

ORION

MAGAZINE

Nº 4 - ENERO 2024

**REHABILITACIÓN DEL
VIADUCTO DE ORTIGOSA
DE CAMEROS**

**ORION GALARDONADO CON
EL PREMIO ARPHO 2023**

**RESTAURACIÓN DEL
PUENTE SOBRE EL RÍO
EBRO EN TUDELA**

**REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL
DEL OCEANOGRÀFIC
DE VALENCIA**

**REFUERZO ESTRUCTURAL
DEL VIADUCTO FERNANDO
ESPINOZA (MÉXICO)**

ÍNDICE

VIADUCTO DE SAN MARTÍN

Rehabilitación integral del Viaducto de San Martín de Ortigosa de Cameros

4

PREMIO AL MEJOR TRABAJO. VIADUCTO DE ORTIGOSA

Foro ARPHO 2023. Premios de la Conservación en Construcción

10

CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCES DE VALÈNCIA

Rehabilitación de elementos estructurales de hormigón armado del Oceanogràfic

11

ESTRUCTURAS REGIÓN B02. DAMMAM

Heavy lifting de varios puentes en la Eastern Province, Arabia Saudí

14

CLÍNICA IMQ-ZORROTZAURRE

Refuerzo de estructura en el edificio equipamental sanitario IMQ Zorrotzaurre

22

PUENTE DE ACCESO A TUDELA

Reparación y refuerzo del Puente de acceso de Tudela, sobre el río Ebro

26

PUENTE FERNANDO ESPINOSA

Reparación, refuerzo e instrumentación del Puente Fernando Espinosa

30

ESTRUCTURAS TRÁPAGA

Reparación de las estructuras 2048 y 2049 en Trápaga. DFB

34

ESCALADA DE PRECIOS DE LAS MATERIAS PRIMAS

La escasez de suministros generalizada, provocada por los cuellos de botella en la distribución durante la pandemia, agravado por la guerra de Ucrania, ha provocado una subida desorbitada de los precios de las materias primas de construcción. Este hecho ha repercutido indudablemente en el coste de las obras, dejando un panorama no muy alentador en el sector, y que se ha traducido en que en 2022 quedasen desiertas más de 2.000 obras públicas por un valor de licitación de 982 millones de euros.

A pesar de que el valor de los materiales se ha relajado este año, el coste de obra sigue un 30% por encima de los niveles previos a la pandemia.

La política de revisión excepcional de precios, impulsada por el Gobierno como una herramienta de ayuda a las empresas constructoras cuyos contratos con la Administración se habían visto afectados económicamente por la inflación, han sido sólo un bálsamo y no compensa la pérdida económica de las empresas, que a día de hoy continúan liando con un mercado de precios volátil y asumiendo un riesgo innegable en el proceso de licitación.

REHABILITACIÓN INTEGRAL
DEL VIADUCTO DE SAN MARTÍN DE
ORTIGOSA DE CAMEROS

POR/

Izaskun Bustamante Larrea | Ingeniero Técnico de Obras Públicas



ANTECEDENTES

El viaducto de San Martín en Ortigosa de Cameros es un notable ejemplar de puente en arco, siendo el puente de hormigón armado, por edad, de mayor luz de los que perduran en España. La estructura salva la abrupta orografía que describe el cauce del río Albercos, uniendo los barrios de San Martín y San Miguel en la localidad riojana de Ortigosa de Cameros.

Se trata, además, de una estructura con un origen inhabitual, ya que fue erigido en su mayor parte con financiación privada. Se comenzó su construcción en 1923, siendo inaugurado el 29 de septiembre de 1924.

Esta infraestructura, sobre el que apenas han existido actuaciones de adición, reconstrucción o reparación, fue declarada como Bien de Interés Cultural con la consideración de **Monumento de la Obra de la Ingeniería Civil** ante la Comisión de Patrimonio Histórico Artístico y conserva de forma casi íntegra los elementos originales con los que fue inaugurado

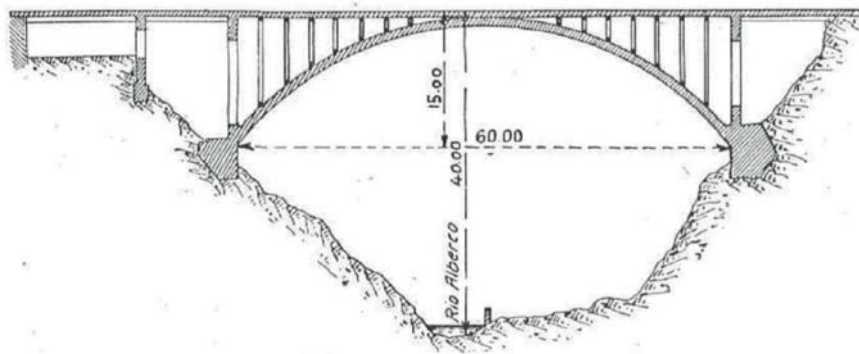


La evolución desfavorable del deterioro del puente, originada principalmente por la corrosión de la armadura embebida en el hormigón motiva la intervención realizada, con un claro objetivo, asegurar la estabilidad estructural del viaducto y prolongar su vida útil, con un nivel de funcionalidad adecuado, anulando la restricción total del tránsito de vehículos a motor impuesta por su evidente esta de deterioro.

La obra cofinanciada por el Ayuntamiento de Ortigosa de los Cameros (10%) y el Gobierno de La Rioja (90%) se adjudicó a **Orión Reparación Estructural S.L.**, iniciándose en junio de 2022 y finalizando en agosto de 2023, bajo la Dirección Facultativa de la Dirección General de Infraestructuras del Gobierno de La Rioja, siendo la Ingeniería Arenas & Asociados, la Asistencia Técnica, tras la redacción del Proyecto (Autores).

ESTRUCTURA

El viaducto, de 97 metros, consta de tres tramos desiguales, dos laterales rectos y uno central en arco. El arco central salva la distancia de 60 metros, estando su clave a 40 metros de altura sobre el río Albercos. En la orilla derecha hay dos vanos de 13 y 11 metros de luz, más uno en la orilla izquierda de 11,40 metros, a lo que hay que añadir el salto de **60 metros de luz del barranco**.



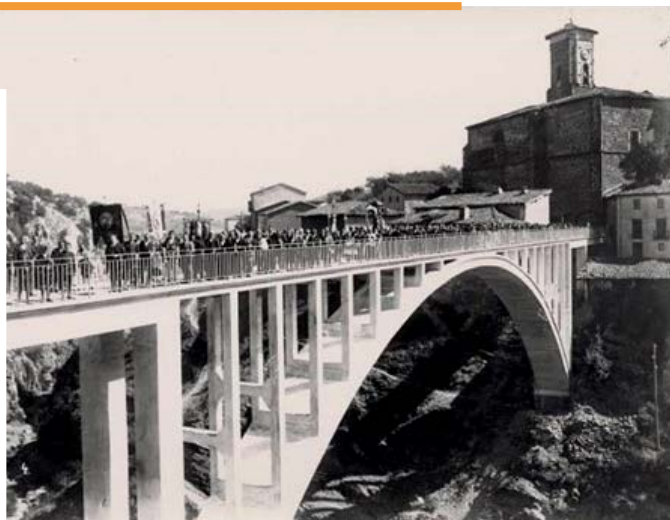
Alzado del puente extraído de la revista "La Construcción Moderna" de 15 de noviembre de 1924.

INTERVENCIÓN

Como en cualquier rehabilitación de un elemento con valor patrimonial se ha de regir el criterio de la **máxima conservación con la mínima actuación** para preservar su autenticidad histórica.

Esto implica que, tanto las técnicas aplicadas, como los materiales empleados han sido evaluados minuciosamente para respetar la estructura original y evitar cambios significativos.

El objetivo de esta intervención ha sido la de **mantener la integridad histórica** del puente mientras se garantiza su seguridad y funcionalidad.



Fotografía de archivo publicación ABC 9 de octubre 1924

Los trabajos desarrollados han consistido en la rehabilitación integral de la estructura, subsanando los daños existentes relacionados con la durabilidad, mediante la reparación tradicional del hormigón armado, la aplicación de productos protectores, como inhibidores de corrosión y pinturas anticarbonatación, y la mejora de los elementos de drenaje, junto con la construcción de un pavimento impermeable y transitable a peatones y vehículos ligeros, así como la instalación de nuevas juntas de dilatación y restauración del sistema de contención.



GRADO DE DIFICULTAD

Uno de los aspectos más complejos a la hora de abordar la intervención, fue el de garantizar un acceso seguro a la estructura y sobre todo adecuado desde el punto de vista productivo,

asegurando el alcance a cada uno de los paramentos de la estructura.

Tras un minucioso estudio de alternativas se optó por la instalación de un **complejo andamio multidireccional** apoyado en la base de las pilas y del arco principal, siendo

el tramo central y el acceso a la parte inferior del arco de tipo colgado. Esta configuración permitía mantener el uso peatonal de la estructura durante las obras de rehabilitación, minimizando las afecciones a los vecinos.

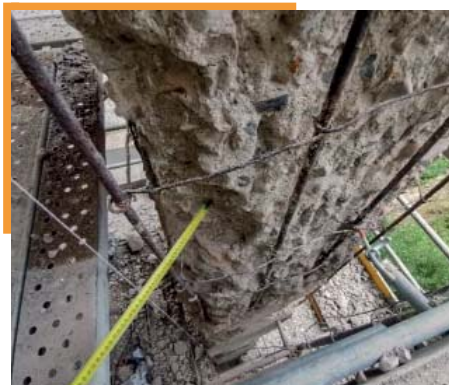


REPARACIÓN ESTRUCTURAL

Las peculiaridades correspondientes a las unidades de reparación vinieron condicionadas por la falta de medios de acceso que impidieron una cuantificación real del grado de deterioro del hormigón en la fase de proyecto.

Una vez dispuestos los medios auxiliares, y por tanto, con acceso a todas las superficie del viaducto, mediante inspección sónica con martillo, se comprobó que la profundidad del daño era mucho mayor que la prevista en la fase del proyecto, debido en parte a la falta de homogeneidad del hormigón

original, que manifestaba una apariencia de calidad dentro de los parámetros habituales, pero que reveló zonas de mucha menor resistencia, encontrándose secciones donde el material se disgrega con facilidad, alcanzando profundidades de reparación notables.



Tras la evaluación del estado inicial del viaducto, el alcance de la actuación se dividió en tres tipos de procesos:

► **Sistemas de reparación:** Para solventar los daños por procesos asociados a la corrosión de armaduras se llevó a cabo una reparación tradicional del hormigón armado, que comprendió la eliminación del hormigón deteriorado hasta descubrir al menos 2 cm el acero por su cara interior mediante pistoletas eléctricas, la limpieza de las armaduras, mediante cepillado metálico, hasta alcanzar un grado de preparación St2 según UNE-EN ISO 8501, la aplicación de una imprimación anticorrosión para la protección de armaduras y la restitución de la geometría con mortero reparación de alta resistencia reforzado con fibra para grandes espesores, clase R4 según EN-1504-3, aplicado en varias capas, siendo el espesor máximo por capa de 65mm MORCEMREST.

► **Sistemas de refuerzo:** En aquellas zonas, en las que el espesor de hormigón en mal estado alcanzaba los 15-20 cm de espesor, tras el saneo del hormigón, fue necesario complementar la armadura existente con barras verticales en las esquinas

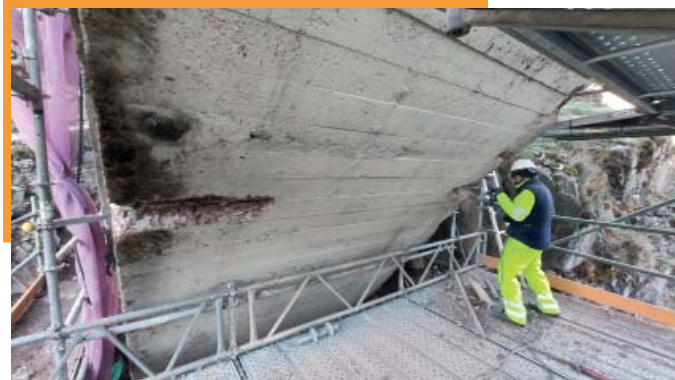
y cercos horizontales, formando un zuncho de refuerzo alrededor del núcleo con el mortero R4.



► **Sistemas de protección:** Como protección adicional para prevenir la corrosión se aplicaron los siguientes tratamientos preventivos:

Inhibidores de corrosión: Es fundamental, aplicar el inhibidor de la corrosión, no solo en las áreas de reparación, sino sobre la superficie completa del elemento estructural de hormigón para evitar el fenómeno de ánodo incipiente. Por ellos, se aplicó al 100% de las superficies de hormigón del viaducto aplicado por pulverización hasta saturación.

Revestimiento anticarbonatación: Para proteger a los elementos de hormigón frente a la carbonatación, reduciendo la difusión del CO₂, se aplicó un tratamiento anticarbonatación a base de copolímeros acrílicos en el 100% de las superficies de hormigón, aplicado en dos capas, con un espesor por capa en torno a 250 micras húmedas.



ACTUACIONES EN TABLERO

Los trabajos en la parte superior del tablero consistieron en las siguientes operaciones:

► **Retirada del relleno** existente sobre el tablero en la zona de calzada. De esta manera se reduce la carga sobre el conjunto de la estructura y se mejora la contención vehicular.

► **Saneo de aceras:** Retirada de la capa de acabado superficial, así como todo el hormigón degradado y en mal estado, siendo necesaria su reconstrucción con mortero de reparación clase R4, dotándole de cierta pendiente para que el bombeo de aceras sea hacia la calzada.

► **Mejora del drenaje:** Se sustituyó la red de drenaje ineficaz, instalándose nuevos sumideros de desagüe a lo largo del eje del tablero, conectadas a nuevas bajantes que desaguan fuera de los paramentos del viaducto.

► **Barandillas:** Se llevó a cabo un proceso de restauración, que comprendió, por un lado, el enderezado de los elementos verticales, y por otro, la limpieza general y decapado, con la eliminación total de los óxidos mediante limpieza con agua a alta presión, preparando el soporte para la su posterior pintado mediante esmalte sintético metálico antioxidante.

► **Base de regularización y bombeo:** Una vez saneado el tablero, se aplicó un puente de unión epoxi entre hormigón viejo y la capa de mortero, sobre el que se extendió la capa de regularización, con bombeo en ambos sentidos hacia los puntos de evacuación. El mortero de recrido se confeccionó con una mezcla en peso de 5 partes de árido con 1 parte de ligante especial de endurecimiento rápido. El mortero se aplicó mientras el puente de unión aún está fresco.

La buena adherencia entre el recubrimiento y el soporte es un factor clave en el funcionamiento de los sistemas de impermeabilización, por lo que se sometió a la base cementosa a un riguroso control de calidad, mediante la comprobación de los datos de humedad y resistencia a tracción y a compresión.

► **Juntas de dilatación:** En las juntas de dilatación del viaducto, se dispusieron juntas modulares de dilatación que cubren un rango de movimiento de 110 mm (± 55), de 356mm de ancho y 46 mm de espesor. En la zona de aceras se colocó una cubrición con perfil de acero inoxidable estriado.



► **Sistema de impermeabilización y pavimento:** Como acabado final sobre el pavimento de aceras y calzada se dispuso un sistema de impermeabilización y pavimento, formado por las siguientes capas:

1. Aplicación de capa de imprimación de base resina bicomponente de aplicación manual con rodillo, con una dotación de 0,5kg/m², espolvoreo de árido de sílice de granulometría controlada. Aspirado de árido sobrante.



2. Colocación de banda de butilo autoadhesivo con copete de tejido no tejido a modo de refuerzo en juntas de dilatación, aplicando doble capa de poliurea para un mayor refuerzo.

3. Aplicación de la membrana de impermeabilización a base de poliurea bicomponente aplicada mediante proyección en caliente, con un rendimiento = 2/2,2kg/m²

4. Aplicación de capa de rodadura a base poliuretano bicomponente de secado rápido, aplicado mediante llana de goma, con una dotación de 1,5kg/m², espolvoreo en fresco a saturación con sílice. Limpieza y aspirado de árido sobrante.

5. Aplicación de capa de sellado a base de resina de poliuretano elástico, resistente químicamente y a alta abrasión, resistente a los UV, aplicado mediante rodillo de lana o llana de goma, en dos manos, con una dotación total de 1kg/m².

FORO ARPHO 2023

PREMIO AL MEJOR TRABAJO

ARPHO otorga a Orión Reparación Estructural el Premio al **MEJOR TRABAJO** de la Conservación en construcción 2023, por la Rehabilitación integral desarrollada en el Viaducto de San Martín de Ortigosa de Cameros (La Rioja).

La Asociación de reparación, refuerzo y protección del hormigón, **ARPHO**, presentó la segunda edición de los **Premios de la Conservación en Construcción** el pasado 28 de noviembre en el **Foro ARPHO 2023**, celebrado en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid. Se trata de una convocatoria dirigida a las empresas especializadas en el campo de reparación, refuerzo y protección del hormigón, así como a otros profesionales vinculados a este gremio.



► Objetivos

Este galardón, impulsado por la Junta Directiva de ARPHO, persigue los siguientes fines:

- Dar a conocer la labor de las empresas especializadas en reparación, refuerzo y protección del hormigón.
- Promocionar y dar notoriedad a los trabajos y productos relacionados con reparación, refuerzo y protección del hormigón.
- Difundir las técnicas empleadas en los trabajos relacionados con reparación, refuerzo y protección del hormigón.
- Promover y dar difusión a las prácticas de excelencia de los especialistas de reparación, refuerzo y protección del hormigón.



En la categoría de **Premio al mejor Trabajo**, Orión Reparación Estructural se alzó con el galardón por su candidatura con el trabajo de la **Rehabilitación integral del viaducto de Ortigosa de los Cameros (La Rioja)**.

<https://www.arpho.org/cms/files/ARPHO-ORTIGOSA.pdf>



REHABILITACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO DEL OCEANOGRÀFIC DE CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES DE VALÈNCIA

Desde su inauguración en 2023, las estructuras de hormigón armado de las diversas edificaciones que conforman el Oceanogràfic de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia han estado sometidas a continuas filtraciones, condensaciones y/o ciclos de humectación y secado con agua salada procedente de los acuarios. Este ambiente agresivo, unida a la falta de recubrimiento de las armaduras y a la porosidad del propio hormigón ha originado la corrosión de las armaduras, provocando saltados del recubrimiento, dejando armaduras a la vista con claros brotes de corrosión.

■ Ante el deficiente estado estructural de los elementos de hormigón armado, el Departamento de Arquitectural de la Ciudad de las Artes y de las Ciencias encarga la redacción del proyecto a D. José Fco. Fernández Ridocci, Ingeniero de Caminos, C. y P., de la empresa Sondeos, Estructuras y Geotecnia, S.L. (SEG Ingeniería).

Tras salir a concurso público, la obra fue adjudicada a la UTE formada por **GEOCIVIL, S.A.** y **ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.** en mayo de 2022, firmándose el Acta de replanteo el 27 de julio del mismo año.

■ La particularidad del recinto donde se ubica el ámbito de la actuación condicionó el inicio y orden de trabajos, planteando la obra en **fases** supeditada a los **condicionantes biológicos** y de **explotación del parque**.

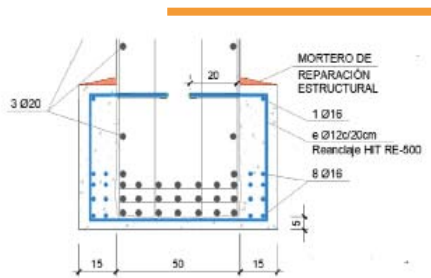


■ Reparación de vigas sobre los acuarios de la Sala Oval

Las vigas existentes sobre los acuarios de la sala oval presentaban la patología vinculada a la oxidación que revestía una mayor gravedad, dada la pérdida total de sección en algunas de las armaduras de la cara inferior, comprometiéndose la capacidad resistente del elemento.

La solución consistió en el **refuerzo y/o restitución estructural de la viga mediante recrecido de hormigón** armado por las caras laterales e inferior. La restitución del armado se realizó mediante la disposición de 9 barras de $\varnothing 16$ a cada lado de la viga y zuncho $\varnothing 12$ cada 20cm, de forma que se compensaban las pérdidas de sección existentes en las armaduras de diámetro $\varnothing 25$ de la viga.

La particularidad de la reparación está condicionada por la ubicación de las vigas, situadas sobre la zona de los acuarios, siendo necesario el empleo de plataformas flotantes modulares. Estas plataformas están compuestas por módulos individuales que se pueden unir entre sí para formar una estructura más grande y versátil.



La reparación de las vigas de los acuarios se realizó por bataches de 0,5 m, minimizando de esta forma la reducción de sección y realizando finalmente el recrecido de la viga, según el siguiente procedimiento:

1. Protección de las zonas afectadas y colocación de los medios auxiliares (plataformas flotantes modulares) necesarios para la intervención.

2. Limpieza y saneado del hormigón deteriorado mediante pistoletas eléctricas hasta alcanzar la armadura en buen estado (2 cm como mínimo).

3. Tratamiento de armaduras mediante cepillado metálico hasta alcanzar un grado de preparación St3 según UNE EN ISO 8501 y aplicación de imprimación activa para protección de armaduras con inhibidores de corrosión.

4. Ferrallado de las armaduras a restituir y reanclaje de la misma a la sección existente con una longitud mínima de empotramiento de 20cm en hormigón sano mediante resina HIT-RE500.

5. Recreido de sección mediante encofrado y vertido de microhormigón de alta fluidez modificado con fibras.

6. Aplicación de impregnación migratoria inhibidora de corrosión, con certificado de acuerdo con ANSI/ NSF Standard 61 para estructuras que contienen agua potable.

7. Tratamiento de barrera frente a cloruros y anticarbotación mediante mortero bicomponente elástico.

■ Reparaciones en muros, forjados y arranque de pilares

Para la reparación de los **daños** por fisuración y/o corrosión (desconchones, armado visto, deterioro del hormigón, etc.) existentes las actuaciones a realizar consistieron en:

1. Protección de las zonas afectadas y desmontaje de elementos e instalaciones afectadas por la intervención.

2. Limpieza y saneado del hormigón deteriorado mediante pistoletas eléctricas hasta alcanzar la armadura en buen estado (hasta 2 cm como mínimo por detrás de la armadura).

3. Tratamiento de armaduras mediante cepillado metálico hasta alcanzar un grado de preparación St3 según UNE EN ISO 8501 y aplicación de imprimación activa para protección de armaduras con inhibidores de corrosión.

4. Comprobación de si existe una pérdida de sección de las armaduras igual o mayor al 20% de la sección original, en cuyo caso se suplementó acero, de las mismas características que el existente, de sección igual o superior a la perdida existente.

5. Reconstrucción de sección mediante mortero de reparación clase R4 aditivado con inhibidores de corrosión y exento de cloruros.

5. Aplicación de impregnación migratoria inhibidora de corrosión, con certificado de acuerdo con ANSI/ NSF Standard 61 para estructuras que contienen agua potable.

6. Tratamiento de barrera frente a cloruros y anticarbotación mediante mortero bicomponente elástico.



El arranque de los pilares en el nivel de la galería presentaban humedades y corrosión por la acumulación de agua salada. Se procedió a la **reparación estructural** del hormigón, según el procedimiento anteriormente descrito, actuando como mínimo en los primeros 50cm del arranque en todas las caras y todas aquellas zonas dañadas por la corrosión.



La **parte alta de los muros** que conforman los acuarios se encuentra en la zona de salpicaduras y está sometida a ciclos de humectación y desecación con agua salada, lo que unido a la falta de recubrimiento de las armaduras, provocaba una



patología de fisuración y tinción en el hormigón por corrosión a la altura de las armaduras longitudinales.

La solución consistió en la **reparación estructural** con el **saneado del hormigón** de la totalidad de la cabeza del muro, y **reconstrucción de la geometría** mediante vertido de mortero fluido de reparación clase R4

■ Reparación de fisuras en forjados

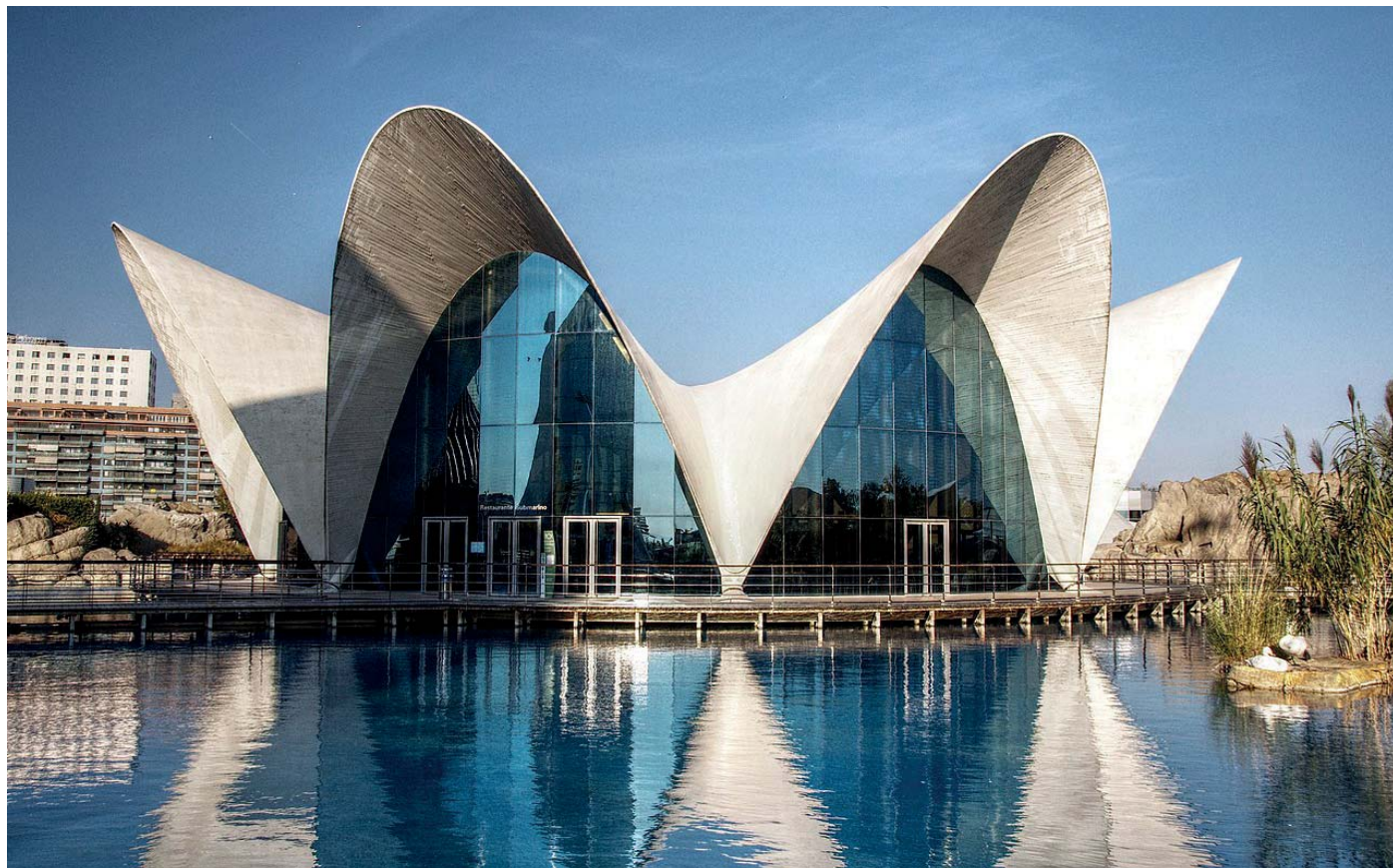
En el nivel de sótano -1 los forjados presentaban fisuras a través de las cuales se producían filtraciones en la gran mayoría de los casos.

Estas fisuras, generalmente orientadas a 45° respecto de los núcleos de acceso, y siempre presentes entre estas estructuras, indicaban que el origen más probable de estos daños sea la retracción del propio forjado.

Para estas fisuras se limpió el soporte con cepillo y aire comprimido eliminando cualquier tipo de residuo. Se colocaron inyectores distanciados entre 20 y 30 cm y se sellaron con adhesivo epoxídico, aplicado también a todo el desarrollo lineal de la fisura. Una vez endurecido el adhesivo se insufló aire a presión a través de los inyectores para comprobar la perfecta comunicación de los talados entre sí.

Se procedió entonces a la aplicación a presión controlada de una resina epoxi fluida. Se empieza por el inyector extremo situado en la parte más baja hasta que rebose la resina por el inyector superior contiguo, sellando entonces el recién inyectado. Se repite el procedimiento partiendo del inyector inmediatamente superior hasta la completa saturación de la fisura objeto de actuación.

Terminada la operación se procedió a retirar todos los inyectores, a sellar los agujeros y a realizar un desbastado superficial para eliminar el sellado superficial que permitió la inyección.





HEAVY LIFTING VARIOS PUENTES EASTERN PROVINCE ARABIA SAUDÍ

POR/

José Antonio Crespo

| Technical Director at Orión Mena

| Ingeniero Civil en Silga Ingeniería

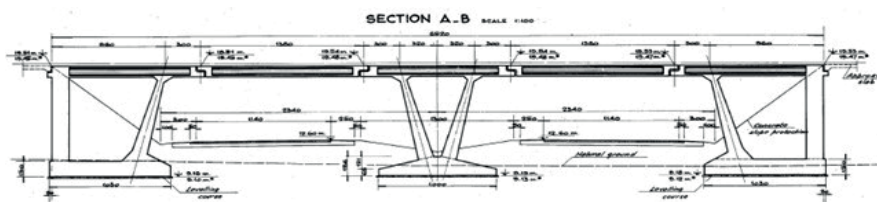
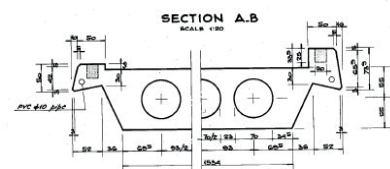
Durante el año 2023 ORION MENA, la sucursal de ORION en Oriente Medio, ha finalizado el izado, sustitución de apoyos y reparación de las medias maderas de cuatro puentes, pertenecientes al contrato de Mantenimiento de Carreteras del Ministerio de Transportes en la región B02 (Dammam, Eastern Province). El contrato de ORION MENA consiste en la ejecución del mismo procedimiento en 14 puentes de la dicha región B02.

INTRODUCCIÓN

► En la provincia oriental de Arabia Saudí, se diseñaron y construyeron en la década de los ochenta numerosos puentes con tipología de losas armadas con apoyos a media madera. Esta tipología, prácticamente ya en desuso, respondía fundamentalmente a las limitaciones existentes en su día respecto del cálculo, especialmente en casos como estos en los que los efectos de las deformaciones impuestas en puentes integrales eran muy dificultosas de valorar.

► Estas juntas cuentan con una línea de apoyos de neopreno. La razón por la que este tipo de juntas a media madera no se usa en la actualidad es la misma razón que hace necesaria la intervención ahora en estos puentes. El agua entra inevitablemente en las juntas y provoca su deterioro. Tanto el hormigón de las superficies de las juntas como los apoyos son inaccesibles. Eso hace que el deterioro sea progresivo e incontrolable, con el consiguiente riesgo estructural por fallo de la media madera tras la corrosión de sus armaduras.

En la figura siguiente se muestra el alzado y sección de unos de los puentes, cuya tipología, con variaciones de luz y ancho, se repite en no menos de diez ubicaciones.



Alzado y sección transversal típica

La única forma de acceder a reparar las superficies interiores y sustituir los apoyos es mediante el **izado de las losas biapoyadas**. Este izado debe ser alrededor de 1.30 metros.



Vista general del sistema una vez completado el izado



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

► El sistema diseñado consiste en la colocación de torres metálicas, apoyadas sobre zapatas prefabricadas. Sobre las torres se colocan gatos de 30 cm de carrera, y un sistema de módulos que permite el regateo en sucesivas emboladas hasta conseguir subir la altura necesaria.

El proceso consiste en los siguiente pasos:

1. Ejecución de la base de arena.

Las torres se cimientan mediante zapatas apoyadas en camas de arena que tienen como misión conseguir una superficie horizontal y plana y corregir imperfecciones, pendiente y peralte de la carretera inferior.

2. Colocación de las zapatas y las torres

Las zapatas se hormigonan en una ubicación cercana. Tanto su geometría como su peso están diseñados para poder ser transportadas y reutilizadas en varios puentes. Las zapatas, junto con las torres metálicas se colocan en posición empleando carretillas de gran capacidad

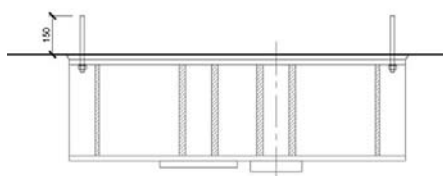


Instalación de las zapatas y las torres

3. Instalación de las vigas de reparto

No se puede aplicar la carga directamente sobre el tablero porque éste es aligerado, y en cada torre tenemos dos puntos de apoyo que son el gato y el neopreno de apoyo provisional. Por lo tanto, en alguno de los puntos con toda seguridad se estaría aplicando una carga en zona aligerada, con el consiguiente riesgo de rotura.

Por ello se diseña una viga de reparto que se instala con la ayuda de anclajes, como se muestra a continuación.



Viga de reparto



4. Izado del tablero

Para el izado del tablero se emplean gatos de 150 tn de capacidad y 300 mm de recorrido. Los gatos están conectados a una bomba sincronizada y la operación controlada a través de un portátil con software específico que permite controlar las fuerzas y desplazamientos de cada gato en todo momento.



El sistema realiza la sincronización automática para conseguir que todos los puntos de apoyo se desplacen en la misma cantidad. Es posible también actuar de manera manual a través del software en caso de que se requieran realizar correcciones



Secuencia de izado:

El izado comienza con la primera embolada del gato hasta su máxima capacidad de recorrido (300 mm) (Figura 1)

continuación, se coloca un módulo de apoyo y el neopreno, y se baja el pistón del gato hasta transferir toda la carga al apoyo (Figuras 2 y 3)

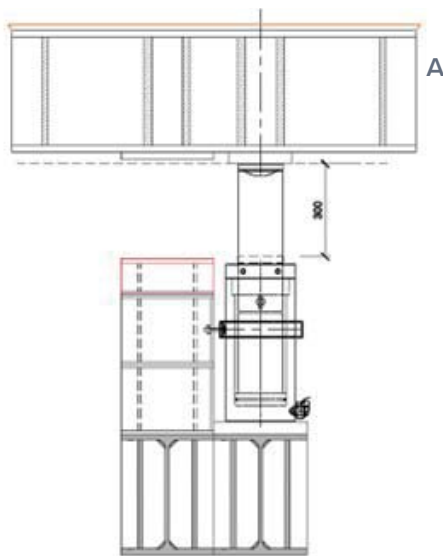


Fig. 1

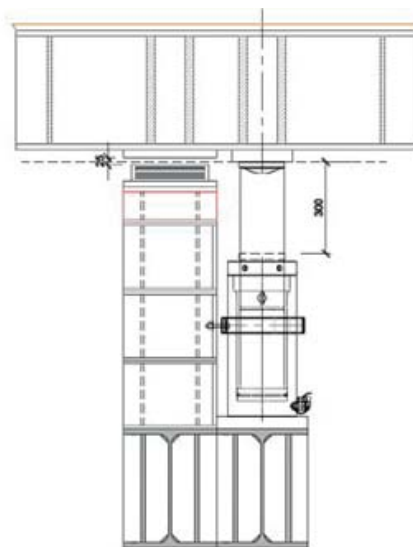


Fig. 2

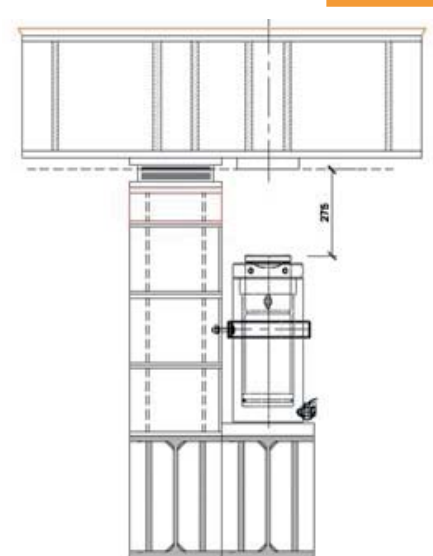
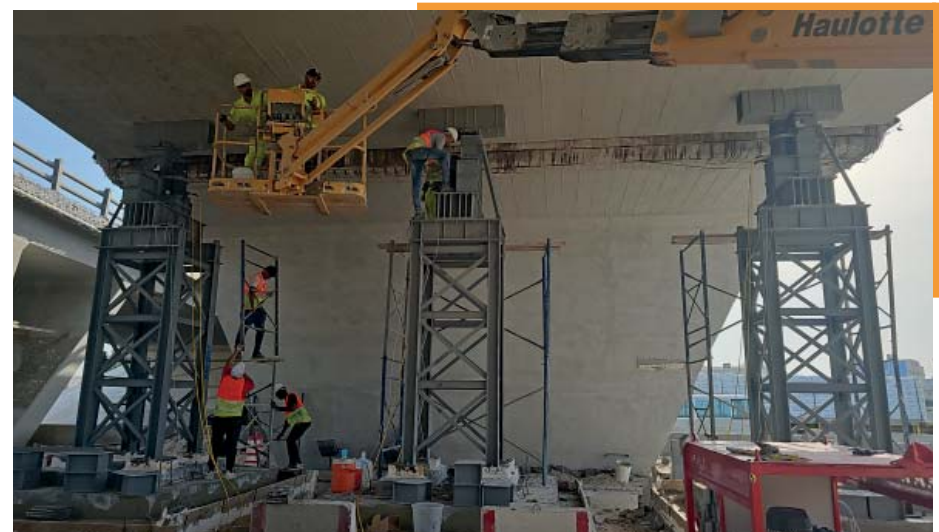


Fig. 3



El gato se recoloca sobre un módulo con lo que se está en disposición de realizar la embolada siguiente. El proceso se repite sucesivamente hasta alcanzar la altura requerida para poder trabajar en la reparación del hormigón y la sustitución de los apoyos. (Fig. 4 y 5)

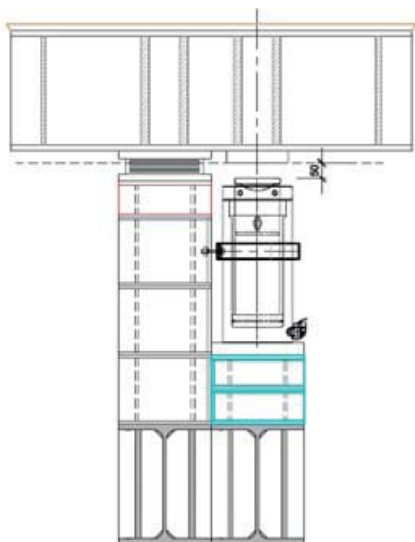


Fig. 4

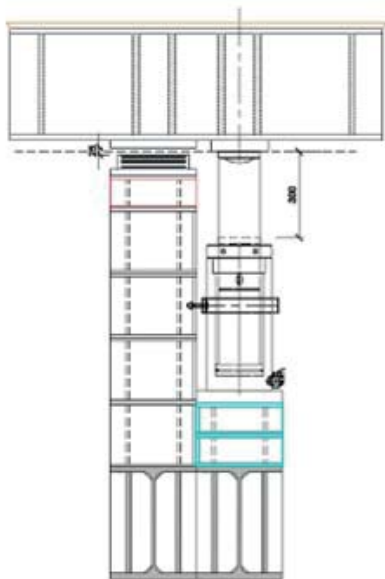


Fig. 5

► Con el tablero izado, se procede a la reparación de las superficies de hormigón deterioradas de la media madera y los bordes laterales del tablero, que también acusan importantes deterioros.



El saneo del hormigón dañado se realiza mediante pistoletas eléctricas hasta descubrir el acero por su cara interna. Posteriormente la armadura debe ser tratada mediante cepillado metálico y pasivado, y en caso necesario completarse con la reposición de las armaduras dañadas o con cuantía insuficiente.

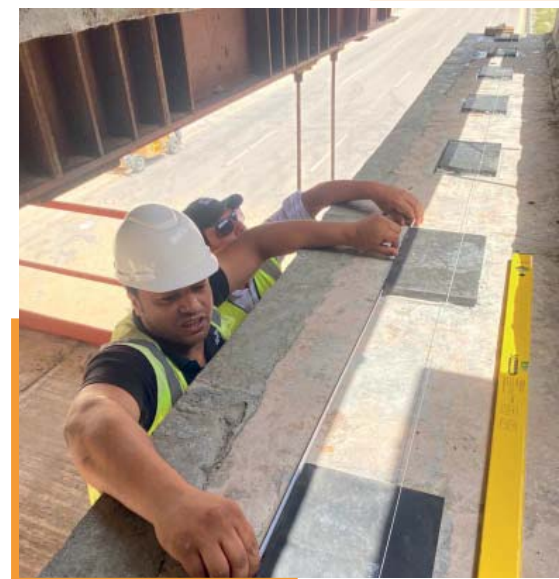
La recuperación de la geometría se realiza mediante mortero de alta resistencia sin retracción fluido clase R4 vertido sobre el encofrado.

La reconstrucción de la meseta de nivelación superior de los apoyos

se realiza mediante la aplicación manual de mortero de reparación clase R4.

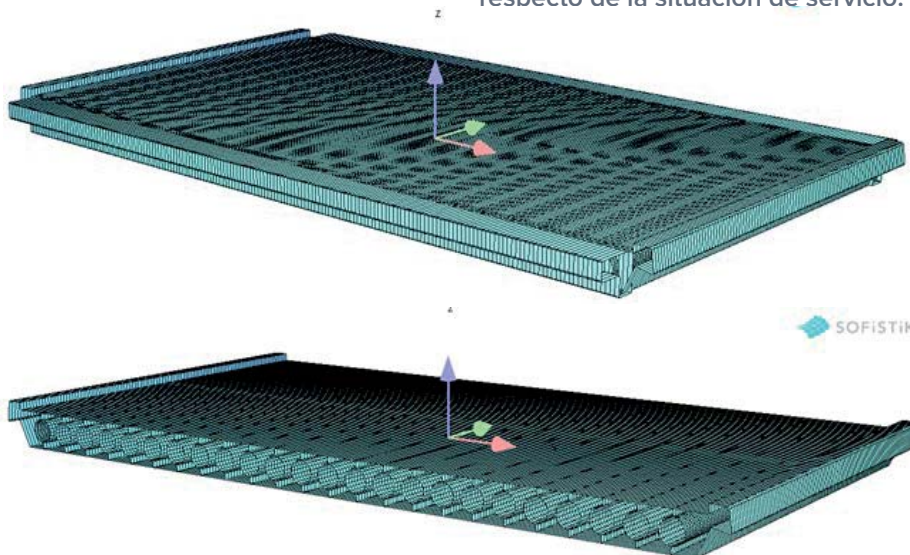
En el caso de las mesetas de nivelación inferiores se emplea un mortero grout de alta resistencia y precisión.

La maniobra de descenso se realiza de manera análogo a la indicada para el izado, junto con los regateos necesarios, pero con la salvedad de la parametrización de la maniobra para el descenso en el software de izado.



INGENIERÍA DEL PROCESO

► El primer cálculo consiste en establecer las cargas de los gatos. Para ello se realiza un modelo de emparrillado plano que representa el tablero que se iza.



Configuración final, con el puente apoyado en neoprenos

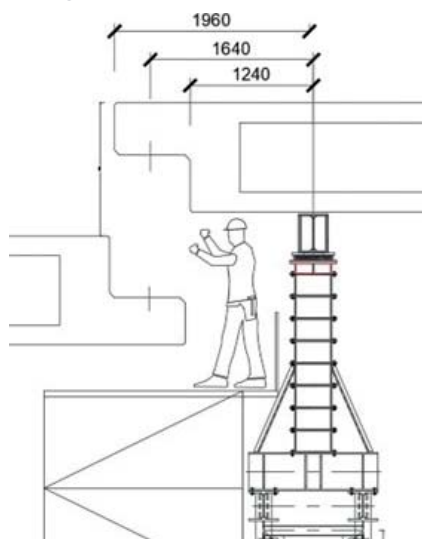
Este modelo no solo sirve para obtener reacciones sino para analizar los esfuerzos en el tablero. Aunque el tablero está solo sometido a peso propio, y los esfuerzos longitudinales globales son muy inferiores a los de diseño, existen varios esfuerzos que se incrementan enormemente respecto de la situación de servicio.

Los más importantes son los esfuerzos en el diafragma de apoyos. El puente está diseñado para tener un apoyo continuo en los neoprenos. Por lo tanto, en servicio este diafragma casi no tiene esfuerzos. En la configuración de izado el tablero pasa a apoyarse en menos puntos, por lo que se generan esfuerzos transversales que deben ser resistidos por la escasa armadura disponible.

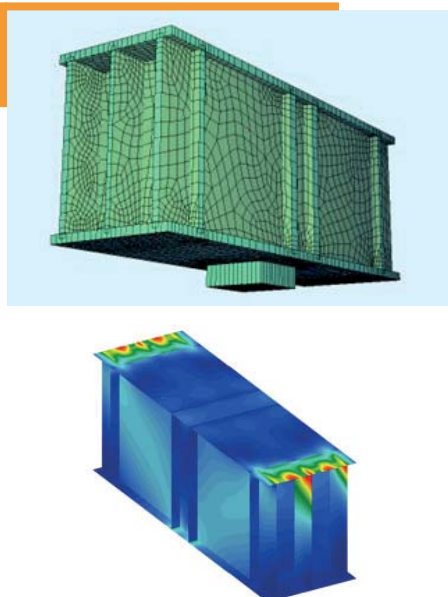
Esta comprobación se ha realizado para los esfuerzos obtenidos en el modelo anterior y su validación confirma que el número de apoyos de izado y su separación garantizan la ausencia de problemas resistentes. La ubicación de los gatos está pensada inicialmente para estar justo en el medio de dos huecos y separados transversalmente a una distancia que produce reacciones de valor similar, de modo que el control del gato sea más fácil.

Aunque la ubicación de los gatos está pensada para ser en las áreas de las costillas, los detalles de la operación se han diseñado para el caso de tener los gatos justo debajo de un vacío, ya que a veces los planos as-built no son 100% fiables.

Longitudinalmente, los gatos se sitúan lo más cerca posible del borde, teniendo en cuenta que se necesita espacio suficiente para trabajar en la reparación de los elementos de hormigón.

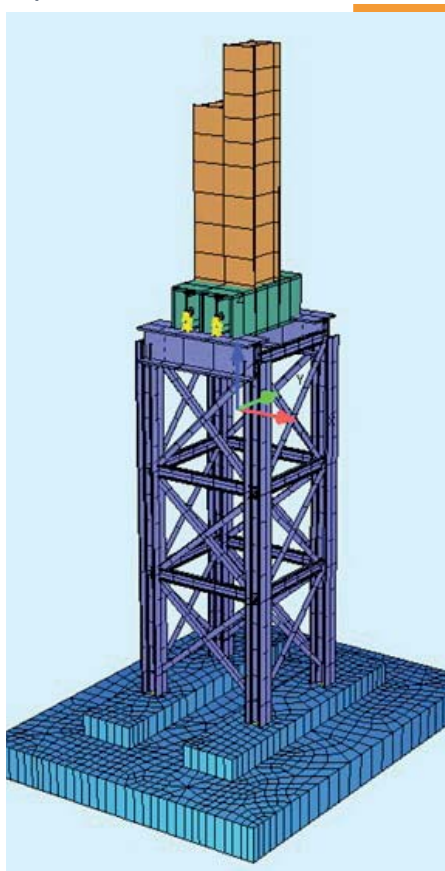


Como se mencionó anteriormente, los gatos no actuarán directamente sobre el tablero, ya que las fuerzas locales del pistón del gato son muy altas, y el doble punto de apoyo hace que sea imposible aplicar siempre la carga en zona de nervios entre aligeramientos. Para ello se diseña una viga de reparto, que se calcula y comprueba mediante un modelo de elementos finitos en 3D.



Modelo de la viga de reparto

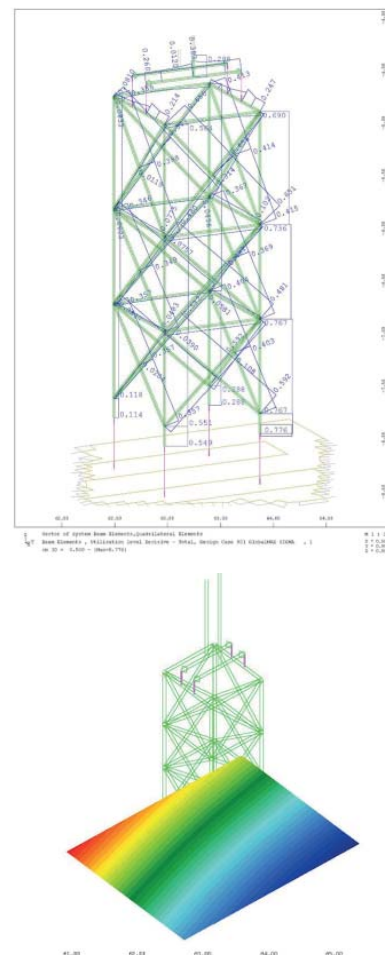
La torre se analiza utilizando un modelo de barras y placas, que representa no solo la torre, sino también los módulos en su configuración final de izado, y la zapata.



Modelo global de análisis

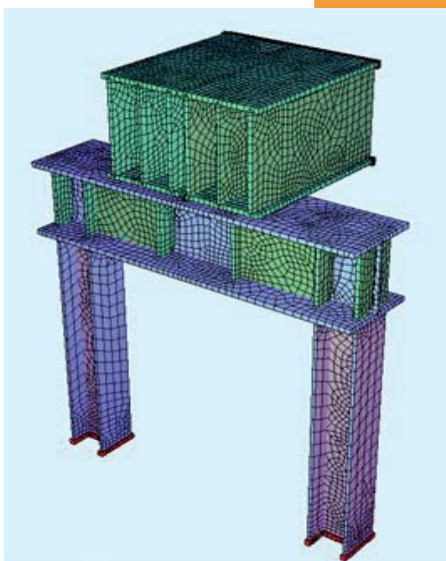
Con este modelo se tienen en cuenta todos los elementos, y se puede hacer un análisis global muy completo de la torre y la zapata. Del lado de la seguridad, se considera la zapata con un lecho de solo 10.000 kN/m³. Esta flexibilidad aumenta los efectos de segundo orden y produce resultados conservadores.

El modelo se analiza bajo una carga de 1200 kN y un factor de carga de 1,50 correspondiente a la combinación de Strength IV según AASHTO. Además, se considera una inclinación accidental del 1% junto con una carga de viento de 10 kN en ambos sentidos, actuando en la punta. El análisis se realiza de forma no lineal con grandes desplazamientos. Se obtienen fuerzas y se comprueba la capacidad de los miembros teniendo en cuenta el pandeo entre nudos. En este modelo también se estudia la zapata, tanto estructuralmente como por esfuerzos en el terreno.



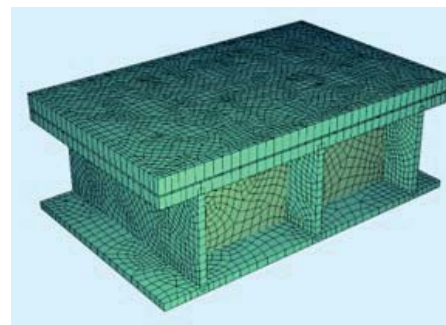
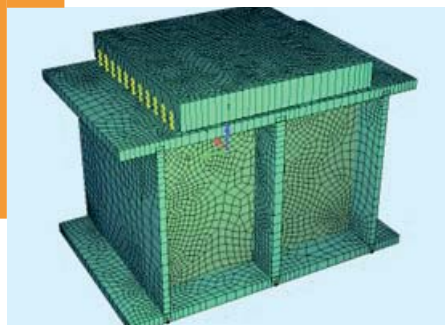
Ejemplo de resultados. Coeficientes de utilización de los elementos de acero y tensiones bajo la zapata

Los elementos en la cabeza de la torre, justo debajo de los gatos, se analizan con un modelo 3D, ya que en su comportamiento las fuerzas locales tienen una fuerte influencia y no pueden ser analizadas adecuadamente utilizando modelos de vigas.



Modelo para análisis locales de la cabeza de la torre

Se realizan dos modelos separados para verificar la capacidad de los bloques que están bajo contacto directo del gato y el apoyo de neopreno.



Modelos para el cálculo de los módulos



BILBAO
REFUERZO ESTRUCTURAL
CLÍNICA IMQ-ZORROTZAURRE

POR/
Álvaro Marote | Técnico Orión

Refuerzo de estructura ante la futura ampliación de una planta en el edificio equipamental sanitario de la Clínica Zorrotzaurre, **situado en la A.I. 139 de Zorrotzaurre - Bilbao**

ANTECEDENTES

La futura ampliación del edificio equipamental sanitario de la Clínica Zorrotzaurre, impulsada por la Sociedad Inmobiliaria del Igualatorio Médico Quirúrgico (IMQ), que pretende aumentar en una planta el actual cuerpo edificatorio de tres plantas, supone la introducción de nuevas cargas en la edificación.

Del estudio estructural se concluye que es necesario REFORZAR 11 pilares de hormigón armado, 2 pilares metálicos y 4 zapatas

Esta ampliación precisa un nuevo análisis estructural de la edificación, que incluya las nuevas cargas y el refuerzo necesario, siendo el estudio de arquitectura Katsura, Arquitectura y Urbanismo, S.L.P.U., dirigido por el Arquitecto Luis Domínguez Viñuales, el encargado de la redacción del proyecto y **ORIÓN REPARACIÓN ESTRUCTURAL S.L.** la empresa constructora.

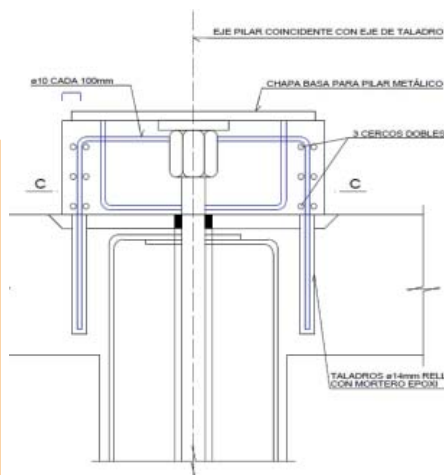


La clínica del Igualatorio Médico Quirúrgico ha iniciado sus trabajos de ampliación

REFUERZO DE PILARES

► REFUERZO DE PILARES MEDIANTE BARRAS GEWI

En planta 1ª (NIVEL +1), la mayoría de los pilares de hormigón a reforzar están situados en la zona de quirófanos, por lo que no era posible realizar el refuerzo desde el exterior de los mismos ya que las afecciones de los trabajos no son asumibles. Para no tener que intervenir en los pilares de planta 1ª (NIVEL +1), los trabajos de refuerzo se realizaron por medio de barras GEWI. Estas barras se introdujeron desde planta 2ª (instalaciones) y atravesaron los pilares hasta planta baja (NIVEL 0). Este refuerzo requirió un gran labor de **precisión**, al ser necesario realizar una perforación de 80mm en el centro del pilar, en la longitud de las dos plantas, hasta llegar a la cota superior del forjado de planta baja (NIVEL +0).



Para poder realizar el refuerzo, previamente, se realizó el apeo de las vigas apoyadas en los pilares metálicos situadas sobre los pilares a reforzar, pudiéndose entonces retirar el propio pilar metálico y proceder al descabezado de la coronación del pilar de hormigón hasta descubrir las armaduras del forjado, así como las patillas de armadura del pilar.



Una vez descubiertas las armaduras del pilar, se verificó de nuevo el correcto replanteo del eje del pilar y se realizó la perforación por vía húmeda con corona de diamante. Tras la perforación se colocó la barra GEWI de 50 mm de diámetro centrada en el taladro mediante un sistema centrador en la coronación del forjado, que a su vez permitía realizar la inyección del mortero epoxi, colmatando el hueco sobrante.

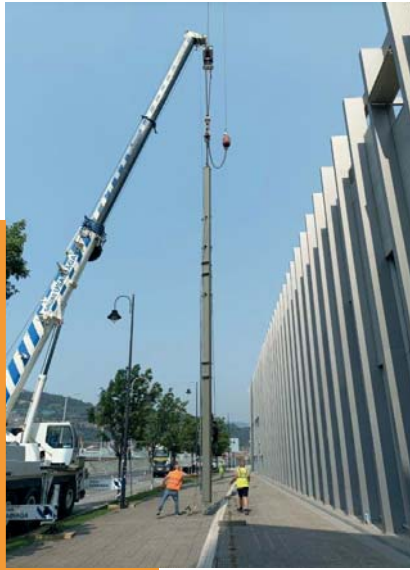
Una vez inyectado el taladro y después de haber fraguado, se colocó la tuerca, placa y contratuerca en la coronación de la barra. Se colocó la armadura del macizo de apoyo del nuevo tramo de pilar metálico. Una vez nivelada la placa, se hormigonó el macizo de apoyo del tramo, con un mortero autonivelante.

Fraguado el mortero, se retiró la contratuerca y se realizó el corte de la longitud sobrante de la barra, quedando perfectamente enrasada con la placa de anclaje.

Tras colocar y soldar el nuevo el tramo metálico del pilar, reforzado se renueva la impermeabilización dejando la cubierta correctamente estanca. Para la comprobación de la **estanqueidad de la cubierta** se realizaron pruebas de inundación con colorante alimenticio de color verde en todos los pilares reforzados, demostrando que no existía ningún tipo de infiltración.

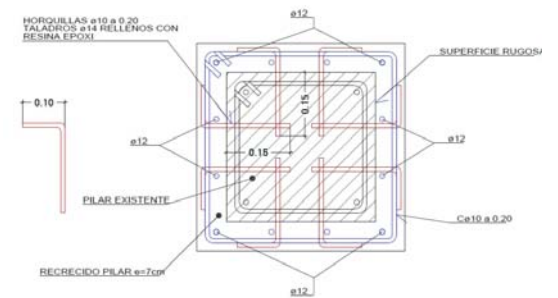
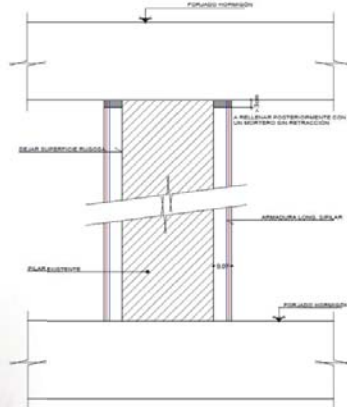


En dos de los pilares reforzados, la reposición del pilar metálico de la celosía se sustituyó por la disposición de un nuevo perfil de acero de 300mm x 300mm y 16m de altura, que servirá de **referencia para la futura ampliación** de la tercera planta. Para su colocación fue necesario el empleo de grúas de gran tonelaje.



► REFUERZO DE PILARES MEDIANTE RECRECIDO DE HORMIGÓN

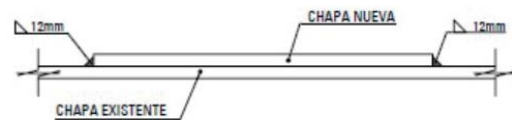
En planta baja (NIVEL +0) además del refuerzo por medio de la barra GEWI, se realizó un refuerzo de pilares mediante recrecido de hormigón. En esta planta, dada su situación, no fue posible realizar este refuerzo en todos los pilares y en algunos casos solo fue posible hacerlo en tres de sus cuatro caras.



► REFUERZO PILARES METÁLICOS

En planta baja (NIVEL +0) y sótano -1, fue necesario realizar refuerzos en dos pilares metálicos situados en el patio cubierto. El refuerzo consistió en

la soldadura de una nueva chapa de acero de acero laminado S275 JR con tratamiento de sistema de protección al fuego para R180.



► REFUERZO DE PILARES MEDIANTE FIBRA DE CARBONO

En plantas sótano -1, sótano -2 y sótano -3, el refuerzo de los 11 pilares de hormigón armado se realizó mediante un tejido unidireccional de fibra de carbono **S&P C-Sheet 240 (300g/m2)**.

El **procedimiento** de aplicación del refuerzo de fibras fue el siguiente:

Fase 1: Preparación del soporte: Consistió en un desbastado con maquinarias especiales de diamante, al objeto de dejar un hormigón sano y limpio de lechadas y con unas resistencias mínimas de 150 kg/cm2.

Fase 2: Instalación de tejidos.

La primera operación fue el corte de los tejidos en las dimensiones correspondientes con unas tijeras especiales, teniendo en cuenta el solape de 150 mm de tejido en la dirección de la fibra para el anclaje del tejido.

Sobre el soporte se distribuyó uniformemente la resina epoxi bicomponente de impregnación y pegado S&P Resin 55 HP mediante rodillo.

Puesto que la resina sirve tanto como imprimación como impregnador del tejido a la misma vez, La aplicación del tejido sobre la resina se realizó

fresco sobre fresco, prestando especial atención al tiempo abierto de la resina.

Se colocó el tejido sobre la resina, confinando el pilar en toda su altura, embebiendo el tejido en la misma y presionando con un rodillo especial para impregnación solo en la dirección de las fibras, hasta que todas las fibras estuvieron perfectamente húmedas e integradas en el adhesivo.

Fase 3: Revestimiento. Para aplicar el acabado de pintura y sistema de protección ignífuga sobre el tejido se proyectó arena de cuarzo limpia y seca sobre el adhesivo aún fresco.



REFUERZO DE PILARES

En el sótano -3 se reforzaron cuatro encepados mediante nuevos micropilotes (6 micropilotes por pilar), fabricados in situ, de 200 mm de diámetro, con armadura tubular $\varnothing 127 \times 9 \text{ mm}$ para una carga admisible de 100 t.

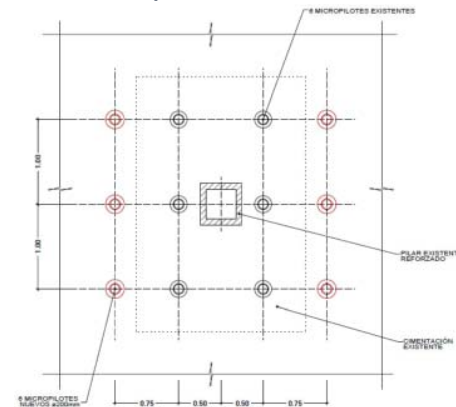
► **Proceso:** Realizado el corte en la solera en un perímetro aproximado de 5 m x 5 m alrededor de cada pilar y tabicando el canto de cupolex para evitar vertidos que puedan obturar el

sistema, se replantearon los pilares y procedió a la perforación de 250mm de diámetro hasta alcanzar un empotramiento de 7,00 m en roca.

La perforación se realizó con entubación recuperable y sistema preventer, extracción y conducción de lodos o detritus de perforación a contenedor estanco situado a la misma cota. Colocada la armadura tubular se realizó la inyección de lechada de cemento.

Finalmente se conectó la armadura del micropilote a la cimentación existente, se regeneró la sección con

hormigón predosificado y se repuso la solera cupolex.





NAVARRA REPARACIÓN Y REFUERZO DEL PUENTE DE ACCESO DE TUDELA, SOBRE EL RÍO EBRO

POR/ Izaskun Bustamante Larrea | Ingeniero Técnico de Obras Públicas

El Gobierno de Navarra, a través del departamento de Cohesión Territorial, adjudicó el contrato de **Reparación y refuerzo del Puente de Acceso de Tudela sobre el río Ebro** a la UTE formada por las empresas **ORION REPARACIÓN ESTRUCTURAL S.L.** y **ALVAC S.A.**, tras salir a concurso público, al ser la mejor oferta en relación calidad-precio.

► En el marco del contrato de asistencia para el mantenimiento del inventario e inspección de los puentes situados en la red de carreteras de la Comunidad Foral de Navarra, se realizó la inspección especial del puente medieval situado sobre el río Ebro en Tudela.

La inspección realizada se detectaron daños que podían conllevar pérdidas de seguridad estructural y funcionalidad del puente”, lo que obligaba a una actuación urgente, por lo que el Gobierno de Navarra encarga el proyecto de Reparación y refuerzo del Puente de Tudela sobre el río Ebro en Navarra, que se finaliza en enero de 2017.

Los exámenes que se realizaron para la reparación además de las deficiencias anteriormente descritas añadían que había “socavaciones en las bases de pilas que pueden suponer una afección a la seguridad estructural. Se observan la pérdida de piezas y zonas con erosión avanzada de ellas en los parámetros de la fábrica que dan lugar a pérdidas de sección, lo que en este tipo de estructuras tiene afección a la resistencia”. Además apuntan que existían “deterioros generalizados de naturaleza durable, tanto de filtraciones generalizadas a través de tablero y sistema de drenaje ineficiente como por la erosión

de los agentes externos a que se encuentra expuesta la estructura”.

Tras el proceso de licitación de las obras el Gobierno de Navarra adjudica las obras a la **UTE Puente Tudela**, formada por las empresas **ALVAC S.A.** y **ORIÓN REPARACIÓN ESTRUCTURAL S.L.**

La solución propuesta tenía un doble objetivo. Por un lado, corregir los daños detectados en la inspección realizada y, por otro, aprovechar la intervención para mejorar el comportamiento del Puente de Tudela desde el punto de vista de la durabilidad.

► Este **puente medieval**, de 320 metros de longitud, datado en los siglos XII-XIII, es una obra de fábrica de sillería, formada por 17 vanos de bóvedas de diferente tipología: de medio punto y ojival. Como se observa claramente, el

puente ha experimentado sucesivas intervenciones a lo largo de su historia, que se reflejan en las diferentes tipologías de bóvedas y diferentes materiales constitutivos.

Con anterioridad a la presente intervención, las actuaciones más

recientes datan de 1985 y 1987. La primera consistió en consolidar y reforzar las cimentaciones de las pilas y la segunda se centró en ampliar el tablero del puente, que pasó de 8,3 a 11 metros para dejar una calzada de 7 de ancho y aceras a ambos lados.



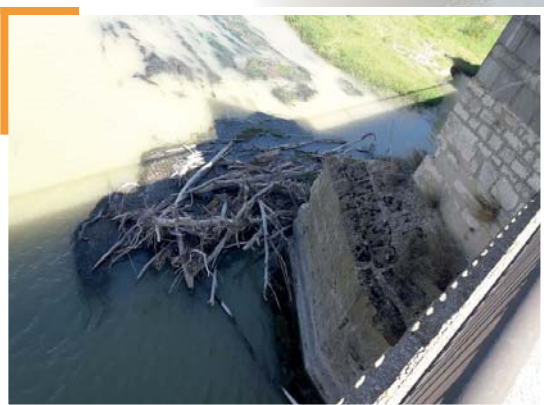
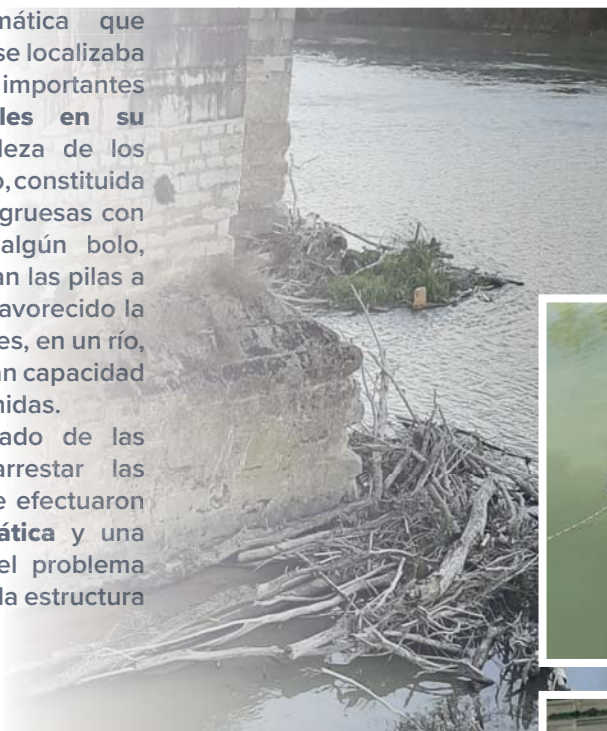
B.I.C. El puente está incluido en el Inventario del Patrimonio Arquitectónico de Navarra y dentro de la delimitación del casco histórico de Tudela, declarado Bien de Interés Cultural (BIC).

L.I.C. El puente se encuentra en un Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), en concreto en el LIC Río Ebro, que tiene un área de 23.94 km² y unas coordenadas geográficas de localización 42,061272, -1,527857.

Todo ello ha supuesto factores fundamentales en el planteamiento de la obra, de cara a minimizar la afección al entorno, tanto desde el punto de vista de medioambiente como a nivel de patrimonio histórico.

► La mayor problemática que presentaba la estructura se localizaba en su base, con importantes **deficiencias estructurales en su cimentación**. La naturaleza de los materiales del lecho del río, constituida básicamente por gravas gruesas con alguna gravilla fina y algún bolo, sobre las que se cimientan las pilas a cota muy superficial ha favorecido la formación de socavaciones, en un río, como el Ebro, con una gran capacidad erosiva en época de avenidas. Para comprobar el estado de las socavaciones y contrarrestar las hipótesis de proyecto, se efectuaron una **inspección subacuática** y una **batimetría**, que reveló el problema real al que se enfrentaba la estructura del puente.

Las socavaciones habían aumentado de tamaño, por lo que la propuesta de recalce de las pilas del proyecto quedaba invalidada, ya que se presentaba la misma solución que la efectuada en recalces anteriores, quedando en evidencia la ineficacia del sistema.



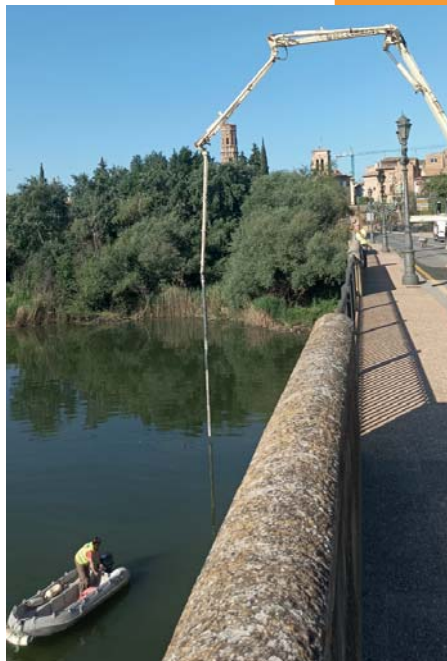
► La reparación de las socavaciones se llevaron a cabo según el siguiente procedimiento constructivo:

1. Extracción de limos y materiales sueltos. Mediante la disposición de una barrera anti-turbidez de 25 m aguas abajo de la pila sobre la que se esté actuando para evitar que la turbidez generada en la extracción de limos se extienda. La barrera estaba compuesta por una barrera flotante de PVC y una cortina de geotextil de 5,5 m de altura, que impida la salida de partículas.

2. Colocación de encofrado de nervometal impermeabilizado. El paso del nervometal (tamiz) es más pequeño que el árido del hormigón y por lo tanto colmatar esos pasos. Adicionalmente se colocó un geotextil para que no pasasen los finos.



3. Bombeo de hormigón para el relleno de socavaciones. Una vez asegurado el encofrado de nervometal con todas las protecciones necesarias (barreras anticontaminación, geotextiles para el nervometal, etc.) se procedió al bombeo de hormigón desde el tablero del puente.



El bombeo se realizó a través de un tubo flexible de aproximadamente 100-150 mm de diámetro, de forma que el hormigón fluía de manera lenta y constante a lo largo del tubo. El extremo del tubo se situaba a una distancia de 10-15 cm del fondo del lecho y se iba rellenando hasta quedar este completamente embebido en el hormigón.

La interfaz entre el agua y hormigón, claramente diferenciados por una correcta dosificación con aditivos antilavado, superplastificante y alto contenido en finos hacen que la mezcla sea muy cohesiva y no se produzca nada de turbidez en el agua, ganaba cota hasta la previsión de hormigonado.

4. Colocación de escollera. Una vez vertido y fraguado el hormigón, se colocó una escollera de 500-1000 kg, en lugar de la de 200 a 400 kg. La razón es dotar de mayor estabilidad a la protección a ejecutar, pues con los pesos actuales esas rocas podrían ser arrastradas por la corriente en futuras avenidas. De este modo se garantiza con mayor seguridad la protección ante posibles socavaciones.

Los trabajos se realizaron con vehículo anfíbio y una pinza de útil para poder colocar las escolleras con precisión, todo supervisado por un equipo de buzos.



► Para la reparación de los deterioros de origen durable del puente, se planteaba en fase de proyecto la instalación de un andamio colgado. La disposición de este tipo de andamiaje

planteaba fuertes afecciones al tráfico, además de obturar los ojos del puente, con la imposibilidad de reacción para su desmontaje ante avenidas del Ebro.



La solución se basó en la instalación de **andamios dispuestos sobre una plataforma flotante modular** protegida con tablero fenólico.



► En los elementos de fábrica el proceso de reparación comenzó con una primera **fase de preparación** que comprendió las siguientes operaciones:

Saneado y picado manual de la superficie, retirando tanto el revestimiento de mortero de cemento existente como los elementos sueltos, fracturados, fisurados de ésta, así como de las zonas con ausencia de piezas o pérdida de sección.

Retirada de vegetación mediante la aplicación de un tratamiento **biocida** en la estructura que favorezca la eliminación generalizada de la vegetación al mismo tiempo que retrasa su reaparición.

Chorreado con abrasivos y limpieza de la superficie, previa realización de pruebas para ajuste de los parámetros de limpieza.

La **fase de reparación** de las obras de fábrica comprendió la **reposición de las piezas desprendidas**, y aquellas cuyo estado de meteorización era muy avanzado, o con pérdidas de volumen importantes (en torno al 60% o más) mediante piezas de nueva labra.

Se ejecutó al **rejuntado** generalizado con mortero de cal hidráulica natural y eco-puzolana y se **cosieron todas las fisuras** mediante un sistema conjunto de disposición de varillas de fibra de carbono e inyección de la fisura con lechada de cal.



► Las actuaciones sobre el **voladizo de hormigón** comprendieron la limpieza general de los paramentos mediante **chorreado con abrasivo** y la **reparación estructural** mediante el picado del hormigón deteriorado,

eliminando el hormigón en mal estado hasta llegar a las armaduras, saneado y pasivado de las armaduras y regeneración de la sección mediante mortero de reparación tixotrópico clase R4 según UNE-EN 1504-3.

Para la reparación de las fisuras se procedió a la **inyección de resina epoxídica** de baja viscosidad. Finalmente, una vez realizadas las tareas de preparación y reparación de superficies de hormigón, se aplicó un tratamiento de hidrofugación que frenará en gran medida el avance de los deterioros durables.

► La intervención sobre el puente e Tudela se completó con actuaciones de mejora del drenaje, el fresado del firme, la impermeabilización del tablero, la pavimentación de la calzada con mezcla bituminosa en caliente, el repintado de las marcas viales y la reparación de los elementos del alumbrado del puente.





GUADALAJARA-MÉXICO

REPARACIÓN, REFUERZO E INSTRUMENTACIÓN DEL PUENTE FERNANDO ESPINOSA DE LA AUTOPISTA ZAPOTLANEJO

POR/ **José Luís Durán Najera** | Coordinador de puentes y estructuras en RCO-ABERTIS

En el año 2022, la firma **Covertex**, Filial mexicana del **Grupo Orión**, resulta adjudicataria de la licitación para la **instrumentación, refuerzo y rehabilitación del puente Fernando Espinosa** en la ciudad de Guadalajara, México. Este puente, erigido en la década de los 60 bajo la dirección del ingeniero Modesto Armijo Mejía, se encuentra a 125 metros de altura sobre el valle del río Santiago y tiene una longitud total de 300 metros, erigiéndose como la principal vía de alta capacidad de acceso a la ciudad por el lado de poniente.

A lo largo de los años, el puente ha sido objeto de diversas intervenciones destinadas a preservar su buen estado y funcionalidad. Actualmente, bajo gestión de la empresa concesionaria Red de Carreteras de Occidente, compañía filial del grupo

internacional de concesiones **Abertis**; el mayor operador de carreteras en el mundo; y como parte de una ambiciosa campaña de rehabilitación de viaductos carreteros, se decidió llevar a cabo una licitación para una intervención importante.

► INSTRUMENTACIÓN

Uno de los puntos importantes de la licitación y por el que se iniciaron los trabajos fue la **instrumentación** del puente, al ser un puente metálico, este se encuentra sujeto a vibraciones, originadas tanto por el tránsito vehicular, el viento y los movimientos sísmicos, por lo que es de vital importancia poder monitorizar de manera oportuna las alteraciones anormales que se produzcan en la estructura y así detectar fatiga o riesgo

para la estructura. Precisamente a la fecha de la licitación el viaducto ya empezaba a tener movimientos anormales que indicaban la necesidad de un refuerzo.

La instrumentación del puente consistió en la instalación de un sistema de monitorización en tiempo real de las distintas vibraciones a las que está sujeto el puente, este sistema tenía también como objetivo la comprobación de la eficacia de los refuerzos metálicos que iban a realizar en el puente, de modo que fue importante obtener datos del sistema y hacer lecturas por varias semanas completas previo al comienzo de los trabajos de refuerzo.

Se instalaron 17 acelerómetros y 2 estaciones DECK para recopilar esta información. Los acelerómetros se alimentaban por una batería de

lito de alta duración con una vida útil de más de 2 años. Debido a la singularidad del viaducto y a la posición donde debían ser instalados los diferentes sensores se necesitó la ayuda de trabajadores especialistas en trabajos verticales, que los fijaron a los distintos elementos del puente que previamente habían sido identificados por los proyectistas de la ingeniería Española Ines.

Los eventos capturados por el sistema de auscultación son transmitidos vía GPRS a una estación receptora conectada a Internet que se encuentra a 1 kilómetro de distancia en un punto seguro de Red de carreteras de occidente, desde donde

► REPARACIÓN Y REFUERZO

se recopilan los distintos eventos y estos a su vez se pueden monitorizar desde una plataforma web a la que tiene acceso el cliente, el proyectista, y cualquier persona implicada en el proyecto. La plataforma web se configuró para recibir alertas en caso de que los sensores detecten valores anormalmente fuera de rango, lo que podrá prevenir en un futuro cualquier incidente.

Dentro del abanico de trabajos contratados, el capítulo principal residía en la incorporación de 34 toneladas de acero en diferentes secciones del puente con el objetivo de reforzar su estructura. La elección del acero grado 50 se fundamentó en la robustez y durabilidad que garantiza. La mayoría de los elementos fueron fabricados en taller mediante tecnología CNC router

plasma, reservando las instalaciones del sitio únicamente para habilitar biseles y realizar cortes de ajuste en piezas específicas.

Para ejecutar la intervención de manera integral, se implementó una pasarela de andamios en la parte inferior del tablero. Dos pasillos, con una extensión total de 300 metros, se construyeron a lo largo de la estructura metálica del puente.



Proceso de instalación de acero de refuerzo

Es de destacar que en ningún momento se interrumpió el tránsito vehicular en la parte superior del puente a lo largo de todo el proceso, continuando el flujo vehicular sin contratiempos. La pasarela se diseñó considerando el peso de las nuevas adiciones y también las constantes vibraciones generadas por el flujo de vehículos pesados.

El proceso de soldadura se ejecutó con electrodo E7018 de 1/8" mediante el método SMAW, para la alimentación de los equipos de soldadura, corte y herramientas alternas. Se utilizaron 1200 metros de cable 00 de aluminio y un generador de 145 KVA Diésel. Un 20% de las soldaduras fueron sometidas a pruebas de líquidos penetrantes y, en casos específicos a inspecciones por ultrasonido.

Cada elemento añadido al puente recibió un tratamiento de protección meticuloso.

Siguiendo una especificación de pintura diseñada para resistir zonas de alta corrosión por humedad ambiental aplicándose un primario epoxi de alto contenido en zinc y dando como terminación una capa de protección en base poliuretano alifático en el característico color amarillo del puente, fiel al tono original.

► CAMBIO DE APOYOS

El viaducto se compone de dos estribos, uno fijo y uno móvil, y dos pilas inclinadas que acortan la luz del tablero. Como parte del proceso se tuvieron que cambiar los apoyos de neopreno del estribo móvil que se encuentran localizados en el extremo oriental del viaducto o lado ciudad. Originalmente los apoyos estaban montados sobre una placa de acero que estaba anclada mecánicamente al estribo del puente.



Instalación de pasarelas de andamios



Este procedimiento de cambio de neoprenos se realizó a lo largo de 3 días, donde el primer paso y el más crítico era la elevación del estribo del puente para poder retirar el neopreno, todo ello manteniendo en servicio el viaducto, para ello se requirieron 2 gatos de 100 toneladas cada uno, estos gatos son controlados por una central hidráulica que se encarga de realizar la elevación al mismo tiempo y de forma uniforme en ambos gatos controlándose la altura de la elevación mediante relojes comparadores que detectan cambios de milésimas de mm.

Una vez el puente se encuentra a la altura necesaria se procede a la fijación de los gatos hidráulicos mediante el apriete de la tuerca de bloqueo. Esto fue fundamental para poder mantener el flujo de tráfico mientras se realizaba la tarea de cambio de neoprenos.

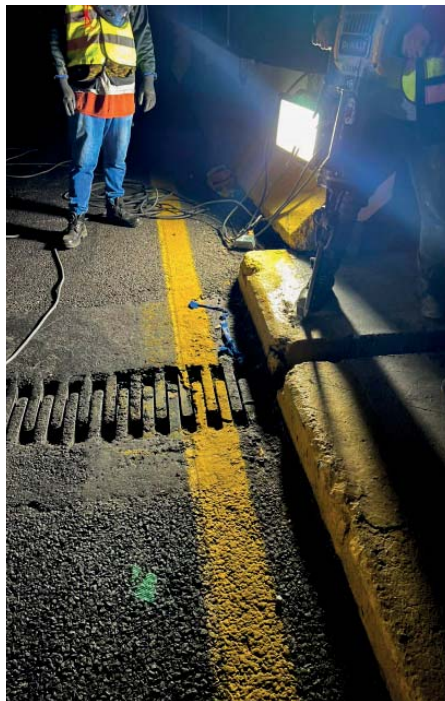
El neopreno original era una pieza de fabricación común en cuanto a apoyos de neopreno se refiere, consistía de varias capas de neopreno alternada con chapas de acero A36 de 3mm, el neopreno además estaba vulcanizado a una chapa de acero que estaba anclada mecánicamente al extremo del puente. En la parte en contacto con el estribo contaba con 2 rieles de acero que permitían el guiado longitudinal del puente, bloqueando los movimientos en sentido transversal.

Los neoprenos utilizados para la sustitución fueron de fabricación europea de la empresa Verdú y de igual manera fabricados con chapas de acero A36 intercaladas por láminas de neoprenos. Una de las caras del neopreno estaba terminada en una lámina de teflón, y la otra cara se vulcanizó a una chapa de acero de 35 mm de espesor.

Para su instalación se debieron retirar los rieles que limitaban el movimiento del puente de manera transversal y se instaló una chapa de acero inoxidable que haría contacto con la cara de teflón del apoyo para así permitir el libre movimiento de este tanto longitudinal como transversalmente.

► CAMBIO DE JUNTAS

Para concluir la rehabilitación del puente se realizó un cambio de la junta calzada Finger-Joint del puente en su extremo oriental.



La junta original era una junta tipo Finger-Joint metálica tipo cantiléver, que con los años había sufrido importantes deterioros que afectaban a la seguridad en la conducción.

La nueva junta propuesta para el puente fue una junta tipo Finger-Joint del tipo apoyada fabricada por el fabricante Español MK4, lo que redundaría en una mayor durabilidad de la misma.

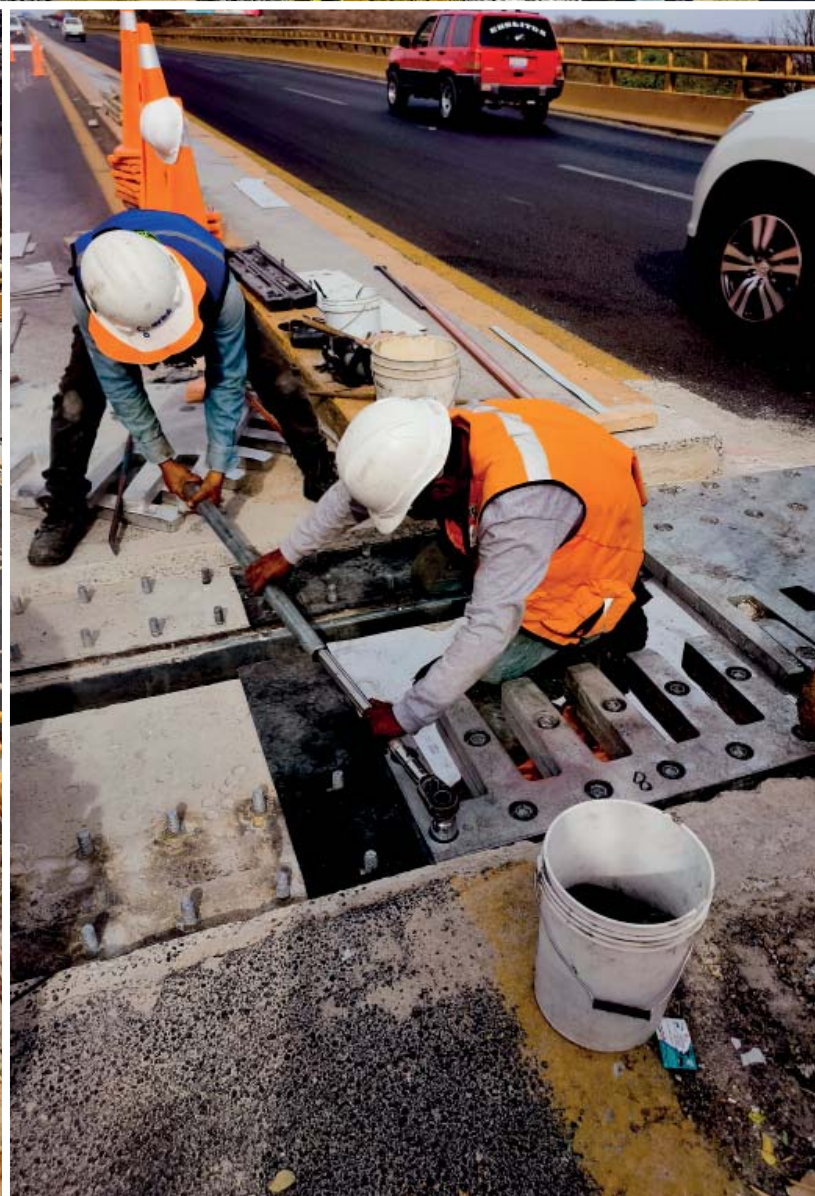
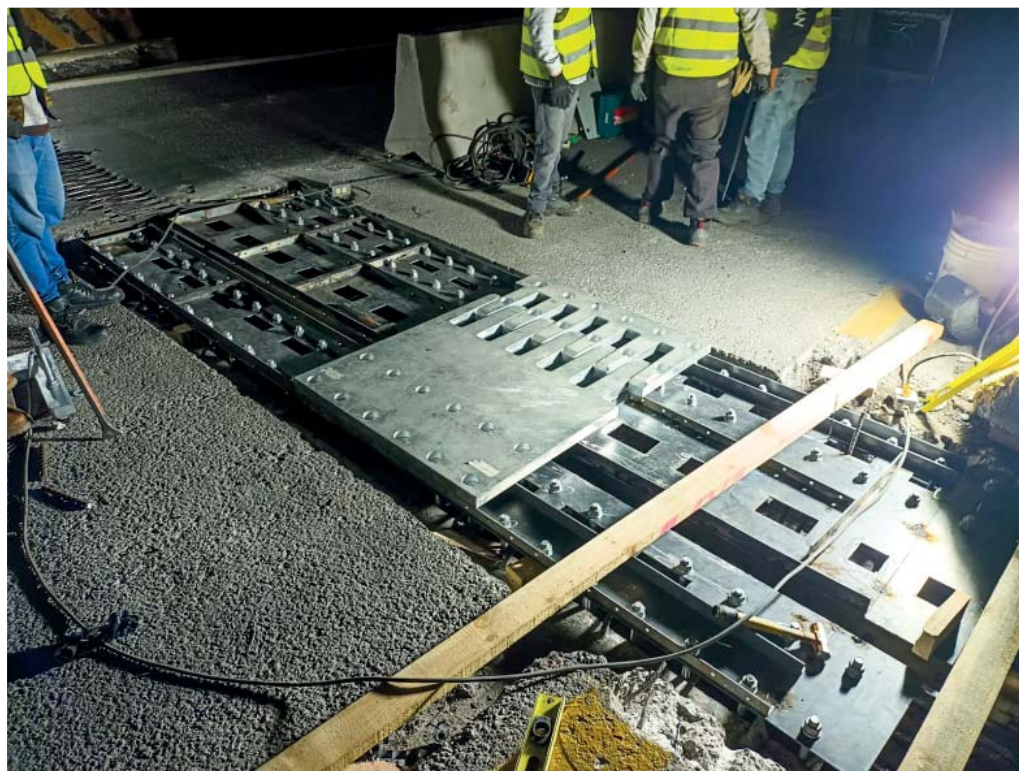
Debido a los elevados índices de tráfico, sobre todo de vehículos pesados, para la instalación de la junta fue necesario instalar todo un sistema de señalización de 2 km de largo, con el objetivo de informar a los conductores con esa distancia y así reducir el riesgo de accidente, teniendo además que adaptar la señalización a cada una de las cuatro fases en las que se dividió la actuación.

En cada fase se llevaron a cabo los trabajos de demolición de la junta existente con martillos demolidores, el retiro de la junta de calzada antigua, y la excavación del hormigón del cajón del tablero y del estribo con las dimensiones adecuadas para la nueva junta de calzada.

Posteriormente se procedió a la instalación de moldes metálicos que replicaban la posición de los anclajes de la nueva junta y que permitían la fijación de los cercos de esta a el armado del acero de refuerzo y la conexión de este con la armadura del tablero y del estribo, de modo que quedaran en la posición exacta para la posterior instalación de los módulos de la junta peine o Finger-Joint.



El relleno se realizó con un grout de alta resistencia de fraguado ultra rápido, que en 2 horas alcanzaba FC 400, lo que permitía continuar con las siguientes fases de montaje de los módulos metálicos. Cada peine de la junta se manipulaba mediante un electroimán ya que tenían un peso aproximado de 300 kg, colocándose cada pieza en su posición definitiva y siendo fijadas mediante tornillos apretados mediante llave dinamométrica al par de apriete definido por el fabricante.





TRÁPAGA, BIZKAIA REPARACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS 2048 Y 2049

POR/ **Jorge López Tamames** | Ingeniero de C. C. y Puertos. Director Técnico. Teknés Innovación S.L.

■ Descripción de la estructura

Los viaductos de la A-8 en Trápaga son sendos viaductos paralelos, de 300 m de longitud aproximada repartida en nueve vanos de 33 m de luz.

La sección transversal del tablero está formada por siete vigas prefabricadas doble T, de 1.50 m de canto y losa in situ de 0.25 m. La anchura total de la sección es de 16.50 m ya que consta

de 4 carriles de 3.5 m, arcenes de 0.75 m y pretilas.

Construidos en los años 80, en los viaductos se han realizado distintas intervenciones, como la mejora de los sistemas de contención y la ampliación de la sección en los primeros vanos del tablero sentido Bilbao, que se realizó cuando se construyó la Variante Sur Metropolitana de Bilbao. Cada tablero consta de tres juntas de dilatación, dos en los estribos, y otra en la cuarta pila, siendo la losa de compresión continua en el resto de pilas.

Los estribos son cargaderos contruidos sobre muros de tierra armada y las pilas son pilas en T, con fuste único para cada uno de los tableros, y dintel transversal prefabricado en Pi.



■ Descripción del Proyecto

Fruto de las inspecciones que periódicamente realiza la Diputación Foral de Bizkaia a las estructuras de la red, se redactó el Proyecto de rehabilitación de ambas estructuras que se ocupa de distintas patologías propias de una estructura de esta edad, como son las reparaciones en los paramentos de hormigón o la reposición del drenaje y los sumideros.

Sin embargo, la parte más importante del Proyecto consistió en la sustitución de todos los aparatos de apoyo de ambos viaductos, en total 255 aparatos de apoyo de neopreno zunchado.



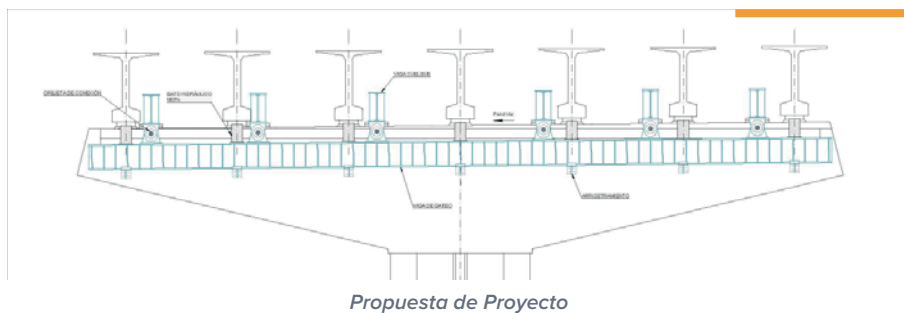
Daños en un aparato de apoyo

Dado que el Proyecto del viaducto no previó la sustitución de los aparatos de apoyo, no hay hueco en los dinteles para instalar los gatos de 200 t necesarios, y se hace necesario la ejecución de medios auxiliares específicos para el gateo del tablero.

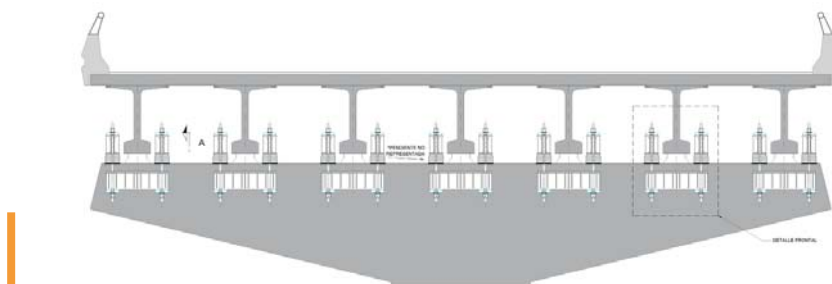
Los dinteles de las pilas son secciones en pi, con la cabeza superior fuertemente pretensada con cables de acero pretesado. Por ello se descartó la posibilidad de ejecutar ménsulas de hormigón ancladas a los dinteles mediante barras pasantes. Dada la altura de las pilas, y los problemas de disponibilidad del terreno en algunas de ellas, se descartó la construcción de apeos provisionales.

Por lo tanto, se optó por la ejecución de un conjunto de balancines metálicos de los que cuelga una viga transversal de soporte sobre la que se apea la estructura.

Sin embargo, en colaboración con los técnicos de ORION REPARACIÓN, se decidió modificar la estructura de apeo de forma que se instaló una pareja de balancines por cada una de las alineaciones de las vigas, con vigas transversales de apeo independientes.



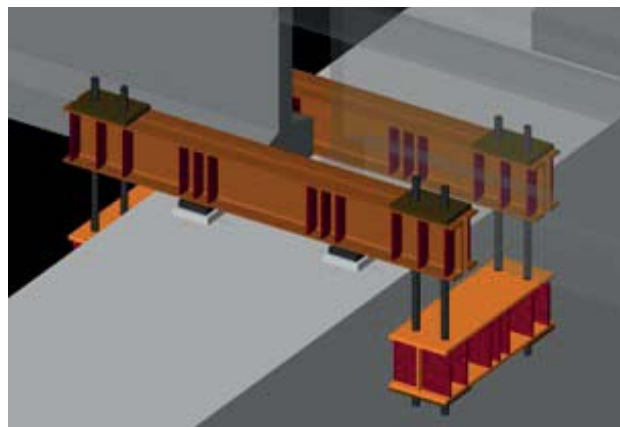
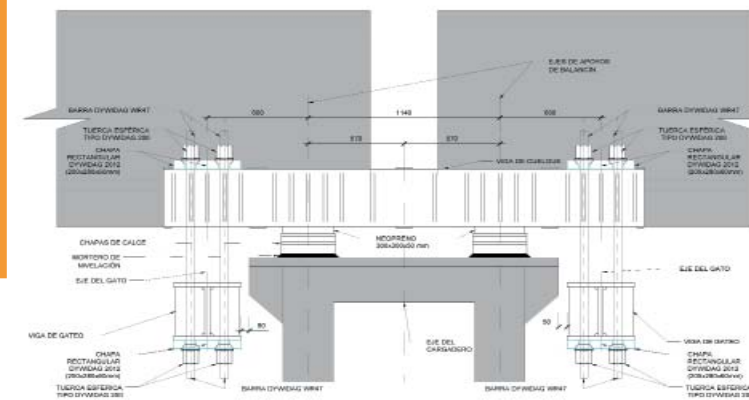
Propuesta de Proyecto



Solución ejecutada

a través de aparatos de apoyo de neopreno, lo que permite centrar las cargas en las almas de la sección en pi. Las vigas de apeo cuelgan de los balancines mediante cuatros barras DYWIDAG WR47 y rótulas esféricas. Dada la importancia de la estructura dentro de la red de viaria no resultaba

posible realizar los trabajos con cortes de tráfico. Afortunadamente los cálculos realizados permitían asegurar que bajo las cargas de diseño no se iba a producir despegue de ninguno de los aparatos de apoyo de los balancines.

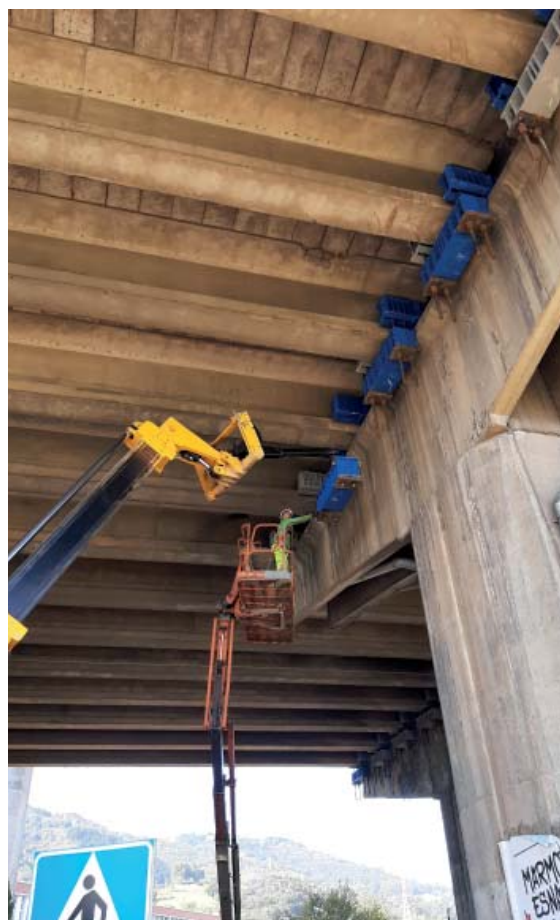


Detalle de los balancines

Para acortar el plazo de ejecución de las obras se construyeron dos juegos de balancines. De esta forma, mientras un equipo trabajaba en el

gato y sustitución de los aparatos de apoyo en una pila, otro equipo procedía al movimiento de los medios auxiliares.

Esto permitió reducir los plazos de ejecución respecto de lo contemplado en Proyecto casi a la mitad.



El izado se realizó a eje completo, es decir, en cada pila se izaron a la vez los dos tableros. Esto se hizo así debido a la continuidad de la losa de compresión de los tableros y a la necesidad de mantener los balancines perfectamente equilibrados.



Se empleó una central sincronizada Power Team SPX con **8 canales** independientes, por lo que los 14 gatos se agruparon en parejas.



Apesar de que, como se ha comentado, no se esperaban despegues en los aparatos de apoyo, dada la singularidad de la obra, se decidió instrumentar todos los balancines mediante parejas de palpadores para controlar las operaciones de izado y el comportamiento de la estructura durante los trabajos.



Esto permitió corroborar la hipótesis de partida, así como el correcto funcionamiento del sistema de ganeo sincronizado que se utilizó para el izado de la estructura.



ORION

Polígono Erletxe, G-2
48960 Galdakao (Bizkaia), España

Calle Vega del Bornova, no1 Nave 7
19209, Quer (Guadalajara), España

Tel.: +34 94 671 37 30 | Fax: +34 94 671 39 58

oriogruppo.com

Santiago de Cali, **COLOMBIA**

Guadalajara, Jalisco, **MÉXICO**

Lima, **PERÚ**

Bahrain, **KINGDOM OF BAHRAIN**

Khobar, Eastern Province, **ARABIA SAUDI**

El Cairo, **EGIPTO**

© COPYRIGHT SPE ORION INVERTIA S.L.

Todos los derechos reservados. Este documento es propiedad de SPE Orion Invertia S.L.

Este documento no puede ser reproducido, en su totalidad o parcialmente, ni utilizado para otros propósitos que los que se han originado en su entrega, sin el previo consentimiento por escrito de SPE Orion Invertia S.L.