

# Experiencias recientes en inspección y patologías de puentes

## *Recent experiences in bridge survey and pathologies*

Sergio Couto Wörner <sup>a</sup>, Jorge Cascales Fernández <sup>b</sup>, Ricardo Rico Rubio <sup>c</sup>, Pablo Grandío Noche <sup>d</sup> y Javier Lendoiro Santos <sup>e</sup>

<sup>a</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director general

<sup>b</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director técnico

<sup>c</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director de ingeniería

<sup>d</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Ingeniero de proyectos

<sup>e</sup>Ingeniero Técnico de Obras Públicas. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Ingeniero de proyectos

### RESUMEN

Se detallan diversas experiencias realizadas en los últimos tiempos dentro del campo de la inspección y refuerzo de viaductos, destacando la importancia de un diseño pensando en el mantenimiento y durabilidad. Todos los elementos susceptibles de ser sustituidos durante la vida útil de la estructura deberían serlo de manera sencilla y planificada. La inspección deberá llevarse a cabo por profesionales experimentados dentro del campo del proyecto de las estructuras que están analizando, pues su diagnóstico será más útil y preciso. Asimismo, las propuestas de actuación serán más certeras, construibles y seguras. La mayor parte de actuaciones de reparación son en apoyos y juntas, pero tal y como se muestra en el artículo, pueden tener que llevarse a cabo en cualquier elemento de la estructura.

### ABSTRACT

Several experiences in the field of bridge survey and repair are detailed, highlighting the importance of a design focused on maintenance and durability. The replacement of any element that could take place during the lifetime of a structure should be planned beforehand and done with simplicity. Experienced professionals have to lead the surveys of the structures, in order to give a precise and useful diagnosis. As a result, the operations will be easier, more accurate and safe. Most of the maintenance works are in bearings and expansion joints, as shown in this article, but can be taken in any part of the structure.

**PALABRAS CLAVE:** inspección, patologías, refuerzo, apoyos, fisuración, mantenimiento.

**KEYWORDS:** survey, pathologies, reinforcement, bearings, cracking, maintenance.

## 1. Introducción

Se muestran diferentes casos de patologías encontradas tras la inspección de estructuras y el refuerzo diseñado para solucionarlas en cada caso.

En los últimos años cobra especial importancia la inspección de estructuras como herramienta

fundamental de mantenimiento y prevención de daños. En la presente ponencia se pone en evidencia este hecho.

Se hace notar que las inspecciones de estructuras para que sean eficaces se deben realizar por equipos competentes en la materia. De nada

sirve que simplemente sean un catálogo de fotografías sin sentido o informes que no detecten las causas de una patología o cataloguen erróneamente su importancia real.

Prácticamente todas las administraciones han puesto en marcha en los últimos años sistemas de gestión de sus estructuras con inspecciones periódicas que ayuden a controlar la evolución de la salud de sus infraestructuras, lo que redundará en la seguridad de los usuarios y en la durabilidad de estas [1] [2] [3] [4] [5].

Estas labores permiten, adicionalmente como proyectistas, aprender que determinados detalles dispuestos son mejorables desde el punto de vista de la durabilidad y el mantenimiento.

## 2. Viaducto A Mó (Corredor Morrazo).

El Viaducto de A Mó (CG-4.1, Corredor del Morrazo, Pontevedra) fue construido en noviembre de 2006 dentro del proyecto Corredor do Morrazo. Tramo 1-2. Outeiro do Aviador – Intersección PO – 313 en Moaña. El viaducto salva O Barranco do Faro mediante 11 vanos con una disposición de luces  $30.5+9 \times 41.0+30.5$  que suman en total una longitud de estructura de 430 m. La sección transversal del puente, de 11.5 m de ancho, consta de dos vigas artesas de hormigón prefabricadas y una losa superior de hormigón a la que se da continuidad sobre todos los apoyos a excepción de los estribos y las pilas P-3 y P-8 (Figuras 1 y 6), que cuentan con juntas de dilatación. La subestructura la conforman cargaderos y un total de 10 pilas de sección rectangular con aristas redondeadas y una altura variable de entre 18 y 56 m. La actuación desarrollada consiste en la sustitución de los aparatos de apoyo de neopreno zunchado existentes por encontrarse en un estado de deterioro avanzado, habiendo reptado y salido de sitio varios de ellos (Figuras 2 y 3). Para llevar a cabo las operaciones de sustitución es necesario realizar las siguientes acciones sobre el puente:

-Instalación del sistema de gatos hidráulicos para el izado del tablero en cada pila.

-Colocación de los nuevos apoyos de neopreno zunchado.

-Colocación de útiles antirreptación para evitar los problemas de desplazamiento observados en los apoyos existentes.

-Operaciones de reparación de subestructura, como limpieza de suciedad con agua a presión y reparaciones del recubrimiento con mortero.

Con estas actuaciones se consigue sustituir los apoyos existentes que se encuentran desplazados o girados respecto a su posición teórica, permitiendo su correcto funcionamiento en servicio.

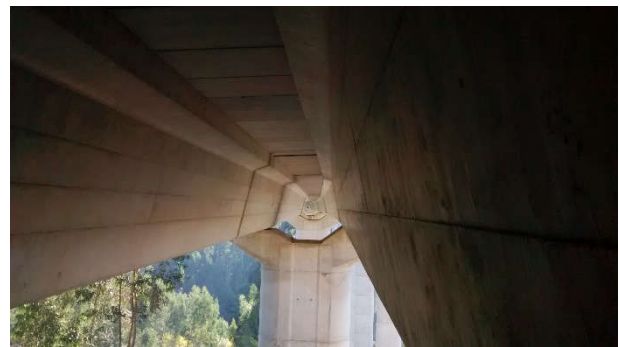


Figura 1. Sección transversal A Mó

En base a inspecciones previas realizadas al viaducto, donde ya se detectaban apoyos reptados y/o girados, se llevó a cabo una inspección especial del estado de los dispositivos por parte del equipo de k2 Ingeniería en noviembre de 2017.

Para evaluar los aparatos de apoyo se valoran del 0 al 3 los defectos en la base, pérdida de posición teórica, despegue, exceso de compresión y rotura. De este modo, se decide sobre cuáles apoyos actuar y sobre cuáles no, y de qué manera en cada uno de ellos.



Figura 2. Apoyo reptado



Figura 3. Apoyo reptado

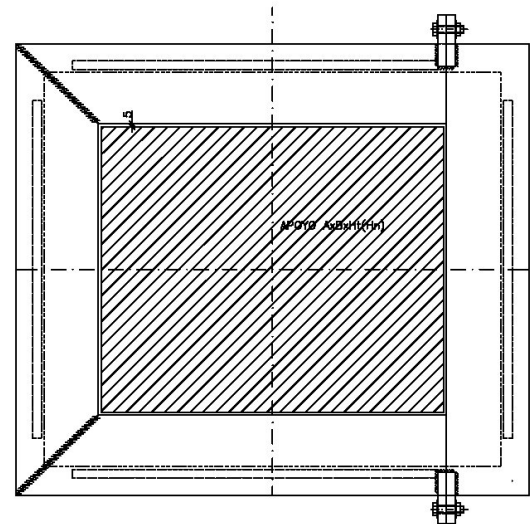
Analizando el proyecto constructivo del viaducto y los datos tomados en campo, se modeliza el viaducto y en un modelo de cálculo, así como se dibujan en verdadera magnitud las cabezas de pilas, apoyos y distancia entre viga y cabeza de pila. El problema que se detecta es que en algunos de los apoyos que es necesario sustituir, la distancia para ubicar el gato no excede de los 60 mm. Si a esto se añade que el viaducto presenta pendiente longitudinal, el espectro de gatos a emplear se reduce en gran manera. Es imprescindible contar con 4 gatos planos o flat jacks de capacidad 80 toneladas por apoyo, diámetro 300 mm y altura 50 mm. Todos los gatos de una misma pila se deben conectar a una única central para evitar ascensos diferenciales indeseados. Dado que no se trata de gatos convencionales que puedan ser bloqueados mediante rosca para garantizar el desplazamiento impuesto se ubicarán calzos para soportar las vigas una vez izado el tablero. El levantamiento se realizó dentro de la riostra de manera simétrica, siendo necesario la

comprobación de la misma en la maniobra con modelos de elementos finitos.

Tras la inspección, se detecta la necesidad de sustituir 26 aparados de neopreno. La sustitución afecta a un total de 9 conjuntos de apoyos de un total de 12. En muchos de los casos se debía reparar la meseta de apoyo también.



Figura 4. Sistema antirreptación



PLANTA SUPERIOR  
ESCALA 1:5

Figura 5. Sistema antirreptación

Si bien no se ha encontrado una causa clara que explique el desplazamiento de su posición teórica de los neoprenos reptados, como pudiera ser una tensión mínima muy pequeña, una pendiente excesiva sin chapón de regulación, etc, se plantea la instalación de una pequeña estructura auxiliar compuesta de perfiles metálicos de poco tamaño que evite el desplazamiento de estos dispositivos en el



futuro, ya que no es posible el anclaje de estos con el viaducto construido (Figuras 4 y 5).



Figura 6. Vista general

### 3. Viaducto Río Deva (Cortegada)

El Viaducto sobre el Río Deva (OU-801) pertenece a la carretera primaria de la Red de Carreteras de Galicia. El viaducto se encuentra sobre la parte más baja del río Deva, en su confluencia con el río Miño. La particularidad del puente radica en sus dimensiones para salvar el embalse de Frieira. Para ello, cuenta con una disposición de luces de 84+120+84, una altura de pilas mayor a 40 metros y está constituido por una celosía mixta de 7 metros de canto y 6 metros de ancho sobre la que se construyó una losa armada. La anchura del tablero es de 10.80 metros, con dos carriles de 3.50 metros, dos arcones de 1.40 metros y pretiles metálicos de 0.50 metros (Figura 7). La celosía se empujó hasta su posición definitiva y fue inaugurada en el año 2000.

En julio de 2010 se realiza la primera inspección principal de la estructura. En noviembre de 2013 se realiza la primera inspección básica. En abril de 2015 se realiza la segunda inspección básica. En marzo de 2017 se realiza la tercera inspección básica. En 2017 se realiza una inspección especial con dron del tablero metálico y subestructura.



Figura 7. Vista general

Como consecuencia de todas estas acciones se detecta la necesidad de redactar un proyecto de reparación de diversos puntos de la estructura. El acceso a la subestructura se realiza a través de caminos forestales que discurren por un valle muy escarpado, atravesando terrenos sobre los que existen figuras de protección arqueológica que complica el acceso de maquinaria pesada, debiendo realizarse actuaciones especiales para proteger la afección al patrimonio arqueológico supervisadas por un técnico competente en la materia.



**Figura 8. Apoyo estribos**

La actuación desarrollada consiste básicamente en la sustitución de los aparatos de apoyo de neopreno zunchado existentes en los estribos por encontrarse en un estado de deterioro avanzado (Figura 8). Para llevar a cabo las operaciones de sustitución es necesario realizar las siguientes acciones sobre el puente, bien para permitir la maniobra de gateo del puente, bien para alojar los nuevos apoyos (cuyas dimensiones han variado sustancialmente respecto a los existentes en el puente):

- Refuerzos en la celosía metálica del tablero para resistir las cargas aplicadas durante gateo.
- Hidrodemolición y refuerzo de los estribos para conseguir las condiciones geométricas necesarias para disponer los nuevos apoyos de neopreno-teflón.
- Izado de la estructura por medio de torres de apeo.
- Refuerzo de la estructura metálica (Figura 9).
- Colocación de los nuevos apoyos de neopreno-teflón.
- Operaciones de reparación de subestructura, como demolición de mesetas, limpieza de suciedad con agua a presión y reparaciones del recubrimiento con mortero.



**Figura 9. Culata celosía metálica**

Con estas actuaciones se consigue sustituir los apoyos existentes (degradados), además de dejar el puente reforzado y preparado para futuras operaciones similares, simplificándolas.

Se realiza el levantamiento con chapones sobre gatos para no sobrecargar las platabandas de la sección metálica.

No se realizaron ensayos sobre la estructura. Las imágenes de dron indicaban que las roturas sobre la estructura eran localizadas, no teniendo dudas sobre el comportamiento a fatiga de la estructura, por ejemplo.

La realización de estos trabajos se llevó a cabo a lo largo del año 2019, si bien se concluirán en el 2020.

#### **4. Viaducto s/N-120**

El puente sobre N-120 pertenece a la autovía AG-53 (PK 86+080), Tramo Alto de Santo Domingo- A52, en la provincia de Ourense.

El viaducto tiene una longitud de 125 metros repartida en 5 vanos isostáticos de 31 metros de luz máxima. El ancho de la sección es 11.5 metros con sección monocajón de canto 1.75 metros. Los apoyos son de neopreno armado



convencionales y la altura de pilas es reducida. El trazado en planta es curvo con un peralte del 8% y una pendiente longitudinal del 3.7%.

El viaducto fue construido en julio de 2010. En noviembre de 2013 realizamos la inspección principal de la estructura, en la que ya se detectaban daños en algunos apoyos. En octubre de 2016 en otra inspección rutinaria se detecta que algunos de los apoyos habían perdido su posición y era necesaria su sustitución.

Se realizó una Inspección especial de apoyos por parte del mismo equipo en septiembre de 2017, para estudiar la situación y plantear soluciones.

Se siguen los criterios de daño marcados en la monografía de ACHE (1), en cuanto a degradación, pérdida de posición y defectos en base de apoyo.



**Figura 10. Apoyo de pila**



**Figura 11. Cuña de madera**



**Figura 12. Antirreptación en estribos**

Se determina una actuación inmediata en aquellos apoyos con una pérdida de posición ALTA, para evitar que la viga pierda un punto de apoyo sobre la subestructura (Figura 10). En aquellos apoyos de neoprenos que están a punto de caer del cabecero de las pilas urge disponer unos calzos de madera de alta resistencia (Figura 11) entre viga y pila ante la gravedad de las consecuencias que podría desencadenar la pérdida completa del apoyo (daños estructurales en viga, daños estructurales en losa armada, corte total del tráfico de la AG-53, etc.). Esta actuación de emergencia es independiente de la reparación del aparato de apoyo, que deberá ejecutarse a la mayor brevedad posible. Los calzos de madera a disponer entre viga y pila tendrán unas características mecánicas y geométricas suficientes para soportar 160 toneladas.

Las pérdidas de posición teórica de los neoprenos cuya gravedad sea MEDIA necesitan una actuación a medio plazo para evitar que los daños pasen a ser de gravedad ALTA

Las mesetas de los apoyos cuyos deterioros sean de gravedad MEDIA y sean base de neoprenos objeto de actuación para recuperar la posición teórica original, se aconseja que sean reparadas.

Los apoyos con daños cuya gravedad sea MEDIA y se encuentren en una pila objeto de ganeo para corregir la posición de alguno de los apoyos, se aconseja que sean sustituidos por unos de iguales características.

Se proyecta disponer una estructura adicional metálica en los apoyos para evitar su reptación (Figuras 13 y 14).

Se realiza un proyecto de sustitución, modelizando la estructura globalmente. Para determinar el número de gatos a disponer se limita la tensión local debido a que el escaso espacio disponible dificulta la disposición de chapas de reparto. La carga máxima de levantamiento es de 170 toneladas teóricas/línea de apoyo.

Es preciso también estudiar localmente las riostras de apoyo para estudiar la maniobra.

El resumen de las acciones a realizar es el siguiente:

- Sustituir apoyos en estribos y disponer un sistema antirreptación.
- En pilas se adoptará una solución similar, incluso en aquellos casos en los que no se hayan detectado patologías.

Para evitar el desplazamiento relativo en la cara superior se aplica resina en todos los apoyos.



Figura 13. Actuación en estribos



Figura 14. Actuación en pila

## 5. Viaducto de Ontón

El viaducto de Ontón pertenece a la autovía A-8, prácticamente en la frontera entre Cantabria y el País Vasco.

Viaducto doble construido en el año 1988, hiperestático con sección cajón de canto variable construido en su día por avance en voladizo. Presenta una longitud de 264 m repartidos en luces de 72+120+72 m. Trazado en planta circular y ancho 13.5 m cada calzada. Los estribos son abiertos (Figura 15).



Figura 15. Vista general

Tras inspección del viaducto se detecta que es necesario sustituir los aparatos de apoyo de estribos debido a su mal estado (Figura 16).

Para establecer las hipótesis y combinaciones de cálculo y sus respectivos coeficientes de ponderación se utilizará la instrucción de acciones vigentes en el momento de la

construcción, mientras que el diseño de los nuevos apoyos se hará con la normativa actual.



**Figura 16. Estado apoyos estribos**

Se diseñan los nuevos apoyos a disponer. Para ello se realiza un análisis de tipo lineal de la estructura. Se estudian posteriormente las cargas máximas de levantamiento y apeo del tablero, teniendo en cuenta la importancia de la vía en la que se encuentra el viaducto. Se evalúa la afección de las operaciones sobre la estructura existente.

A nivel transversal, los gatos se disponen en los ejes de los aparatos de apoyo, ya que el estribo abierto no está preparado para la maniobra de levantamiento. Esto dificulta la maniobra por falta de espacio. Fue necesario comprobar la riostra de estribo para no crear situaciones peores que las de servicio. El orden de las maniobras es el siguiente:

- Demolición parcial de meseta superior de apoyos para preparar la colocación de gatos.
- Levantamiento con dos gatos de 200 t/apoyo con placa deslizante. Bloqueo de gatos.
- Sustitución de apoyos y reparación de mesetas. Se aplicará resina a los apoyos para garantizar la adherencia (Figura 17).

Se comenta que la maniobra se realizó con tráfico abierto salvo en los momentos de gateo.



**Figura 17. Apoyo reparado**

## 5. Conclusiones

Se han presentado en este artículo diversas experiencias dentro del ámbito de la inspección, patología y refuerzo de estructuras.

Como aprendizaje de todas estas actuaciones, extraemos que las inspecciones son una herramienta muy útil dentro de un correcto sistema de gestión de durabilidad de estas, siempre que se hagan por equipos competentes. Es importante que las personas que las realicen estén acostumbradas a proyectar las estructuras que inspeccionen.

Como proyectistas debemos concienciarnos que las estructuras son como las personas y van a necesitar un mantenimiento durante su vida útil, por lo que debemos cuidar al máximo pequeños detalles que a veces se descuidan al proyectar, como el drenaje, juntas, apoyos, etc. Todos los elementos deben ser accesibles y sustituibles de la manera lo más sencilla que se pueda en cada caso, pero la maniobra debería estar pensada de antemano, para evitar actuaciones muy costosas, difíciles y arriesgadas en un futuro.

### *Referencias*

- [1] Monografía M-18 de ACHE: Conservación de aparatos de apoyo, juntas y drenaje de puentes. Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural, ATC-ACHE, 2011.
- [2] Guía para la realización del inventario de



obras paso. Ministerio de Fomento, 2009.

[3] Guía para la realización de inspecciones básicas de obras de paso. Ministerio de Fomento, 2009.

[4] Guía para la realización de inspecciones principales. Ministerio de Fomento, 2012.

[5] Instrucción sobre las inspecciones técnicas en los puentes de ferrocarril (ITPF-05). Ministerio de Fomento, 2005.