

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES DE UNA RED DE AUTOPISTAS EN RÉGIMEN DE CONCESIÓN. RESULTADOS DE LOS DESARROLLOS RECIENTES Y DE SU APLICACIÓN

R. PÉREZ ARENAS & C. MILLÁN, Abertis Autopistas España

rafael.perez@abertisautopistas.com

carlos.millan@abertisautopistas.com

J.M. SIMÓN-TALERO, Torroja Ingeniería S.L.

jsimontalero@torroja.es

RESUMEN

Abertis-Autopistas-España explota y mantiene unos 1500 km de autopistas en régimen de concesión. La gestión del mantenimiento de los 3427 puentes que constituyen su patrimonio se realiza con un sistema de gestión de última generación implantado en su sede central.

Se presenta en este artículo el resumen de algunos resultados relevantes obtenidos de la implantación del sistema de gestión, relativos a las patologías habituales encontradas, en función del tipo de obra, de su ubicación, del régimen de mantenimiento seguido y del tráfico soportado.

El sistema de gestión de Abertis-Autopistas-España permite obtener una estimación de los costes de reparación en función de las características de los deterioros detectados, de su ubicación y de su accesibilidad. Además, también permite realizar una ordenación de prioridades de actuación. Se presenta un resumen de los resultados obtenidos sobre las 3427 obras estudiadas y de las mejoras en la gestión que ha supuesto la aplicación del sistema.

Como resultado de la aplicación del sistema, se detectaron en algunos viaductos patologías severas asociadas al ataque por cloruros producidos por el uso de fundentes. Se presentan, finalmente, algunas operaciones de reparación o refuerzo realizadas para rehabilitar esas estructuras.

1.- LAS ESTRUCTURAS GESTIONADAS POR ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA

Abertis-Autopistas-España posee una red de autopistas de peaje en régimen de concesión de 1527 km de longitud, que representa el 59% de las vías de peaje en España, en los que se ubican 3427 estructuras enclavadas, por tanto, a una distancia media de unos 450 m entre sí. Todas estas autopistas han sido construidas, en su gran mayoría entre 1970 y 1990. El valor patrimonial de estas estructuras se acerca a los 1200 millones de euros (equivalente a unos 1600 millones de USD)

También participa de forma no mayoritaria en una serie de concesiones con un total de 229 kilómetros, así como en las autopistas radiales de los nuevos accesos a Madrid.

De las 3427 obras de fábrica inventariadas, de luz mayor de 2,0 m, 977 corresponden a puentes o viaductos del tronco de la autopista, 880 son pasos superiores sobre la misma, 1552 son pasos inferiores bajo la autopista y las restantes 18 son pasarelas que cruzan también sobre la autopista.



Figura 1 – Red de Autopistas gestionadas por Abertis Autopistas España

En la tabla que sigue se presentan las características principales de las estructuras (longitud, anchura y superficie) agrupadas en función de su tipología (puentes o viaductos, pasos superiores, pasos inferiores y pasarelas).

Prácticamente todas las estructuras son de hormigón. Tan solo 14 estructuras tienen el tablero metálico o mixto (hormigón y acero), 7 de las cuales son pasarelas peatonales y las otras 7 son pasos sobre autopista. Igualmente, sólo 16 obras de drenaje transversal están realizadas con tubos de chapa ondulada galvanizada.

Tabla 1 – Características de las estructuras

TIPO DE OBRA	Total			Dimensiones medias		
	Número (m)	Longitud (m)	Superficie (m ²)	Longitud media (m)	Anchura media (m)	Superficie media (m ²)
Puentes y Viaductos	977	91 863	1 317 400	94.0	14.3	1 348.4
Pasos superiores	880	57 812	534 817	65.7	9.3	607.7
Pasos inferiores	1 552	78 386	463 759	50.5	5.9	298.8
Pasarelas	18	443	1 680	24.6	3.8	93.3
TOTAL	3 427	228 504	2 317 656	66.7	10.1	676.3

2.- LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

Abertis Autopistas-España ha implantado en durante los años 2008 y 2009 un “Sistema de Gestión de Puentes” para poder gestionar de forma eficiente el mantenimiento y la conservación de las obras citadas. Así, durante dicho periodo de tiempo se realizaron las siguientes tareas:

- Creación de una base de datos para incluir en ella todos los datos pertinentes de cada estructura.
- Desarrollo de la aplicación informática para manejar dicha base de datos.
- Elaboración y carga en la base de datos de un inventario que contiene las características geométricas principales de cada estructura. Se incluyen también en este inventario los planos e imágenes digitales generales de cada estructura.
- Definición de unos criterios para realizar la inspección y evaluación del estado de conservación de los puentes en base a unas inspecciones visuales denominadas

“Inspecciones Principales”, consistentes en una observación visual detallada de todos los elementos visibles del puente, que NO precisen la utilización de medios especiales auxiliares (andamios, grúas, barcas...)

- Ejecución de dichas inspecciones en los 3427 obras de la Red y carga en la base de datos de los resultados de dichas inspecciones, incluidas las imágenes digitales de los deterioros más significativos de cada obra inspeccionada.

Como resultado de dichas inspecciones se detectaron 89 estructuras (aproximadamente un 3% del total) que presentaban alguna patología de cierta entidad que requería, o bien, algún tipo de reparación o alguna investigación más detallada. Durante el año 2010 se realizaron dichas “Inspecciones Especiales” con personal especializado en todos los puentes propuestos, proponiéndose el tipo de actuación correctora correspondiente, en cada caso.

Por otra parte, durante la realización de las inspecciones principales se encontraron 101 estructuras de la Red que no pudieron ser inspeccionadas en toda su amplitud bien por atravesar cauces de agua no rebasables, bien por su dificultad de acceso, bien por estar algún elemento a mucha distancia o altura del lugar de observación o bien por una masiva presencia de vegetación. Durante el año 2010 se ha completado la inspección principal de estos puentes mediante el empleo de medios especiales de acceso.

Los trabajos de inspección y análisis realizados se pueden resumir como sigue:

- 3.427 estructuras inspeccionadas
- 442 cauces inspeccionados
- 101 inspecciones con medios especiales de acceso
- 103 inspecciones Especiales
- 573 viaductos inspeccionados, de los que 73 tienen pilas de altura mayor de 20 m
- 228,5 km de estructura inspeccionados, equivalentes a unos 2.500.000 m² de plataforma
- Repercusión de 2,7 estructuras por km de autopista
- 14.700 planos introducidos en la Base de Datos (BD)
- Base de datos de 70 Gb
- 10.900 imágenes y 72.000 registros alfanuméricos cargados en la base de datos

La implantación y ejecución de todas estas tareas de implantación del sistema de gestión de puentes, incluyendo la elaboración del inventario de obras de fábrica y la ejecución de todas las inspecciones principales y especiales citadas ha sido llevada a cabo por personal especializado. El plazo total de ejecución de todas estas tareas ha sido de, aproximadamente 3 años. El coste total de ejecución de todas estas tareas se corresponde con una repercusión unitaria por estructura de, aproximadamente, 650-700 euros por estructura (equivalente a unos 900-950 USD/puente)

3.- INSPECCIONES PRINCIPALES

3.1.- Rendimientos

Para la realización de las inspecciones de las 3427 estructuras inventariadas en la red se programó una formación específica de 8 equipos de inspección, constituidos, cada uno de ellos, por un titulado universitario, con formación adecuada, y un auxiliar técnico como apoyo logístico, más 2 equipos de reserva. Entre agosto de 2008 y abril de 2009 se

realizaron todas las inspecciones, obteniendo un rendimiento medio de 4 inspecciones por día.

Además se realizó la inspección de casi 450 cauces, a fin de evaluar la vulnerabilidad de las estructuras frente a la socavación de los cauces, en régimen de avenida.

3.2.- Resultados de las inspecciones

Como resultado de las inspecciones se obtuvieron algunos indicadores interesantes:

- No se detectó ninguna estructura que pudiera tener reducidas las condiciones de servicio o de utilización, por patologías en sus elementos resistentes.
- Un 44% de las estructuras presentaron algún tipo de fisuración, inducida por esfuerzos, en alguno de sus elementos portantes, de pequeña amplitud ($< 0,5$ mm), sin que ello signifique una reducción de la capacidad resistente de los elementos afectados.
- Menos del 20% de las estructuras presentaron algún tipo de fisuración provocada por la corrosión de alguna armadura, lo que denota una baja agresividad ambiental y, en general, estructuras cerradas de la masa de hormigón, con bajos índices de porosidad.



Figura 2 - Fisuras en fuste de pila, en vigas de tablero y en muro frontal de estribo

- En 23 estructuras se detectó algún problema de descalce, por socavación del cauce, deslizamiento o asentamiento de rellenos, en algún elemento de subestructura.



Figura 3 – Descalce en pila

- Se detectaron cerca de 10.000 m² de superficie de hormigón con desconchones o lajaciones y unos 26.000 m² de superficie con armadura expuesta o a la vista, aunque sin repercusión estructural significativa.



Figura 4 - Armaduras a la vista con rastros de oxidación y desconchón en paramento de hormigón

- 263 estructuras presentaron algún daño en los aparatos de apoyo, representando a casi un 8% del total de estructuras.



Figura 5 - Apoyos bloqueados o desplazados de su posición teórica

- Casi 350 puentes, un 18% de los mismos, reflejaban patologías en las juntas de calzada.



Figura 6 - Junta de calzada deteriorada o inexistencia de junta de calzada

- 1300 estructuras presentaban deterioros más o menos severos en los sistemas de contención, subsanados por el personal de mantenimiento rutinario de las autopistas.



Figura 7 - Pérdida de sección de acero en barandilla y abollamiento en defensa metálica

3.3.- Ordenación de prioridades

El software desarrollado para realizar la gestión de los puentes permitió priorizar el estado de conservación de todas las estructuras, en función de unos determinados indicadores, que evalúan cada uno de los deterioros observados, ponderando, además, según sea la importancia del elemento en el puente (a nivel resistente o a nivel funcional), y dependiendo de otros parámetros como la intensidad diaria de tráfico, la importancia estratégica del puente en cuestión y la propia envergadura del puente.

Conjugando todos estos parámetros se obtuvo un índice de estado numérico, que cuantificaba el nivel de conservación de cada estructura. Una vez fijado el umbral de aceptación de las estructuras, se pudo proceder a planificar las actuaciones de reparación y el plan de inversión necesario. A título meramente informativo, en la evaluación por criterios de resistencia, se produjeron los siguientes resultados:

- 3320 estructuras (~97%) resultaron evaluadas muy por debajo del umbral de aceptación, lo que significa que su conservación es adecuada y volverán a evaluarse en la siguiente campaña de inspecciones (3-5 años)
- Cerca de 100 estructuras (~3%) obtuvieron un índice de estado en el entorno del umbral de aceptación, por lo que se debe proceder, en general, a la reparación de los deterioros que han generado dicho estado o a un seguimiento periódico y minucioso de la evolución de estos daños.
- Sólo 11 estructuras (< 0.5%) superaron el umbral de aceptación en la ordenación de prioridades. En los puentes en que se da esta casuística es obligado realizar un estudio de detalle de las patologías detectadas, con vistas a repararlas o, en algunos casos, hay que proceder a acometer algunas reparaciones de forma inmediata, o incluso con carácter de urgencia.
- Ningún puente requirió una actuación de emergencia.

3.4.- Estimación de costes de reparación

Por otra parte el sistema de gestión desarrollado también permite obtener una estimación del coste necesario para rehabilitar las estructuras que se seleccionen con unos determinados criterios. Esta estimación de costes se realiza en base a los resultados de las inspecciones principales realizadas. El resultado de las estimaciones de costes de reparación efectuadas considerando diferentes escenarios se puede resumir como sigue:

- El coste estimado para la reparación de los deterioros detectados en los 111 puentes que se encontraban por encima o cercanos al umbral de aceptación fue de unos 2.2 millones de euros (equivalente a unos 3 millones USD, aproximadamente). La repercusión por unidad de estructura resultante fue de unos 19400 euros/puente (aproximadamente 26500 USD/puente). Esta cantidad es del orden del 0.2 % del valor patrimonial de las estructuras.
- Si se repararan todos los deterioros que sobrepasaran una gravedad equivalente a un daño que se podría definir como “moderado”, habría que actuar sobre 1.315 puentes. El coste estimado de reparar todos los deterioros citados sería de unos 21.7 millones de euros (aprox, 29.5 millones USD) lo que supone una repercusión unitaria de unos 16500 euros/puente (aprox 22440 USD/puente). Esta cantidad total es del orden del 1.8 % del valor patrimonial de las estructuras.

4.- INSPECCIONES ESPECIALES

Como se ha comentado con anterioridad, del resultado de las inspecciones principales, 89 estructuras requirieron una investigación de detalle adicional, por presentar patologías más comprometidas frente a una posible reducción de las condiciones de servicio o de durabilidad. Estas inspecciones se llevaron a cabo por ingenieros especialistas en estructuras.

Las causas objeto de estas inspecciones fueron las que siguen:

- 45 puentes presentaron una elevada medición de fisuras en sus tableros, inducidas por esfuerzos de flexión.
- 10 puentes presentaron una cuantiosa medición de fisuras, de orientación vertical, en las pilas.
- 7 obras de paso transversal, tipo cajón o marco, presentaron fisuración generalizada, de orientación longitudinal, en sus dinteles.
- 4 puentes presentaban golpes en las vigas de borde de los tableros.
- 6 estructuras presentaron síntomas de ataque químico en alguno de sus elementos.
- 10 estructuras presentaron indicios de descalce por socavación a asentamientos de rellenos.
- 7 estructuras presentaron daños de cuantiosa medición relacionados con el hormigón (desagregación, desconchones con o sin armadura implicada, etc).

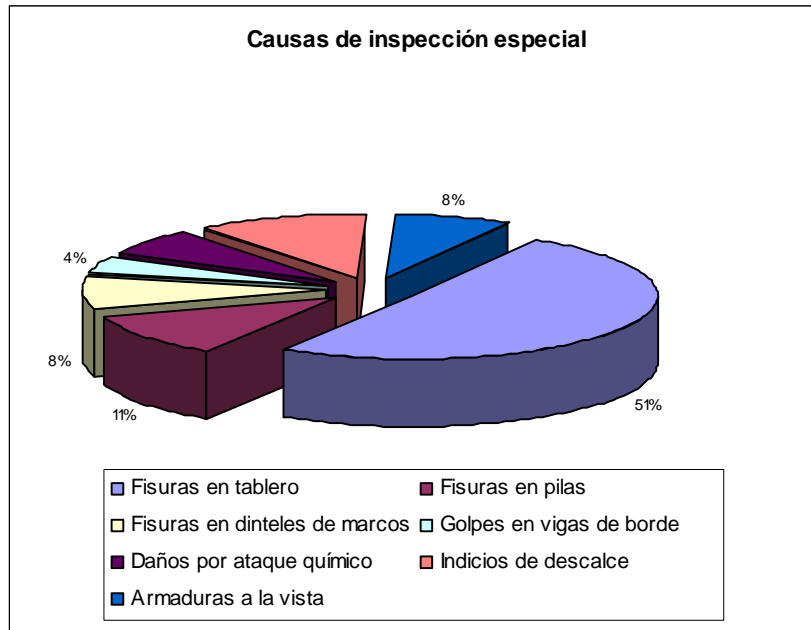


Figura 8 – Causas para la realización de una Inspección Especial

Realizadas las 89 inspecciones especiales, las principales conclusiones obtenidas se resumen como sigue:

- 34 estructuras requirieron una actuación de reparación o refuerzo, a corto plazo.
- 21 estructuras requieren una actuación de reparación a medio plazo.
- 26 estructuras requieren un seguimiento de los daños para observar su evolución.
- 2 estructuras requirieron un proyecto de sustitución de apoyos.
- 16 estructuras sin actuaciones de reparación recomendadas, hasta nueva evaluación.
- 8 estructuras cuyos deterioros no revisten gravedad.
- 2 estructuras a inspeccionar con medios especiales de acceso, debido a la altura de pilas.

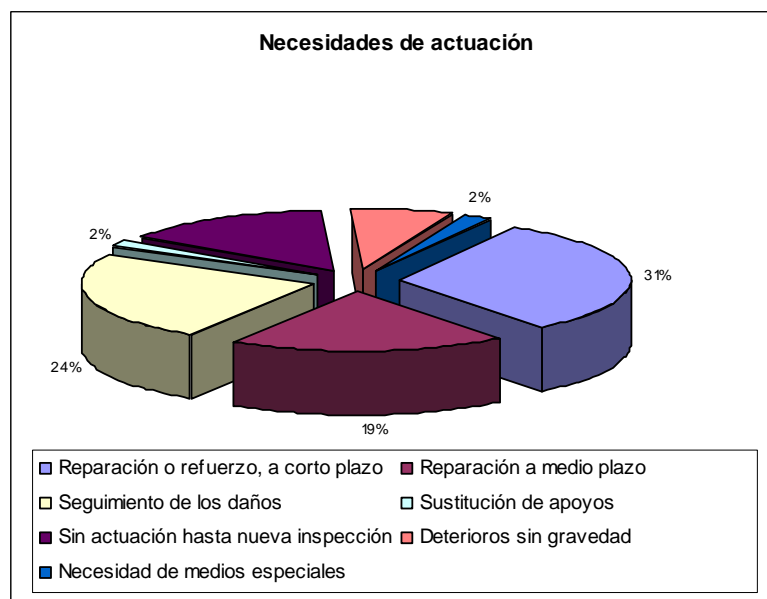


Figura 9 – Resultados de las Inspecciones Especiales realizadas

5.- INSPECCIONES PRINCIPALES CON MEDIOS DE ACCESO

También como consecuencia de las inspecciones principales, se recomendó la utilización de medios especiales de acceso en 101 estructuras, bien por su dificultad de acceso, por atravesar cauces no rebasables a pie, por tener elementos de excesiva altura sobre el terreno o por una masiva presencia de vegetación, factores todos que impidieron realizar completamente las inspecciones.

El medio especial mayoritariamente empleado fue un camión de 6 ejes dotado con una estructura metálica telescópica autoportante de acción oleodinámica, aunque también se utilizaron plataformas aéreas elevadoras, barcas, camiones con pluma telescópica, etc.



Figura 10 – Vistas de la pasarela autoportante utilizada en buena parte de las inspecciones

El rendimiento obtenido con esta máquina osciló entre 7 y 10 vanos por jornada, dependiendo de la luz de los vanos y de la sección tipo del tablero. La maniobra de despliegue de la celosía metálica se realiza aproximadamente en 10-15 minutos. La utilización de este tipo de maquinaria implicó necesariamente el corte temporal del carril derecho de la calzada de cada puente.

Estas inspecciones sirvieron para detectar, entre otras anomalías, el desplazamiento de algunos apoyos, el cuarteamiento del neopreno de alguno de ellos, o la exposición a la vista de un trozo de vaina de pretensado adherente, amén de estados de fisuración que no se detectaron, a vista de pájaro, desde el terreno natural.



Figura 11 -Apoyos desplazados de su posición teórica y vaina de pretensado expuesta

El presupuesto medio estimativo de reparación de estas estructuras se encuentra en el entorno de los 55.000 € por puente, con una repercusión media, por superficie de tablero, de unos 15 €/m², lo que denota el óptimo estado de conservación de las estructuras.

6.- CONCLUSIONES DE LAS INSPECCIONES REALIZADAS

Con la implantación y utilización del sistema de gestión se ha tratado de optimizar los recursos disponibles, que siempre son escasos, para la conservación de las estructuras de la red. Así, se ha tratado de emplear dichos recursos en los puentes que, realmente tenían una prioridad técnica de ser rehabilitados.

Adicionalmente, la extensa y detallada campaña de inspecciones realizada ha permitido detectar ciertas circunstancias que deben ser tenidas muy en cuenta para realizar una adecuada gestión del mantenimiento de los puentes. Entre estas “enseñanza” cabe resaltar las siguientes.

- A priori, los aparatos de apoyo de material elastomérico constituyen un punto débil de cara a la conservación, ya que su vida útil nominal es menor que la de la estructura. Sin embargo, en general, el estado de conservación de muchos de los apoyos inspeccionados, que tienen ya edades cercanas a los 30-35 años, estaban en buen estado de conservación.
- Se han sustituido muchas juntas de calzada por otras del tipo “perfil de neopreno embebido y cubierto de mástic asfáltico”. Estas juntas mejoran notablemente el confort del usuario y también la estanquidad. Su empleo es adecuado para recorridos pequeños, como los que se pueden producir actualmente en muchas de las estructuras inspeccionadas que tienen longitudes dilatables no muy elevadas y en las que gran parte del movimiento de retracción y fluencia ya se ha producido.
- En puentes situados en zonas de posibles nevadas invernales se ha utilizado profusamente la sal como medida preventiva de explotación. Este uso de un agente altamente agresivo junto con la deficiente impermeabilización de los tableros (muchas veces inexistente incluso, puesto que en la época de construcción de muchos de ellos no se impermeabilizaban los tableros) y junto con una inadecuada disposición de los elementos de drenaje del tablero, ha llevado a encontrar elementos de hormigón atacados gravemente por cloruros. En algunos casos la gravedad del ataque ha llevado, incluso, a demoler algún tablero.

7.- ACTUACIONES DE REHABILITACIÓN

Por último, al margen de las campañas de reparación programadas, incluidas en los planes anuales de inversión, como pueden ser operaciones de repavimentación, sustitución de juntas de calzada o saneo de paramentos de hormigón con morteros tixotrópicos, de manera puntual, se realizan operaciones de rehabilitación al amparo de actuaciones de envergadura, como puede ser la ampliación de calzada de un determinado tramo de autopista.

Así, por ejemplo en la autopista AP-6, en el tramo comprendido entre San Rafael y Villacastín (Segovia), actualmente se están desarrollando las obras de ampliación de calzada, de 2 a 3 carriles por sentido. Aprovechando estas obras, que por otra parte necesitan la adecuación y ampliación de las estructuras incluidas en el tramo, se están

llevando a cabo otras actuaciones paralelas como, por ejemplo, la sustitución de apoyos del viaducto de La Jarosa, la reparación de pasos bajo la autopista y, de modo excepcional, la demolición y reposición de tres viaductos de vigas prefabricadas, cuyo hormigón estaba seriamente dañado por el ataque de cloruros, proveniente de los fundentes empleados año tras año, en las campañas de vialidad invernal.



Figura 12 -Algunas vistas de las obras de rehabilitación de los viaductos de la AP-6

En lo que respecta a los Viaductos de San Rafael hay que reseñar que el avanzado estado de deterioro de la estructura ha obligado a demoler la losa forjado existente y a construir otra nueva. Para la demolición de dichas losas se ha empleado la hidrodemolición. Durante la ejecución de todas estas operaciones se ha prestado especial atención a los aspectos medioambientales, evitando el vertido de los productos de desecho sobre le terreno circundante.

Por otra parte, las vigas de borde de los tableros existentes también presentaban un grado de deterioro importante debido al ataque por cloruros, por lo que se ha procedido a su retirada y a su sustitución por otras vigas nuevas. En algún tablero se ha propuesto, como ya se ha indicado, a la demolición completa del tablero, dado el avanzado estado de deterioro detectado que hacía más eficiente esta solución frente a la sustitución de un número limitado de vigas.



Figura 13 –Reparación de la losa forjado del tablero del Viaducto de San Rafael en la AP-6

En lo que respecta a las pilas de dicho viaducto se ha procedido a reparar tanto los fustes como los cargaderos, cuyo hormigón también estaba afectado por el ataque de los cloruros de las sales fundentes empleadas. Estas labores de rehabilitación de la subestructura han sido realizadas manteniendo siempre el tráfico sobre el tablero.



Figura 14 –Rehabilitación de pilas en un viaducto de la AP-6