 1899 a Talleres Miravalles todos los tramos metálicos de la línea, entre los cuales se puede destacar, por ser el más importante, el del río Urola en Zumaya, de 102 m de longitud, con una pila central de fábrica de sillería cuya ejecución fue encomendada al contratista Amadeo Amador. El 3 de abril de 1899 se contrataron los carriles con “La Vizcaya” y las traviesas con José Uribasterra.

La inauguración de los distintos tramos tuvo lugar en las siguientes fechas:

- Elgoibar a Deva 3 de agosto de 1893
- Deva a Zarautz 1 de enero de 1901
- Zarautz a San Sebastián 9 de abril de 1895

Con la inauguración del tramo Deva – Zarautz se consiguió dar servicio entre Elgoibar y San Sebastián y, por tanto, dar conexión directa entre Bilbao y San Sebastián.

INTERVENCIÓN DE 1989

Transcurrido casi un siglo desde su puesta en servicio, en 1989 la estructura original fue objeto de una intervención definida en un proyecto de reparación redactado por el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Rafael Martínez Lasheras, de Tetrametal S.A.

La intervención más importante incluida en este proyecto consistía en la ejecución de una nueva celosía central, cuyo objetivo era descargar las cerchas laterales, que presentaban ya entonces un deterioro muy importante. Esta nueva celosía se complementaba con la ejecución de una nueva plataforma, formada por una serie de largueros unidos a una chapa superior, materializando así una chapa ortótropa que sirve de plataforma y de paseo de servicio.



Figura 1. Vista de la celosía central ejecutada según el proyecto de reparación de 1989.

Dentro de este proyecto cabe destacar también la sustitución en los estribos de los aparatos de apoyo metálicos móviles de las celosías originales por unos neoprenos. Los apoyos metálicos fijos de la pila se mantuvieron. La nueva celosía se proyectó también apoyada sobre neoprenos, tanto en los estribos como en la pila, sobre unos durmientes de hormigón armado.



Figura 2. Durmiente de hormigón para el apoyo de la celosía central sobre el estribo 2.

Junto a la ejecución de la celosía central, el proyecto de 1989 incluía las siguientes actuaciones de reparación y saneo de los elementos originales:

CELOSÍAS PRINCIPALES

- Reparación de las perforaciones existentes en las diagonales de las celosías, mediante la colocación de cubrejuntas a cada lado de la zona perforada, conectadas con tornillos de alta resistencia, y sellado de las juntas con resina epoxi.
- Saneamiento de zonas corroídas, pero que no requerían de refuerzo.
- Reparación de la cabeza superior de las celosías.

TABLERO

- Reparación de perforaciones de alas y almas de viguetas transversales superiores, empleando también cubrejuntas y tornillos.
- Reparación de perforaciones de alas de largueros, empleando también cubrejuntas y tornillos.
- Retirada de perfiles UPN sobre largueros.

ARRIOSTRAMIENTOS

- Sustitución de cartelas corroídas de arriostramientos inferior y transversal.
- Sustitución de diagonales de arriostramientos inferior y transversal con mayor corrosión.
- Reparación de diagonales de arriostramientos inferior y transversal con menor corrosión.
- Colocación de cartelas en las secciones de cruce de los arriostramientos inferiores.
- Sustitución de diagonales y montantes de marcos transversales en las secciones de apoyo.

ESTRIBOS

- Limpieza de las mesetas de apoyo de los estribos.
- Rejuntado de las piezas de fábrica.
- Sellado de las grietas de los estribos.

GENERAL

- Sustitución de roblones flojos o deteriorados por tornillos de alta resistencia.
- Limpieza y aplicación de pintura de protección frente a la corrosión en la estructura metálica.
- Colocación de escaleras de acceso a la pila y estribos.
- Montaje de pasarelas de inspección en cada uno de los vanos.

El acero empleado en el proyecto de 1989 presentaba un límite elástico de 255 MPa

El proceso de ejecución previsto para este proyecto consistía en la ejecución en primer lugar de los refuerzos de los diferentes elementos estructurales, para proceder en una segunda fase con la ejecución de la nueva celosía central. Se desconoce si estas actuaciones de realizaron con circulación de tráfico ferroviario.

Se destaca también que la evaluación estructural de este proyecto se realizó tomando como acciones de partida las indicadas en la *Instrucción relativa a las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Ferrocarril (O.M. 25-IV-75)*, excepto en lo que se refiere a los trenes de las sobrecargas, ya que se consideraron tres ejes de 20 t, frente a los cuatro ejes de 20 t actuales, separados 1,50 m y una sobrecarga uniforme de 6 t/m, frente a las 8t/m actuales. La velocidad de cálculo considerada fue de 80 km/h.

Otro aspecto importante del proyecto de reparación de 1989 es que se extrajeron una serie de probetas del acero original para someterlas a ensayo, obteniendo como conclusiones más importantes que el límite elástico del acero era de unos 235 MPa y que el acero era soldable siempre que se emplearan electrodos de revestimiento básico.

INTERVENCIÓN DE 2003

Tras las obras de reparación y refuerzo de 1989 la siguiente intervención en la estructura tuvo lugar en 2003, centrada en las siguientes actuaciones:

- Sustitución completa de todos los montantes de las celosías originales, salvo los situados en los diafragmas de estribos y pila.
- Sustitución completa de todas las diagonales de las celosías originales.
- Refuerzo de las viguetas transversales de la chapa superior del tablero.
- Refuerzo de las uniones de los rigidizadores longitudinales de la chapa superior del tablero con las viguetas transversales.
- Refuerzo de la unión atornillada del cordón superior de la celosía central con las diagonales.
- Sustitución de aparatos de apoyo elastoméricos de las celosías originales sobre los estribos, que fueron sustituidos en 1989, por otros de mayores dimensiones.
- Disposición de puntales o topes transversales en estribos y pila frente a cargas horizontales.
- Refuerzo de cordones de las celosías originales mediante angulares atornillados al alma del cordón, ya que soportaban tensiones superiores al límite elástico.
- Limpieza, chorreado y aplicación de pintura de protección a toda la estructura.

Estas intervenciones se distinguen por la presencia de perfiles laminados habitualmente utilizados en la actualidad y el empleo en algunas ocasiones de soldaduras en lugar de tornillos de alta resistencia.

En cuanto al análisis estructural realizado para la intervención de 2003 se destaca que se emplearon las prescripciones de la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril* que estaba pendiente aún de aprobación en la fecha de redacción del documento, considerando un coeficiente de mayoración para las acciones permanentes de 1,20 (frente al valor de 1,35 actual) y para las acciones variables de 1,30 (frente al valor de 1,50 actual).

En las imágenes siguientes se aprecian los perfiles metálicos de las diagonales y montantes de las celosías originales que fueron sustituidos en 2003, con un color ocre distinto al resto de los elementos metálicos. Se pueden apreciar también los andamios empleados para la ejecución de las obras, que fueron montados sobre las plataformas de inspección instaladas en 1989.



Figura 3. Diferentes tonalidades de perfiles originales y nuevos. Obras de refuerzo de 2003.



Figura 4. Andamios empleados para las reparaciones realizadas en 2003.

4 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura objeto del presente proyecto se encuentra en el PK 079/036 de la línea Bilbao-Donostia, en el municipio de Zumaia, y salva el río Urola en su tramo final.

A continuación se muestra la localización de la estructura:



Figura 5. Ubicación del puente sobre el río Urola.



Figura 6. Alzado derecho desde margen izquierda.

La estructura es recta en planta, sin pendiente en alzado, con una sección transversal de 4,00 m de ancho en el paramento inferior. En el paramento superior la sección transversal se encuentra cerrada por una chapa superior nervada hasta alcanzar una anchura total de 5,88 m, con dos hilos para la circulación ferroviaria (vía única) y paseos laterales en ambos lados de la plataforma.

El material de vía es convencional, con traviesas de hormigón y banqueta de balasto dispuesta directamente sobre la chapa del tablero, con un murete guardabalasto metálico.

La obra de paso está formada por dos vanos hiperestáticos idénticos, con una longitud total de 102,00 m, medida entre ejes de apoyo de estribos, es decir con dos vanos de 51,00 m de luz cada uno.

El tablero está formado por dos vigas principales continuas en celosía tipo Town con su característica alma cerrada en celosía múltiple, que posteriormente fueron reforzadas en una intervención posterior de la estructura principal original mediante una celosía central de tipo Warren constituida por perfiles metálicos formando una serie de triángulos isósceles, de manera que todas las diagonales tienen la misma longitud.

En las imágenes siguientes se muestran los alzados de la estructura, tanto el alzado lateral como el central por el eje de la estructura:

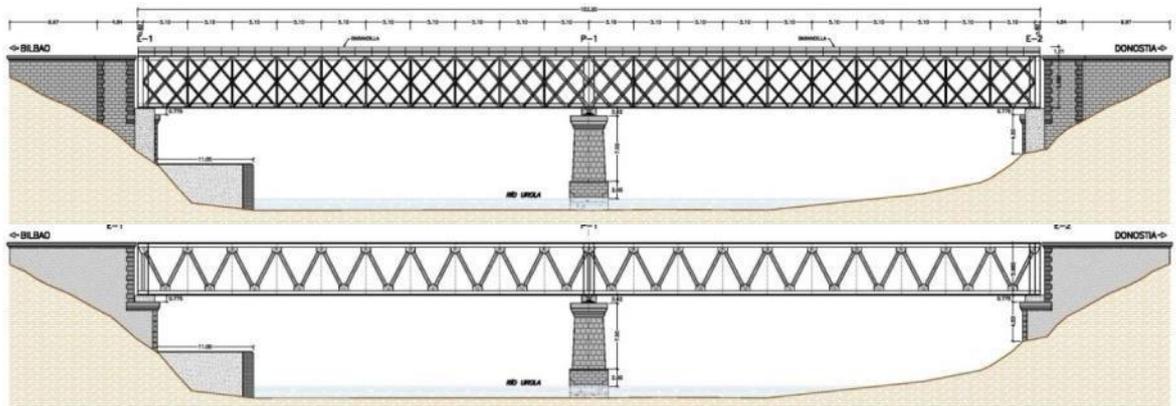


Figura 7. Alzado lateral y central del puente sobre el río Urola

Las cerchas principales presentan un canto máximo de 5,985 m aproximadamente, es decir con una relación canto/luz de 1/8,5. Los cordones superior e inferior están reforzados tanto en centro de vano como sobre la pila.



Figura 8. Vista en escorzo desde lado izquierdo del estribo 1.

El tablero está constituido por un emparrillado de viguetas y largueros, resueltos como vigas armadas formadas por un alma llena y dos angulares formando cada una de las alas. La separación de las viguetas transversales es de 5,10 m, ya que coinciden con la posición de los montantes de las vigas principales.

Los cordones inferiores están conectados mediante arriostramientos en cruz de San Andrés. También hay arriostramientos en los recuadros situados bajo las viguetas transversales, con la misma tipología de cruces de San Andrés, en todos los módulos.

La pila y los estribos son de sillería caliza. La pila tiene 3,80 m de canto, con una anchura de 9,40 m totales, y que vuela 1,70 m por cada lado del tablero. La altura de la pila que queda libre de la carrera de marea es de 7,50 m aproximadamente. La altura total es de unos 12,50 m, teniendo en cuenta la parte sumergida permanente o temporalmente.



Figura 9. Alzado de pila 1 desde estribo 1.

Los estribos tienen una altura de unos 4,50 m desde su cimentación hasta la meseta de apoyo del tablero y una anchura del estribo de fábrica original de 6,20 m. Están rematados por muros en vuelta de la misma fábrica que el cuerpo central. Estos muros en vuelta tienen un tramo previo de 4,64 m en el caso del estribo 1 y de 4,84 m en el caso del estribo 2, y un tramo posterior de 9,97 m, separados por un retranqueo hacia el interior. Los estribos presentan unos recrecidos de hormigón ejecutados durante la última intervención, con lo que la anchura total actual es de 7,80 m.



Figura 10. Alzado de estribo 1.

Como se ha comentado, existen durmientes de hormigón, contruidos en la reparación de 1989, con el objetivo de repartir las reacciones de los apoyos de la celosía central en toda la anchura de la pila y los estribos.



Figura 11. Cargadero de hormigón de pila 1 desde vano 2.

Los aparatos de apoyo de las vigas principales laterales situados sobre la pila son fijos, de rótula metálica. Los situados sobre los estribos de las cerchas principales laterales y todos los de la viga principal central son apoyos elastoméricos.



Figura 12. Aparato de apoyo izquierda de pila 1.

La vía está electrificada. El puente soporta un poste de catenaria, con dos postes adicionales en los accesos a la estructura, sobre los muros en vuelta de los estribos. La plataforma ferroviaria está formada por la banqueta de balasto dispuesta sobre la chapa superior del tablero, traviesas de hormigón y carril convencional de ancho métrico.



Figura 13. Vista de la plataforma en sentido PK decreciente desde el estribo 2.

5 INSPECCIÓN ESPECIAL – DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

La inspección especial realizada los días 6, 7 y 8 de julio por los inspectores Alberto Martín Galán e Iñaki Jaime Azpiazu, Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de FHECOR e INJELAN respectivamente, sirvió para identificar con precisión todos los elementos del puente deteriorados y que han de ser objeto de reparación o sustitución previas. Así también, sirvió para conocer la evolución de los daños desde la inspección principal realizada en octubre de 2011.

Para la ejecución de los trabajos se hizo uso de la plataforma de inspección y mantenimiento que tiene la propia estructura en cada uno de los vanos y que está suspendida de los cordones inferiores de las celosías laterales del puente.

A continuación se exponen los daños detectados durante la inspección realizada, ordenada según elementos estructurales y elementos de equipamiento.



Figura 14. Alzado del puente desde aguas abajo tomada durante la inspección especial realizada.

5.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.1.1 ESTRIBOS

El estado de los estribos, en ambos casos, es similar al que presentaban en la ya comentada inspección principal de 2011, aunque ciertos daños, como es de esperar, han seguido evolucionando negativamente.

Los estribos presentan humedades, pátinas negras, eflorescencias y costras calcáreas puntuales que están sujetas a surgencias de agua. Estos daños son más notorios en los muros en vuelta del lado norte por su menor exposición al sol.



Figura 15. Muros en vuelta del lado norte del estribo 2, izquierda, y estribo 1, derecha, con humedades, pátinas negras, eflorescencias, costras calcáreas, pátinas biológicas y vegetación enraizada.

Se ha detectado también vegetación enraizada y pátinas biológicas en los muros en vuelta de los dos estribos, siendo este daño más recurrente en el estribo 2.

Los sillares de borde de los dos estribos presentan arenizaciones y pulverizaciones, debido a la erosión producida por la escorrentía y la acción del viento.

Así también, en el estribo 2, se han detectado ligeros lavados de junta de poca extensión e intensidad, que no revisten trascendencia, aunque como se puede apreciar en las imágenes inferiores, la evolución del daño en los casi nueve años transcurridos desde la última inspección ha sido evidente y negativa.



Figura 16. Comparación de la evolución del alzado del estribo 2 desde la inspección principal realizada en 2011. Izquierda, imagen de 2011, y derecha, imagen de 2020, donde se indican mediante flechas en rojo las zonas que presentan una evolución negativa de los daños.



Figura 17. Arenización de sillares en los laterales de los estribos. Izquierda, borde lateral sur del estribo 2, y derecha, borde lateral sur del estribo 1.

En cuanto a los recrecidos de hormigón, ejecutados posteriormente a la puesta en servicio de la estructura y dentro de la actuación de refuerzo de la estructura original, siguen presentando algunos deterioros superficiales, tales como coqueas y pequeñas fisuras en mapa.

Se ha constatado que los aparatos de apoyo metálicos originales del estribo 2 siguen estando en las orillas del río, pues estos fueron sustituidos por elastómeros durante las obras de refuerzo del puente. Esto puede observarse en la figura 16.

Por último, los apoyos presentan abundante suciedad en su perímetro en forma de herrumbre que se va acumulando fruto del deterioro de los elementos metálicos que lo rodean. Esta constante acumulación de material puede llegar a dificultar el correcto funcionamiento de los aparatos de apoyo.



Figura 18. Acumulación de herrumbre en los aparatos de apoyo de las celosías laterales sobre el estribo 2.

5.1.2 PILA

Se ha observado que la pila se encuentra en un estado similar al descrito en octubre de 2011.

La pila sigue presentando abundantes pátinas biológicas, pátinas negras y humedades, como es de esperar en este tipo de elementos sometidos a la escorrentía directa.

Presenta, además, abundantes arenizaciones y pulverizaciones en los sillares del tajamar de aguas arriba y aguas abajo. Este deterioro presenta una extensión e intensidad de cierta trascendencia, por la pérdida de material que conlleva este daño. Se ha podido constatar que la evolución del daño no es significativa, presentando una pérdida de material semejante al contemplado en la última inspección.

Así también, en el tajamar de aguas arriba se siguen apreciando pérdidas de parte de los sillares, debido probablemente a golpes de material de arrastre en grandes avenidas.



Figura 19. Izquierda, pérdida de material en sillares del tajamar semicircular del lado sur, incluso arenización en los sillares superiores. Derecha, pátinas biológicas, pátinas negras y humedades en el alzado del lado este de la pila.

Por otro lado, la pila tiene un cargadero de hormigón en la zona superior central, construido para dar apoyo a la cercha central de la estructura, ejecutado como refuerzo de la estructura original. Este recrecido de hormigón presenta algunos defectos superficiales por una mala ejecución en su cara oeste, así como desconches del hormigón como consecuencias de la corrosión de la armadura.

Por último, hay que indicar que los aparatos de apoyo sobre la pila se encuentran en buen estado, a pesar de las corrosiones observadas en las chapas de tope perimetrales que rodean el neopreno de apoyo de la celosía central y las corrosiones superficiales detectadas en las rótulas de las celosías laterales.



Figura 20. Izquierda, recrecido de hormigón con desconches en su cara este sobre la pila 1. Derecha, chapas perimetrales al neopreno con paquetes de hidróxido.

5.1.3 CELOSÍA CENTRAL

El cordón inferior de la celosía central, debido a su mayor exposición y a la tendencia de las alas a acumular agua de lluvia, presenta un nivel de deterioro muy superior al resto de elementos que componen esta celosía. En algunos puntos los paquetes de hidróxido son relevantes pues llegan a producir pérdidas de sección del orden de entre 5 y 8 mm.



Figura 21. Paquetes de hidróxido en las alas del cordón inferior en el módulo 7 del vano 2.



Figura 22. Uniones de continuidad del cordón inferior afectadas por la corrosión. Izquierda, módulo 8 del vano 2 y, derecha, módulo 9 del vano 2.

Las diagonales de la celosía presentan daños por corrosión pero de menor extensión e intensidad en general, aunque se han detectado corrosiones puntuales intensas, algunas de ellas acompañadas de paquetes de hidróxido. En todos los casos, estos deterioros se han observado en las proximidades de

la unión con el cordón inferior, coincidiendo con la mayor exposición de esta zona. Son recurrentes las corrosiones en los bordes inferiores del ala de las diagonales es su parte baja, lo que podría estar relacionado con el escurrido de las aguas de lluvia a través de la diagonal.



Figura 23. Izquierda, paquetes de hidróxido en el ala de la diagonal en el módulo 10 del vano2. Derecha, corrosiones en el ala de la diagonal en su parte baja en el módulo 5 del vano 1.

Por otro lado, no se han detectado daños relevantes en el cordón superior de la celosía central.

De la comparación realizada entre la reciente inspección a la realizada en octubre de 2011, se puede afirmar que los daños relativos a la corrosión han sufrido un claro avance tanto en intensidad como en extensión. A modo de ejemplo, se incluyen las siguientes imágenes donde se observa claramente el deterioro de la pintura protectora y el avance del daño producido por la corrosión. Hay que indicar además que, en la anterior inspección únicamente se detectaron daños en el cordón inferior y que en ningún caso estos presentaban paquetes de hidróxido de la magnitud mostrada en las imágenes anteriores.



Figura 24. Cordón inferior del módulo 8 del vano 1. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.



Figura 25. Cordón inferior del módulo 2 del vano 2. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.

5.1.4 CELOSÍAS LATERALES

Los daños relevantes por corrosión en las celosías laterales se concentran principalmente en los cordones inferiores y en los montantes de apoyo. En el resto de los elementos, esto es, montantes, diagonales, contradiagonales y cordones superiores, los daños por corrosión son, con carácter general, superficiales y sin transcendencia práctica.

Los cordones inferiores presentan fuertes pérdidas de sección resistente, concentrándose los daños en los bordes del ala inferior, donde el agua tiende a acumularse. A esto se le suma además que, estas zonas ya presentaban daños anteriores a la última intervención, lo cual genera más irregularidades y favorece la indicada acumulación de agua. Algo similar ocurre en las transiciones de los refuerzos que existen en el ala inferior, donde se detectaron fuertes pérdidas de sección.

Otro punto donde se han observado daños por corrosión con cierta regularidad es la unión entre el alma y el ala inferior de cordón, donde la discontinuidad que se forma en dicho punto es propicia a la acumulación de agua.



Figura 26. Corrosiones con fuertes pérdidas de sección en el cordón inferior de la celosía de aguas abajo en el módulo 3 del vano 2.



Figura 27. Izquierda, fuerte pérdida de sección en el ala inferior del cordón inferior de aguas arriba en módulo 6 del vano 2. Derecha, corrosión generalizada en el refuerzo del cordón inferior de aguas abajo en el módulo 6 del vano 2.



Figura 28. Fuertes pérdidas de sección por corrosión en el ala inferior del cordón inferior. Izquierda, módulo 9 del vano 2 aguas arriba, derecha, módulo 3 del vano 1 aguas arriba.



Figura 29. Corrosiones en la unión entre alma y ala del cordón inferior. Izquierda, módulo 8 del vano 1 aguas arriba, derecha, módulo 5 del vano 2 aguas abajo.

Por otro lado, tal y como se ha indicado, los montantes de apoyo en pilas y estribos presentan daños puntuales por corrosión muy intensos, donde la corrosión ha llegado a perforar las chapas en algunos puntos. Aquí también, al tratarse de perfiles compuestos conformados a partir de la unión de distintas chapas, la corrosión está asociada a la acumulación de agua que se da en las uniones entre estas chapas.



Figura 30. Fuertes corrosiones, llegando a perforar las chapas incluso, en el montante de apoyo sobre la pila 1 en el lado de aguas abajo.

Los montantes, diagonales, contradiagonales y cordón superior presentan únicamente corrosiones superficiales como se puede ver en las siguientes figuras.



Figura 31. Corrosión superficial en celosías laterales. Izquierda, cordón superior del módulo 5 del vano 2 aguas arriba. Derecha, diagonal del módulo 8 del vano 2 aguas abajo.



Figura 32. Corrosión superficial en celosías laterales. Izquierda, cordón superior del módulo 9 del vano 2 aguas abajo. Derecha, contradiagonal del módulo 2 del vano 2 aguas abajo.

En cuanto a la evolución del daño desde la última inspección realizada en 2011, tal y como se puede observar en las figuras siguientes, además del claro deterioro de la pintura, se puede apreciar el avance de los daños producidos por la corrosión.



Figura 33. Montante de apoyo aguas abajo sobre la pila 1. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.



Figura 34. Cartela de unión del montante de apoyo aguas abajo sobre el estribo 2. Imagen tomada en 2011, izquierda, y en 2020, derecha.

5.1.5 ARRIOSTRAMIENTOS

Se refiere este punto al arriostramiento horizontal del cordón inferior, materializado mediante la celosía que se conforma en el mismo plano del cordón inferior, y al arriostramiento vertical existente coincidiendo con todos los montantes de las celosías laterales. Ambos sistemas de rigidización están conectados entre sí y confieren al puente la necesaria rigidez frente a acciones horizontales.

En la celosía horizontal que se conforma al nivel del cordón inferior son de destacar las intensas corrosiones detectadas en las cartelas de unión de las diagonales con el cordón inferior, donde la acumulación del daño en estas zonas hace que tanto las cartelas como las alas del cordón presenten fuertes pérdidas de sección.



Figura 35. Cartelas de unión entre diagonal y cordón inferior en el módulo 8 del vano 2 con fuertes pérdidas de sección.



Figura 36. Cartela de unión entre diagonal y cordón inferior en el módulo 7 del vano 2 con fuertes pérdidas de sección.



Figura 37. Cartela de unión entre diagonal y cordón inferior, previamente ya reforzada, en el módulo 6 del vano 2 con fuertes corrosiones.

Las cartelas de unión en el cruce de las diagonales que conforman una cruz de San Andrés presentan ligeras corrosiones, algunas de ellas acompañadas por pequeños paquetes de hidróxido. Estos daños no son generalizados y allí donde se producen no comprometen la capacidad resistente del elemento por el momento.



Figura 38. Cartela para el cruce de diagonales con corrosiones superficiales y acompañadas del algún paquete de hidróxido puntual. Izquierda, módulo 6 del vano 1 y, derecha, módulo 2 del vano 1.

Las diagonales que conforman la cruz de San Andrés se encuentran en buen estado y únicamente se han detectado corrosiones superficiales puntuales.



Figura 39. Diagonales que conforman la cruz de San Andrés de la celosía horizontal con corrosiones superficiales de poca intensidad. Izquierda, módulo 8 del vano 1 y, derecha, módulo 1 del vano 1.

El arriostramiento vertical se materializa mediante una cruz de San Andrés que une el cordón superior con el inferior. Cuenta, además, con una viga transversal superior, con un tirante, a media altura de los montantes, y otro tirante al nivel del cordón inferior.

Los elementos que presentan mayores daños por corrosión en este arriostramiento son los tirantes del nivel inferior y las diagonales que conforman las cruces de San Andrés.



Figura 40. Diagonales con perforaciones debidas a la corrosión en la mitad superior. Izquierda, módulo 4 del vano 2 y, derecha, módulo 1 del vano 2.



Figura 41. Diagonales con perforaciones debidas a la corrosión en la unión con el cordón inferior. Izquierda, módulo 6 del vano 2 y, derecha, módulo 5 del vano 1.



Figura 42. Tirantes inferiores con perforaciones debidas a la corrosión en la unión con el cordón inferior en el módulo 7 del vano 2.

En cuanto a las cartelas de unión intermedias y laterales, la superior e inferior, presentan corrosiones puntuales de menor intensidad que las mostradas para los elementos anteriores.



Figura 43. Corrosiones en las cartelas de unión del sistema de arriostramiento vertical. Izquierda, cartela de unión con cordón inferior en el módulo 3 del vano 2 y, derecha, cartela de unión central en el módulo 8 del vano 1.

Por otro lado, los tirantes intermedios y las vigas transversales superiores están en buen estado, habiéndose detectado en casos puntuales deterioros de menor importancia.



Figura 44. Corrosiones puntuales en la viga transversal superior, izquierda, y tirante intermedio, derecha, del módulo 9 del vano 1.

Por último, en los sistemas de arriostramiento transversal de apoyos, esto es, en pila central y estribos, los mayores deterioros observados se dan en las vigas transversales inferiores y en las zonas de unión con el cordón inferior de las celosías laterales. Todos estos daños están relacionados con la acumulación de agua que se da en estos puntos.

Así también, en el apoyo de los arriostramientos exteriores, que coaccionan el cordón superior de las celosías laterales, se ha observado la necesidad de incluir un calce adicional para asegurar el contacto con los enanos verticales de apoyo.



Figura 45. Arriostramiento transversal de pila, izquierda, y estribo 2, derecha, con corrosiones superficiales.



Figura 46. Izquierda, falta de apoyo en el arriostramiento o puntal del cordón superior en el estribo 2 aguas abajo. Derecha, corrosiones acompañadas de paquetes de hidróxido en la viga transversal inferior del estribo 2 aguas abajo.

5.1.6 LOSA ORTÓTropa

Este elemento que conforma el tablero superior que da soporte a la plataforma, se conforma a partir de una chapa de piso y rigidizadores longitudinales.

Su estado general es bueno al ser la parte de la estructura menos expuesta a la acción de la lluvia. Los daños por corrosión detectados usualmente son superficiales, aunque también se han detectado perforaciones puntuales de poca relevancia.



Figura 47. Corrosiones superficiales, incluso alguna perforación, en la losa ortótropa en el módulo 6 del vano 2.



Figura 48. Detalle de perforación puntual por corrosión en el rigidizador longitudinal de la losa ortótropa del módulo 3 del vano 1.



Figura 49. Corrosiones superficiales en la parte volada lateral de la losa ortótropa con corrosiones superficiales. Izquierda, módulo 3 del vano 2 y, derecha, módulo 6 del vano 1.

5.2 ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO

Durante la inspección realizada se examinaron igualmente los elementos de vía identificándose una serie de deficiencias que se describen a continuación.

Se detectaron un gran número de traviesas de hormigón con signos de rotura por fatiga que se evidenciaban en forma de fisuras, muchas de ellas alineadas con el eje de la traviesa (transversal al eje de la estructura).



Figura 50. Fisuras por fatiga en las traviesas de hormigón. Derecha, rotura seccional del elemento coincidiendo con el carril y, derecha, fisuras alineadas con el eje del propio elemento.

En cuanto a las chapas laterales que hacen de murete guardabalasto, estas presentan corrosiones puntuales a lo largo de todo el elemento y aunque algunas de ellas estén acompañadas de herrumbre, no se ha identificado ningún daño que recomiende su sustitución.



Figura 51. Corrosiones, algunas de ellas acompañadas de herrumbre, en el murete guardabalasto.

La chapa de piso que soporta la plataforma presenta un buen estado de conservación. Se realizaron un total de 8 catas en el propio balasto para detectar posibles corrosiones asociadas a la acumulación de agua y únicamente se detectaron ligeras corrosiones de poca relevancia. La ubicación de estas catas queda definida en el anejo nº1 del presente informe.

La chapa de piso que conforman los paseos laterales también se encuentra en buen estado, presentado solamente alguna corrosión puntual de menor importancia.



Figura 52. Izquierda, corrosiones puntuales en la chapa de piso del paseo de aguas arriba. Derecha, ligeras pátinas de corrosión en la chapa de piso bajo el balasto.

Por otro lado, los muros en vuelta de ambos estribos no cuentan con muretes para contener el balasto, esto provoca que haya un derrame fuera de la plataforma. Al comienzo del muro envuelta del estribo 1, del lado norte, donde discurren los servicios, se detectó un ligero descalce del zuncho de hormigón que los envuelve.



Figura 53. Izquierda, descalce del zuncho que envuelve a los servicios en el lateral norte del muro en vuelta del estribo 1. Derecha, derrame del balasto sobre el muro envuelta sur del estribo 1.

Relativo a las catenarias, tanto la situada sobre el propio puente, como a las existentes en cada uno de los accesos, aun presentando corrosiones superficiales y de menor relevancia, se considera recomendable la actualización de estos elementos a la normativa vigente.



Figura 54. Poste de catenaria situado sobre el puente con corrosiones superficiales.

Las escaleras de acceso a los estribos y pila central están, en líneas generales, en buen estado. No obstante, sería deseable sustituirlas por unas nuevas con un sistema anti-caída para lograr así que los descensos y ascensos se puedan realizar de forma segura.

Por último, las barandillas de los paseos de servicio presentan un buen estado y solamente están afectadas por corrosiones superficiales sin relevancia práctica.

6 INSPECCIÓN SUBACUÁTICA DE LA PILA

El 1 de junio de 2021 se realizó una nueva inspección subacuática de la cimentación de la pila situada en el río Urola, entre las 09:30 y 11:30 de la mañana, aprovechando la menor corriente en el cauce durante la marea alta. Hay que indicar que, previamente, el 19 de octubre de 2011, se había realizado una inspección subacuática, donde no se detectaron socavaciones o descalses reseñables.



Figura 55. Izquierda, preparativos previos a la inspección y derecha, el buzo acompañado de la embarcación durante los trabajos.

Los trabajos fueron realizados por un equipo compuesto de cinco operarios (jefe de equipo, buceador, buceador de reserva, encargado de umbilicales y patrón de embarcación) de la empresa DEMOLICIONES SUBMARINAS. Durante los trabajos, el buceador encargado de realizar la inspección subacuática estuvo asistido por una embarcación de 5º lista, puesto que, a pesar de realizar los trabajos durante la marea alta, el fuerte viento sur de ese día provocó corriente en el cauce.

La inspección fue dirigida desde tierra por los ingenieros de caminos, canales y puertos, Francisco Prieto Aguilera e Iñaki Jaime Azpiazu, gracias al equipo instalado en el remolque, que mediante al umbilical que conectado al buzo, permitía comunicarse con este y visualizar, en tiempo real, la filmación que realizaba.

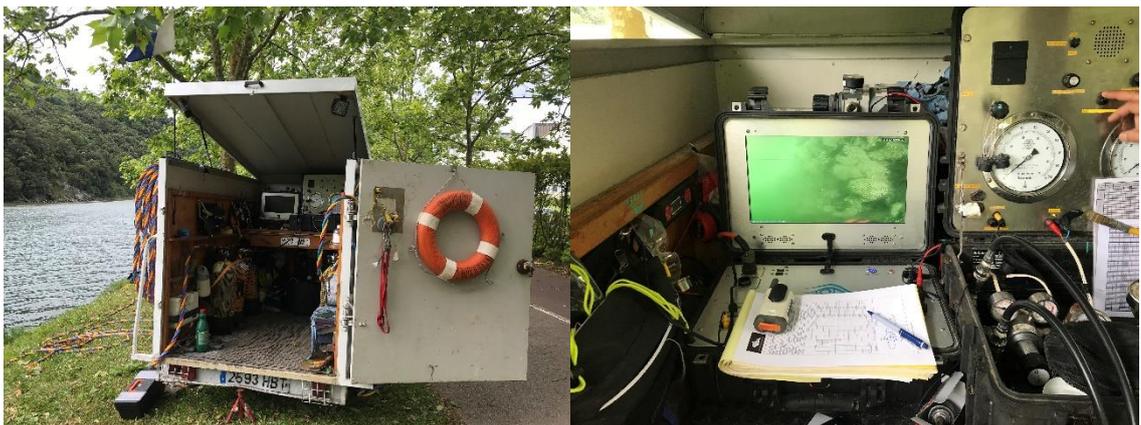


Figura 56. Izquierda, el remolque con el sistema de seguimiento incorporado en el interior y derecha, el equipo para la visualización de la filmación del buzo.

Los trabajos tuvieron dos fases diferenciadas, en primer lugar, se realizó la inspección de los paramentos de la pila que están sumergidos y se revisó la superficie de contacto entre el cuerpo de la pila y el lecho del río. Posteriormente, se realizó una batimetría básica del lecho del río en las proximidades del cuerpo de la pila, con la ayuda del ordenador de buceo del que disponía el propio buzo y que permitía conocer la altura de inmersión.

Durante la inspección del paramento del cuerpo de la pila que está sumergido, se pudo comprobar su buen estado. No se apreciaron juntas lavadas ni ausencia de sillares, y se observó que las incrustaciones marinas que presenta van incrementando en espesor a medida que profundiza en la ría. En la base de la pila, estas incrustaciones, principalmente mejillones y ostras, alcanzan un espesor próximo a los 50 cm.

El buzo, provisto de una barra y un redondo de acero, realizó varias catas en la superficie para corroborar el buen estado de la piedra y comprobar el espesor de las incrustaciones marinas.

En cuanto a la superficie de contacto, se pudo verificar que en todo el perímetro de la pila existe una acumulación de fangos sobre el lecho del río que impide ver la superficie sobre la que se asienta la pila. La cimentación, a tenor de lo que se conoce de los puentes carreteros próximos situados aguas abajo de la ría, debiera ser profunda, ejecutada mediante pilotes de madera, pudiendo descansar el cuerpo de la pila sobre un encepado de hormigón en el que se embebían los pilotes de madera, o bien sobre un entarimado de madera que descansaba sobre las cabezas de los pilotes y que se protegía lateralmente mediante escollera. Dado que la fecha de ejecución del puente es de entre 1895 y 1900, lo más probable es que se ejecutara mediante pilotes de madera embebidos en un encepado superior de hormigón, como sucede en el Puente Avenida, puente carretero internacional de Irun, construido en 1912.

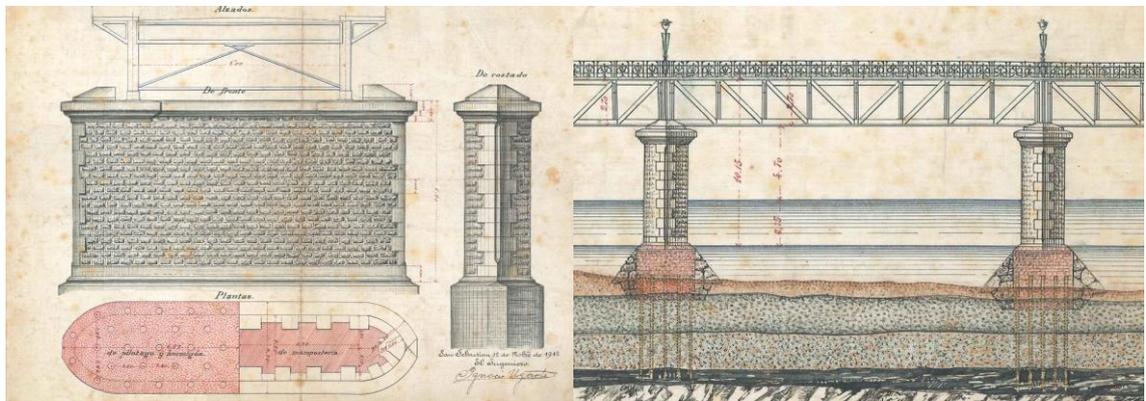


Figura 57. Imágenes de los planos originales de cimentación de las pilas del Puente Avenida, sobre el río Bidasoa.

Durante avenidas extraordinarias, debido al incremento del poder erosivo del agua, suele darse el arrastre del manto de protección de la cimentación o el deterioro de parte de esta, que posteriormente, en periodos entre avenidas, suele rellenarse por depósitos flojos, que impiden detectar tales daños. A tal fin, el buzo, provisto de un redondo de acero, fue pinchando el fango alrededor del perímetro de la pila, no detectándose ninguna oquedad o descalce y siendo firme el terreno bajo estos fangos.

Por otro lado, tampoco se observó ninguna madera que pudiera corresponder a los pilotes o al recinto perimetral que posiblemente fue necesario ejecutar durante su construcción.

En cuanto a la potencia del espesor de fangos, este es variable, siendo menor del lado del tajamar de aguas arriba y aumenta a medida que se aproxima al tajamar de aguas abajo. Del lado de aguas arriba es del orden de 20 cm, a media altura entre ambos extremos es de 40 cm, del lado de la margen izquierda, y 30 cm del lado de la margen derecha. Finalmente, alrededor del tajamar de aguas abajo existe una acumulación que está cubierta de incrustaciones marinas y cuya altura máxima, que se da junto al tajamar, es de 190 cm. Bajo estas incrustaciones, tras lo observado en las catas realizadas con la ayuda de la barra de uñas, podría estar el manto de escollera original de protección de la base de la pila.

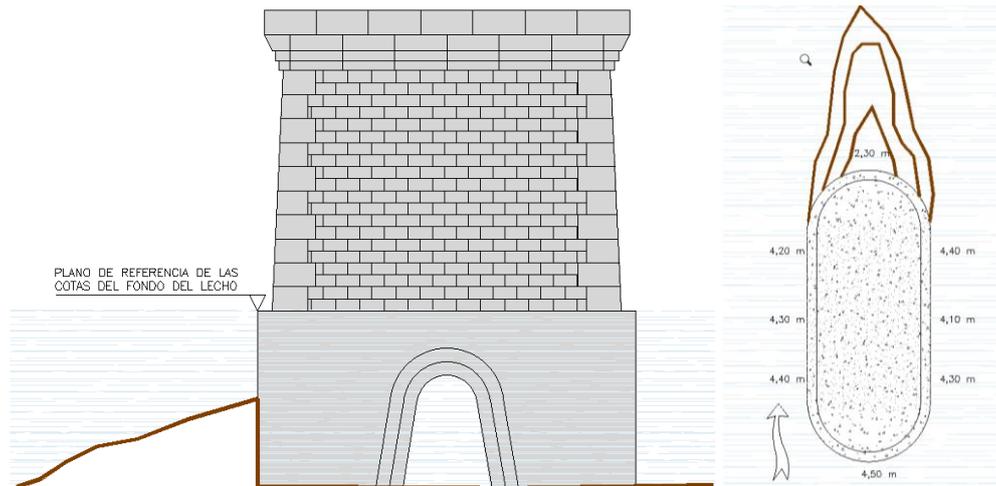


Figura 58. Topografía del lecho en las inmediaciones de la pila.

Por último, de las observaciones realizadas en las inmediaciones de la pila, se puede afirmar que la superficie del lecho es muy uniforme y que se ajusta considerablemente bien a la cartografía definida en el perfil de inundabilidad en la sección correspondiente al puente y que ha sido facilitada por la Agencia Vasca del Agua.

Hay que indicar que no se han incluido imágenes del video de inspección en este informe debido a que la turbidez del agua redujo la visibilidad considerablemente, aunque junto a este informe se hace entrega de la filmación realizada. Añadir que, si bien resulta difícil ubicar las imágenes por la baja visibilidad comentada, la descripción que realiza el buzo durante la filmación permite realizar un seguimiento de la inspección.

Por último, y a la vista de la ausencia de daños, no hay ninguna recomendación de actuación, aunque dentro del plan de mantenimiento de la estructura convendría incluir la siguiente inspección subacuática tras una avenida extraordinaria, cuando parte de los fangos del lecho hayan podido desaparecer, y quede descubierto la parte inferior del cuerpo de la pila.

7 CONCLUSIONES

De las inspecciones realizadas en julio de 2020 y junio de 2021, según lo descrito en el presente informe, se puede concluir lo siguiente:

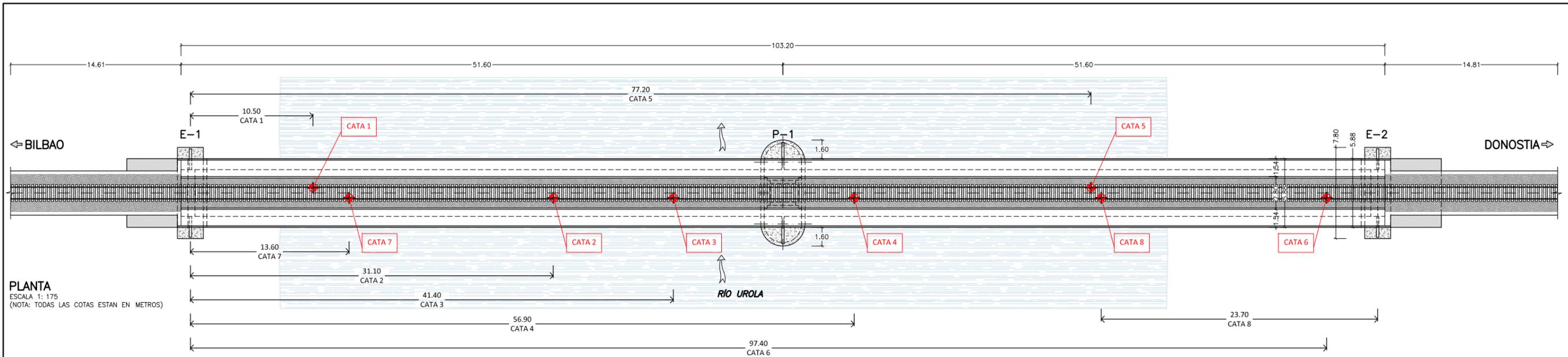
- Los estribos de fábrica presentan daños propios de estos elementos: humedades, pátinas negras, eflorescencias, costras calcáreas, vegetación enraizada, pátinas biológicas y ligeros lavados de junta. Además, los sillares de arenisca cuentan arenizaciones y pulverizaciones.
- Los apoyos de neopreno de los estribos presentan abundante suciedad en su perímetro en forma de herrumbre que se va acumulando fruto del deterioro de los elementos metálicos que lo rodean.
- La pila de fábrica presenta daños similares a los de los estribos: Pátinas biológicas, pátinas negras y humedades. Los sillares de arenisca de los tajamares cuentan con arenizaciones y pulverizaciones, si bien, en el de aguas arriba, existe una pérdida de material mayor. El cuerpo de la pila que está sumergida presenta incrustaciones marinas que van incrementando en espesor a medida que profundiza, llegando hasta los 50 cm en la base.
- El lecho del río está cubierto por una capa superficial de fangos que impide ver el contacto de asiento de la pila, aunque las comprobaciones realizadas por los buzos mediante un redondo de acero descartaron posibles oquedades o descalces. Tampoco se detectó ninguna madera que pudiera corresponder a los pilotes o al recinto perimetral de construcción.
- La superficie del lecho es muy uniforme en las proximidades de la pila, aunque alrededor del tajamar de aguas abajo existe una acumulación que está cubierta de incrustaciones marinas que podría corresponder con el manto de escollera original de protección de la base de la pila.
- Los aparatos de apoyo sobre la pila se encuentran en buen estado.
- La celosía central presenta daños por corrosión en el cordón inferior, presentando, en algunos casos, pérdidas de sección del orden de entre 5 y 8 mm. Las diagonales también presentan daños por corrosión acompañados de pérdida de material, aunque estos deterioros se han observado en las proximidades de la unión con el cordón inferior. No se han detectado daños relevantes en el cordón superior de la celosía central.
- Los daños relevantes por corrosión en las celosías laterales se concentran principalmente en los cordones inferiores y en los montantes de apoyo. Los cordones inferiores presentan fuertes pérdidas de sección resistente, concentrándose los daños en los bordes del ala inferior, donde el agua tiende a acumularse y en las transiciones de los refuerzos del ala inferior. Los montantes de apoyo en pilas y estribos presentan daños puntuales por corrosión muy intensos, donde la corrosión ha llegado a perforar las chapas en algunos puntos. En el resto de los elementos, esto es, montantes, diagonales, contradiagonales y cordones superiores, los daños por corrosión son, con carácter general, superficiales y sin transcendencia práctica.
- La celosía horizontal de arriostamiento inferior cuenta intensas corrosiones en las cartelas de unión de las diagonales con el cordón inferior, donde la acumulación del daño en estas zonas hace que tanto las cartelas como las alas del cordón presenten fuertes pérdidas de sección.
- Las diagonales del arriostamiento vertical que conforman la cruz de San Andrés y los tirantes del nivel inferior de este arriostamiento presentan daños puntuales por corrosión con fuertes pérdidas de sección.
- El arriostamiento transversal de los apoyos presenta daños por corrosión con pérdida de sección resistente en las vigas transversales inferiores y en las zonas de unión con el cordón inferior de las celosías laterales. Todos estos daños están relacionados con la acumulación de agua que se da en estos puntos.
- La losa ortótropa superior está en buen estado por su menor exposición a la lluvia. Los daños por corrosión detectados son superficiales, aunque se ha detectado alguna perforación puntual de poca relevancia.

- Los elementos de equipamiento, a excepción de las traviesas, presentan un estado aceptable. Se recomienda la sustitución de las traviesas, y la actualización de la catenaria y escaleras de acceso a la pila y estribos.
- Los muros en vuelta de ambos estribos no cuentan con muretes para contener el balasto, esto provoca que haya un derrame fuera de la plataforma. Al comienzo del muro envuelta del estribo 1, del lado norte, donde discurren los servicios, se detectó un ligero descalce del zuncho de hormigón que los envuelve.
- La evolución de los daños en los casi nueve años transcurridos desde la última inspección ha sido evidente y negativa.
- Se recomienda incluir dentro del plan de mantenimiento de la estructura una inspección subacuática tras una avenida extraordinaria, cuando parte de los fangos del lecho hayan podido desaparecer, y quede descubierto la parte inferior del cuerpo de la pila.

Como se ha indicado en este informe, los daños por corrosión avanzada que presentan algunos de los elementos metálicos implican una pérdida de sección resistente que no se puede despreciar, y que por tanto, hacen recomendar una actuación para corregir estas pérdidas resistentes. Del mismo modo, la pintura muestra signos de deterioro en buena parte de la estructura debido al tiempo transcurrido desde el último repintado, lo que aconseja su chorreo y nuevo repintado.

Por último, algunos de los elementos del equipamiento de vía, como se ha indicado arriba, sugieren su sustitución.

Anejo 1. Ubicación de las catas en la chapa de piso



CATA 1



CATA 2



CATA 3



CATA 4



CATA 5



CATA 6



CATA 7



CATA 8

Anejo 2. Informe inspección subacuática



DEMOLICIONES SUBMARINAS – INJELAN

**INFORME: INSPECCIÓN SUBMARINA DE LA PILA DEL PUENTE DEL FERROCARRIL EN
ZUMAIA**

1 DE JUNIO DE 2021

INDICE:

1 OBJETO	.....	3
2 ALCANCE	.....	3
3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	.....	3
4 RESULTADOS DE LOS TRABAJOS	.....	4
5 RECOMENDACIONES	.....	6
ANEXO I: Zona de trabajo	.....	6
ANEXO II: Archivo fotográfico y croquis	.....	8
ANEXO III: Descripción de medios	.....	9

1 OBJETO

El proyecto de inspección tenía como objetivo la valoración del estado de la pila sumergida del puente del ferrocarril sobre el río Urola para la realización de futuras actuaciones en el puente.

2 ALCANCE

Fundamentalmente se ha realizado inspección de la parte sumergida de la pila del puente, analizando la situación estructural a simple vista y se ha realizado una “batimetría sencilla” de toma de cotas en las proximidades de la pila y, por último, se ha inspeccionado de forma general la morfología del lecho del río desde la pila hasta unos 5m hacia ambos márgenes para confirmar los datos de batimetrías o datos anteriores.

3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Con la proximidad de la pleamar, momento que permite una cierta visibilidad y ausencia momentánea de corrientes se han realizado los trabajos de inspección desde la margen izquierda de la ría.

Para los trabajos se han utilizado herramientas:

- Iluminación submarina fija y portátil.
- Varilla escantillada.
- Cinta métrica
- Maceta, barra de uña y otras herramientas manuales.

El personal interviniente en la operación es el siguiente:

- Santiago Galán – Jefe de Equipo
- José Antonio Bermejo – Tender 1
- Carlos Dubois – Tender 2 / patrón embarcación.
- Aarón Losa Cerda – Buceador 1
- Bruno Diez – Buceador Standby

Duración de los trabajos:

- Las trabajos han comenzado a las 10:18 y se han prolongado hasta las 11:44 aproximadamente.

Para la realización de los trabajos señalados se emplearon los siguientes medios auxiliares:

- Embarcación de lista 5ª para trabajos portuarios
- Equipos de buceo en suministro de superficie con todos los elementos necesarios
- CCTV Arrecife Technologies y sistema de filmación e iluminación alternativo Aqualight

Las características técnicas de los medios indicados se incluyen como anexo nºIII.

4 RESULTADOS DE LOS TRABAJOS

Toda la estructura sumergida presenta una capa moderada en superficie a muy gruesa en fondo de *fouling* de vida marina (alcanzando hasta los 50cm de espesor), principalmente mejillones y ostra a mayor profundidad, además de vida vegetal y presencia de fangos en su base.

La importante acumulación de vida marina junto a la limitación de visibilidad que se encuentra por debajo de un metro de alcance en los momentos óptimos por la presencia

tanto de turbidez en el agua como de haloclina por la conjunción de agua dulce y salada, dificulta el análisis del estado de la estructura del puente.

No obstante lo anterior, el **estado de la pila a simple vista parece que se encuentra en buen estado**, tanto la propia pila como su cimentación y hasta donde se ha podido comprobar. **No se han apreciado juntas lavadas** significativamente entre sillares, **no falta ningún sillar**, ambas **tajamares se aprecian correctamente** en la parte emergida del fango, igualmente por debajo hasta donde se han podido realizar catas con varilla, **tampoco se han apreciado posibles descalces**. Se debe destacar que el tajamar de aguas abajo presenta una importante acumulación de fango y otros sedimentos, reflejando una potencia de fangos y sedimentos de hasta 190cm y 220cm comparando hacia la margen izquierda y derecha respectivamente, como se puede apreciar en el anexo II.

La potencia de fangos es variable presentando un espesor menor en las inmediaciones del tajamar aguas arriba, entorno a los 20cm, aumentando hacia las márgenes derecha e izquierda (hacia unos 30 y 40cm respectivamente), alcanzando el punto máximo en el tajamar aguas abajo.

A lo largo de todo el perímetro no se han encontrado descalces ni a simple vista ni clavando con la varilla escantillada, medio con el que se ha profundizado hasta los 60-80cm en dicho perímetro, encontrando siempre firme a una profundidad uniforme.

Por otra parte la pila presenta un arco de unos 3m de luz y de entre 3,2 y 3,4m de ancho (ancho de la pila)

En cuanto a la morfología del lecho del río, es bastante regular y esta plenamente cubierto de sedimentos, no se parecían puntos descubiertos de piedra o terreno natural. Existe un mayor talud hacia la margen izquierda que hacia la margen derecha donde hay menor pendiente. A unos 3m de separación de la pila a margen izquierda hay unos 200cm de diferencia de pie de talud a cabeza de talud, mientras que a margen derecha y esos 3m, la diferencia es de unos 50cm.

5) RECOMENDACIONES

Aparentemente el estado de la pila es correcto, con lo no hay recomendaciones específicas de mantenimiento, salvo únicamente y si se necesitan mas datos o mayor precisión, podría resultar interesante la realización de una inspección tras una época de riadas para averiguar si el fondo ha podido variar la acumulación de fangos y puede mostrar algún elemento o nivel inferior que hoy se encuentre cubierto por fangos y sedimentos.

ANEXO I: Zona de trabajo



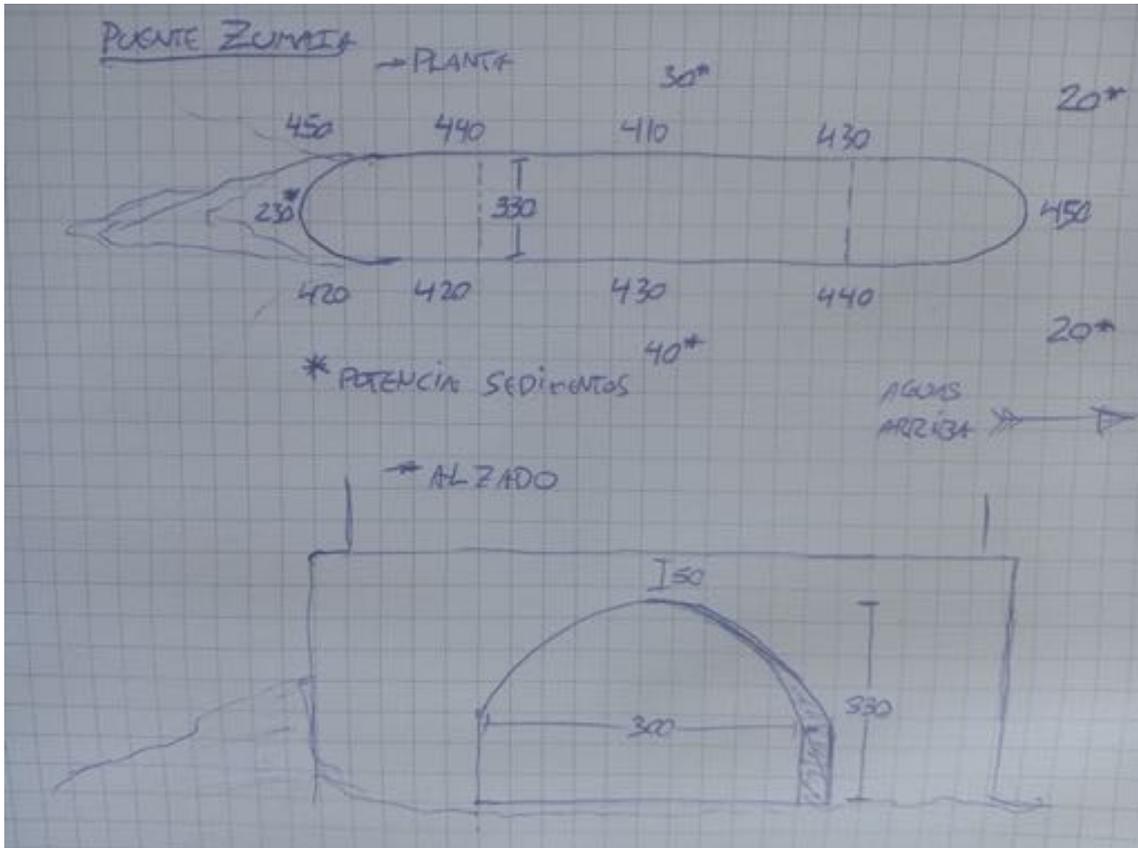


CIF: B39584180

ANEXO II: Fotografías y Croquis de la pila

No se han extraído capturas de las operaciones submarinas debido a la baja visibilidad y alto grado de incrustación de material en las pilas. En cualquier caso se anexan a este informe los videos de la inspección.

En el siguiente croquis se definen las cotas tomadas con ordenador desde superficie, en pleamar, que coincide en el momento de la inspección con el nivel en el tacón que supone la reducción de anchura del pilote (marcado en rojo)



ANEXO III: Descripción de medios

M/V VON MORGAN DOS



Valiant PT 7,50. Yamaha 250CV Engine. Surface supply diving equipped.

PLOTTER GARMIN 420S



Dimensiones de la unidad	14,5 x 12,7 x 6,9 cm
Peso	0,5 kg
Resistencia al agua	IPX7
Tipo de pantalla	Pantalla QVGA
Tamaño de la pantalla (Ancho/Alto)	4,0" en diagonal (10,2 cm)
Resolución de pantalla (Ancho/Alto)	240 x 320 píxeles
Consumo de energía	15 W <u>max</u> at 13.8 <u>vDC</u>
Antena	Interno con conexión externa
Opciones de montaje	<u>Bail with swivel</u> or <u>Flush</u>
Receiver	GPS Receiver
Puertos Garmin Marine Network™	<u>None</u>
	Si
Especificaciones y funciones de sonda	
Compatible con sonda de doble frecuencia	
Compatible con sonda de doble haz	Si
Frecuencia	50/77/200 kHz
Potencia de transmisión	500 W (RMS); 4,000 W (<u>Peak to Peak</u>)
Profundidad máxima	1,500 ft. (dual <u>frequency</u>); 900 ft. (dual <u>beam</u>)
Bloqueo en el fondo (muestra las señales que devuelve del fondo a la superficie)	Si
Gráfico y registro de la temperatura del agua	Si

CIF: B39584180

HELMETS AND FULL FACE BANDMASK

KK-37 Helmet



- Weight: KM 37 - 32.6 pounds
- Helmet Shell: Fiberglass, polyester resin
- Control Knobs: Polyurethane
- Face Port/Lens: Polycarbonate
- Neck Dam: Neoprene.
- O-rings: Buna-N
- Head Cushion: Nylon bag
- Regulator: SuperFlow 350 regulator
- CR Standards: CR marked.
- CE Approved: KM37 are CE Approved.

BandMask 28



- Weight: KMB 28 - 12.73 pounds
- Mask Frame: KMB-28: Xenoy thermoplastic
- Control Knobs: Polyurethane
- Face Port/Lens: Polycarbonate
- Hood: Neoprene
- O-Rings: Buna-N
- Regulator: SuperFlow 350 Performance.
- CR Standards: CR marked.
- CE Approved: KMB 28 CE Approved.

Gas and Communications Panels



- Maximum recommended working depth 100 meters.
- Maximum air inlet pressure 220 bar.
- Maximum supply pressure LP 20 bar.
- Pressure range LP 0 - 20 bar.
- Air supply flow 100 m³ / h.
- Supply pressure of umbilicals 0 - 20 bar.
- Pressure gauges low pressure 0 - 40 bar.
- Safety valve 20 bar.
- Depth range of the fondometers 0 - 100 meters.

Umbilicals FIBRON



- Fibroline hoses with thick outer covers for air end use
- Fibrolite hoses with optimized outer covers for air end use
- Rope like construction for easy handling and storage
- Inherent strength braid in comms cable - no need for a dedicated rope
- Lightweight
- Color coding for different services
- Option overbraid covers to increase protection
- Choice of comms, video and power cables for DCS range

CCTV SYSTEMS



- Grabación en alta definición FULL HD
- Pantalla FULL HD de 15,6"
- Capacidad de almacenamiento 250Gb
- Panel táctil para manejo del equipo
- Visualización en tiempo real a través de Internet
- Indicador de nivel de batería baja
- Batería interna de 12v
- Reguladores de luminosidad
- Facilidad de uso junto con los sistema de comunicación
- Registro de presencia del supervisor
- Texto editable en vídeo
- Reproducción de las grabaciones almacenadas en la unidad de superficie

CAMARA Y FOCO SUBMARINOS



- Grabación en alta definición: FULL HD 1080p a 25 fps
- Tensión de trabajo segura
- Dimensiones reducidas: 100 mm y 34
- Diseño cilíndrico
- Elevada resistencia a la presión: profundidad máxima de 100 metros.
- Alta luminosidad: LEDs con una intensidad luminosa de 1200 lúmenes.

GOPRO 4 CON SISTEMA DE ESTABILIZACION E ILUMINACIÓN AQUALIGHT

Resoluciones de vídeo

Resolución de vídeo	Fotogramas por segundo (fps) NTSC/PAL	Campo de visión (FOV)	Resolución de la pantalla
4K	30, 25, 24	Ultra gran angular	3840x2160
SuperView 4K	24	Ultra gran angular	3840x2160
2.7K	50, 48, 30, 25, 24	Ultra gran angular, medio	2704x1520
SuperView 2.7K	30, 25	Ultra gran angular	2704x1520
2.7K 4:3	30, 25	Ultra gran angular	2704x2028
1440p	80, 60, 50, 48, 30, 25, 24	Ultra gran angular	1920x1440
1080p	120, 90, 60, 50, 48, 30, 25, 24	Ultra Wide, Medium, ¹ Narrow	1920x1080
SuperView 1080p	80, 60, 50, 48, 30, 25, 24	Ultra gran angular	1920x1080
960p	120, 60, 50	Ultra gran angular	1280x960
720p	120, 60, 50, 30, 25	Ultra gran angular, medio, estrecho	1280x720
SuperView 720p	120, 60, 50	Ultra gran angular	1280x720
WVGA	240	Ultra gran angular	848x480

Resoluciones de foto

Resolución	Campo de visión (FOV)	Resolución de la pantalla
12 MP (predeterminada)	Panorámico	4000 x 3000
7 MP	Gran angular, medio	3000 x 2250
5 MP	Medio	2560 x 1920

Características de iluminación sistema AQUALIGHT:

Características:

- **Material:** Aluminio anodizado 6082-T6 tratado térmicamente. Cánister de DELRIN
- **Cristal Frontal:** Fabricado en Policarbonato de alta resistencia de 6mm.
- **Leds:** 2 Led COB CITIZEN con un CRI=85% (Índice Reproducción Cromática)
- **Alimentación:** 5 batería de Ion-Litio de 3000 mA con protección electrónica.
- **Temp. Color:** 5000°K con una potencia de 1350 lumen por cada Led
- **Apertura:** 90° de apertura.
- **Autonomía:** 120 minutos a máxima potencia, control de potencia y carga/descarga.
- **Estanqueidad:** Doble junta tórica de alta calidad en todas las uniones.
- **Profundidad:** -200 mtrs, 20 ATM.
- **Medio de uso:** Subacuático y terrestre.
- **Potencias:** Balanceado de 10% a 100% mediante pulsador.
- **Cables y Prensas:** Butil-neopreno de alta resistencia y prensas de inox.

Dimensiones:

- **Cabezal:** 45mm de diámetro.
- **Cánister:** 150 x 110 x 65mm
- **Cable:** 650mm

ORDENADOR DE BUCEO ALADIN UWATEC

Ordenador profesional de buceo de alta precisión con profundímetro hasta una profundidad máxima de 120m y un desvío máximo posible de +/-10 cm.

1 Características técnicas

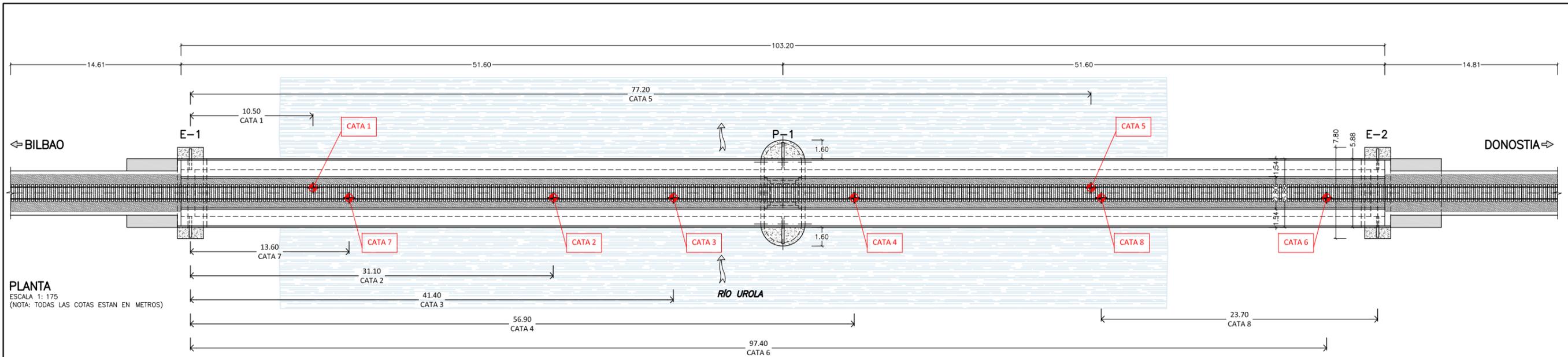
- Altitud de funcionamiento: Con información de descompresión: nivel del mar hasta aprox. 4000 m.
- Sin información de descompresión ni RBT: Utilizable en modo profundímetro (a cualquier altitud)
- Profundidad máx. mostrada: 120 m; resolución entre 0,8 m y 99,9 m: 0,1 m; a más de 99,9 m: 1 m
- Gama de profundidades para el cálculo de la descompresión: 0.8 to 120 m
- Presión máxima del entorno: 13 bar
- Temperatura operativa: -10° a +50°C



WWW.DEMOLICIONESSUBMARINAS.COM

Anexo No. 2

Ubicación de las catas en la chapa de piso. Octubre 2020



CATA 1



CATA 2



CATA 3



CATA 4



CATA 5



CATA 6



CATA 7



CATA 8