

NUEVA VIDA PARA EL PUENTE FERNANDO REIG DE ALCOY

El puente reinventado

JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: DCE COMUNIDAD VALENCIANA

El pasado abril se reabrió el emblemático puente Fernando Reig en Alcoy (Alicante), una infraestructura básica para la movilidad en este núcleo urbano que ha sido rehabilitado en los últimos meses. La obra principal ha consistido en la sustitución del sistema de atirantamiento que soportaba este puente treintañero, complementada por la reparación del único pilono, la actualización de varios elementos y la renovación de la estética. Con su reapertura al tráfico, se mejora la seguridad de los usuarios, se añaden nuevas prestaciones y se restablece la principal vía de salida desde “la ciudad de los puentes” hacia Alicante.

Los antecedentes de la intervención principal, la sustitución de los tirantes, se remontan al mes de julio de 2016, cuando una empresa contratada por el Ministerio de Fomento realizaba una obra de reparación de emergencia en este puente, situado en el pk 794+000 de la carretera N-340 en Alcoy. El objeto de esta obra de mantenimiento, primera de este tipo en las tres décadas de vida de la estructura, era la refacción de las impostas y las barandillas, así como la adecuación del sistema de contención de vehículos (pretilos), tanto para proteger a los transeúntes como a los propios tirantes, elementos básicos del esquema resistente del puente. También se estaba reparando (saneado, repintado y reposición de elementos deteriorados) el sistema de atirantamiento, formado por 38 tirantes de acero, que presentaba algunos deterioros superficiales. Las obras, con un presupuesto de 1,5 M€, se iniciaron en febrero de ese año y provocaron el corte de uno de los tres carriles de circulación del puente (existe uno de entrada a Alcoy y dos de salida).

El 28 de julio de 2017, durante la realización de los trabajos de hormigonado de aceras e imposta cerca de la pila principal, los operarios detectaron un ruido súbito y constataron un movimiento inusual del tablero que fue rápidamente asociado a un comportamiento anómalo de uno de sus tirantes, que perdió tensión y quedó deformado, blando, como recoge el informe de la

ingeniería Fhecor, asistencia técnica de la primera obra de reparación y de la posterior rehabilitación. Ante la gravedad del incidente y la incertidumbre por el estado de los tirantes vecinos, se cortó por prudencia la circulación en el puente y se iniciaron las investigaciones para averiguar sus causas. En primera instancia se advirtió una diferencia de cota de 2,5 centímetros entre la acera y el balcón existente en torno al pilono, situado a una cota fija por ser solidario a este. Al revisar el interior del cajón izquierdo y los anclajes de los tirantes, también se detectó una salida significativa de agua del interior del tirante izquierdo T-41, lo que hizo pensar en una rotura por corrosión en la parte baja, normalmente la más problemática por razones de durabilidad. Inspecciones sucesivas en este tirante, sometido también a una prueba de carga, confirmaron la pérdida de tensión de los cordones que lo componían. El 23 de agosto, al proceder a sustituirlo por otro tirante nuevo, se constató su rotura debido a un proceso de corrosión que había arruinado sus cordones. La zona de la rotura se situaba en la parte alta, muy cerca del encuentro del tirante con el pilono, en coincidencia con una zona en la que la lechada de cemento—elemento protector de los cordones de acero— presentaba una anómala oquedad. Para analizar con rigor las causas de la rotura se dio traslado del tirante roto al laboratorio.

.\ Auscultación de tirantes

A la vista de lo sucedido, y pese a que los tirantes no presentaban los síntomas típicos asociados a la corrosión del acero del que están formados, se planteó la necesidad de explorar los restantes 37 tirantes por si esta atípica situación se repetía en alguno más y, por tanto, constituyera una amenaza para la estabilidad del tablero. Así lo entendieron los técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana y los servicios centrales del Ministerio de Fomento, quienes, con el apoyo de la asistencia técnica, acometieron una campaña de auscultación, realizada entre el 17 de septiembre y el 8 de noviembre. Tras una selección previa de los dispositivos auscultadores más fiables (contrastados en un tirante de prueba en laboratorio), se optó por emplear una sonda capacitiva. Este tipo de sonda permite detectar la presencia de zonas huecas en el interior de las vainas protectoras de los tirantes, de polietileno negro, de alta densidad y en muy buen estado de conservación. El resultado de esta auscultación, realizada con el apoyo de una plataforma elevadora, detectó la presencia de algunos huecos en otros tirantes, pero de una extensión limitada, apenas traducida en la existencia de corrosiones. Sin embargo, esta sonda no permitía el acceso a la zona de tirantes situada en el interior de los tubos-encofrado, tanto en el tablero como en el pilono, de forma que persistía, aunque en menor rango, la incertidumbre sobre la eventual existencia, en esas zonas inaccesibles, de oquedades con corrosión tan brutal e inesperada como la producida en el tirante colapsado. En vista de esta situación, el informe de la empresa de ingeniería, trasladado a la Demarcación de Carreteras, sostuvo que era imposible afirmar que el puente reuniera las condiciones de seguridad reglamentarias vigentes para los usuarios. Tampoco garantizaba que los defectos detectados no fueran a seguir progresando en el futuro, ni que los tramos imposibles de inspeccionar carecieran de tales defectos. Por todas estas razones, unidas al factor de los 30 años de vida de la estructura, para mantener el nivel de seguridad del puente en los márgenes reglamentarios, se recomendó la sustitución de todos los tirantes.

Además de los tirantes, durante la inspección del puente también se detectaron zonas en los paramentos del pilono donde la armadura había quedado expuesta o con muy poco recubrimiento de hormigón, siendo por tanto susceptible de corroerse y generar herrumbre que, aunque de poco espesor, tendiera, al expandir, a romper esquirlas de hormigón que podrían caer sobre el tablero, tanto sobre la plataforma del puente como en otras zonas alejadas fuera del tablero, constituyendo un riesgo para la seguridad de la circulación de vehículos y peatones. Tras una inspección más pormenorizada del pilono, realizada

Por qué se rompe un tirante

Los tirantes son un elemento crítico de los puentes atirantados. La rotura de uno de ellos constituye un problema grave —aunque se ha comprobado que, transitoriamente, los tirantes vecinos se hacen cargo del déficit— que requiere una reparación rápida para restablecer el nivel de seguridad de la estructura. Aunque las causas de la rotura pueden ser de diversa naturaleza (diseño incorrecto, materiales deficientes, proceso constructivo inadecuado o condiciones de operación no previstas en el proyecto), la experiencia acumulada en los más de 60 años desde la construcción del primer atirantado moderno (Strömsund, Suecia, 1956) ha puesto de manifiesto que el envejecimiento del material produce, como en todo producto, procesos de degradación de los tirantes (corrosión o fatiga fundamentalmente), de sus cabezas de anclaje y de sus elementos de protección (relleno y vainas) que también pueden desembocar en rotura. Por ello, la existencia de un plan de inspección y mantenimiento preventivo desde la fase de proyecto es fundamental para garantizar la seguridad de la estructura.

En el caso del tirante roto (el T-41 lado izquierdo) del puente Fernando Reig, origen de la intervención reseñada, los estudios realizados por los laboratorios de Química y Física de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid apuntan, como causa de esa rotura, la mala calidad de la lechada protectora de cemento en que estaban embebidos los 23 cordones de acero que lo formaban. De acuerdo a esos estudios, la extrema porosidad de la lechada y la existencia de zonas desprovistas de la misma por haberse producido espumas provocaron, en presencia de agua, un proceso electroquímico que ha derivado en la corrosión de los cordones de la parte superior, produciendo su paulatina e imperceptible pérdida de sección y, finalmente, su rotura, dejando al tirante fuera de servicio. La existencia de procesos similares menos avanzados en otros tirantes y en otras zonas llevó a la decisión de sustituir todos los tirantes para garantizar la completa seguridad del puente.

también con apoyo de una plataforma elevadora, el estudio concluyó que lo procedente era acometer la rehabilitación de los paramentos de la pila para eliminar el hormigón en trance de desprenderse, reponer los volúmenes de hormigón originales y proteger el pilono frente a futuros deterioros.

.\ Proyecto y obra

El 16 de enero de 2017, una vez sopesadas las conclusiones del informe y la visión de la propia Demarcación de Carreteras, el Ministerio de Fomento comunicó la decisión de acometer una obra de rehabilitación estructural en el puente para restituir las condiciones de seguridad perdidas. Esta actuación, a realizar según el proyecto redactado por la empresa de ingeniería, ha constado de dos obras principales: el desmontaje y sustitución de todos los tirantes y la reparación del pilono; posteriormente

se sumaron otras actuaciones complementarias. La obra, adjudicada a una unión temporal de empresas especializadas y con un plazo de ejecución de 13 meses, fue tramitada administrativamente como una actuación de emergencia para acortar los plazos de entrega y puesta en servicio de la estructura afectada. Durante el tiempo de ejecución de la obra, cuya dirección recayó en Ismael Ferrer, ingeniero jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, se decidió mantener cortado el tráfico rodado y peatonal.

La obra de rehabilitación estructural ha estado presidida por el criterio de preservar la máxima seguridad para los operarios y para la propia estructura. El sistema constructivo de la obra principal, el destesado, desmontaje y sustitución de tirantes, se planteó de tal forma que no aumentara la tensión soportada por estas piezas, lo que incluyó la limitación del uso de maquinaria pesada sobre el puente. Con ese fin, se situaron 10 torres de apeo (cinco bajo cada uno de los cajones longitudinales) como soporte del tablero con una disposición deliberada para que la carga de los tirantes desmontados se transmitiera a esas torres, y no a los tirantes contiguos. En concreto, se dispusieron torres de apeo cada tres tirantes (36 metros

de luz), bajo cada uno de los cajones, y el levantamiento del tablero mediante gatos para que las torres entraran en carga. Esta disposición permitió proceder al desmontaje y sustitución de tirantes de manera segura en dos fases: primero el desmontaje de los tirantes del lado derecho y posteriormente los del lado izquierdo. La sustitución se realizó desde el tirante central (dispuesto en la sección del pilono) hacia los extremos, procediendo al desmontaje de manera simétrica, con objeto de minimizar los desequilibrios en el pilono. Estos nuevos tirantes, que incorporan la última tecnología de cordones autoprotectidos con una triple barrera que asegura una vida útil de 100 años, fueron sometidos a varias pruebas para comprobar su correcto funcionamiento y algunos se monitorizaron con dispositivos para seguir su evolución a lo largo del tiempo. Al finalizar el proceso de sustitución de tirantes, realizado con el apoyo de una grúa adosada al propio pilono, el puente fue desapeado de forma ordenada para restablecer la configuración original.

La otra obra prevista, la reparación de los paramentos del pilono, se llevó a cabo en coordinación con los trabajos de sustitución de los tirantes, aunque no se completó hasta la finalización de los mismos para poder reparar el

Singular entre sus pares urbanos

La accidentada orografía de la zona y los profundos cauces socavados por tres afluentes del río Serpis han condicionado históricamente el crecimiento del casco urbano de Alcoy, con zonas y barrios separados físicamente por hondonadas y desniveles cuya comunicación se ha tenido que realizar mediante la construcción de un buen número de obras de ingeniería, de ahí el sobrenombre de ciudad de los puentes que luce la capital de la comarca de l'Alcoià. Pocas ciudades españolas disponen de una colección tan variada de puentes urbanos, que además son un reflejo de la evolución tipológica de este tipo de estructuras en los últimos dos siglos: puente María Cristina (1838, neoclásico, de sillería, aún proyectado por arquitectos), San Roque y La Pechina (1862 y 1863, también de sillería, pero ya diseñados por ingenieros), Canalejas (1907, metálico, con vigas en celosía), San Jorge (1931, art decó, de hormigón armado), San Jaime (1933, también de hormigón armado) y Fernando Reig (1987, atirantado), por nombrar solo los principales.

El puente Fernando Reig, así denominado en homenaje a un ingeniero de Caminos alcoyano, no es solamente uno más en esa colección. Ha representado en las últimas tres décadas la imagen de la modernidad de Alcoy, como lo hiciera en su día el otro gran icono de la ciudad, el puente San Jorge. Con proyecto y dirección de obra de José Antonio Fernández Ordóñez, un grande de la ingeniería española que usó este puente como modelo para diseñar años después el del Centenario de Sevilla, esta estructura situada a 40 metros sobre el río Barxell, promovida por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo para reordenar el tráfico de la carretera N-340 a través de Alcoy fue construida entre 1985 y 1987 con un presupuesto de 1.000 millones de pesetas, ostentó en su día el récord mundial de mayor luz para un puente atirantado con tablero prefabricado.

También despuntó como puente pionero en España por características como la prefabricación total del tablero en una estructura de gran luz y el empleo de sensores para controlar sus parámetros estructurales. Por su carácter innovador, su integración en el entorno y la calidad de ejecución, materiales y acabados, en 1986 recibió el premio Construmat de la Generalitat de Cataluña a la mejor obra de ingeniería civil española. Su puesta en servicio, el 27 de abril de 1987, supuso una revolución para el tráfico rodado en la N-340 y en el propio casco urbano.

Por tipología, es un puente atirantado asimétrico de dos vanos, con una longitud total de 273 metros, dividida en tres vanos de luces 108 + 132 + 33 metros. Esta distribución está relacionada no solo con la asimetría de la garganta del río, sino también con la idea de los proyectistas de anclar parte de los tirantes en un estribo para mejorar la rigidez de la pila en la dirección longitudinal. La sección transversal del tablero, de 17,40 metros de anchura, está formada por dos vigas cajón, de armadura y dispuestas en los laterales, de 2,50 metros de canto y ancho máximo de 3'80 metros, constituidas a su vez por dovelas de 5 y 7 metros. El pilono principal, con una altura de 90 metros, es un pórtico de hormigón armado formado por dos fustes rectangulares, con un travesaño superior y otro intermedio por debajo del tablero, y cimentado con 24 pilotes. La configuración de los estribos es dispar: cajón de hormigón relleno de tierras y cimentado sobre 20 pilotes en el lado Alcoy y muro frontal cimentado sobre 8 pilotes en el lado Alicante. El sistema de atirantamiento, con configuración de arpa-abanico, presenta dos familias de 19 tirantes cada una, con longitudes que varían entre 128,5 y 30 metros, cada uno de ellos formado por un número variable de cordones (entre 23 y 55) de 0,60 pulgadas de diámetro.

deterioro ocasionados durante esta obra. La intervención, realizada con el apoyo de andamios, se realizó en dos zonas: aquellas en las que el hormigón ya se había desprendido (con armaduras a la vista que había que proteger) y otras en que, sin haberse desprendido y sin síntomas de caer, el “sonido a hueco” percibido por el procedimiento sónico de auscultación seguido constató el deterioro del hormigón debido a la expansión de la herrumbre generada por la corrosión de las armaduras interiores. En estas zonas se procedió a sanear el hormigón, realizando un cajeado de varios centímetros de profundidad, se descubrió la armadura corroída y se la limpió de óxido. Posteriormente se reconstruyó el volumen aplicando un mortero de reparación de acuerdo con un protocolo estricto que asegurara la protección de las armaduras y la estabilidad del mortero.

En paralelo a las dos obras principales se realizaron una serie de actuaciones complementarias de mejora de la adecuación funcional del puente, entre ellas las que quedaron interrumpidas en julio de 2016. La relación de estas actuaciones de obra civil incluye el desmontaje de barandillas y piezas de imposta, la ejecución de un sistema de contención de vehículos, la adecuación del sistema de drenaje, junto con la impermeabilización y repavimentación del tablero, la demolición y reconstrucción de aceras, la sustitución de la junta de dilatación en el estribo lado Alicante y la disposición de una nueva junta de dilatación en el estribo lado Alcoy, la sustitución de las juntas entre la pila y los balcones y, finalmente, la reparación del murete y de la losa de transición del estribo lado Alicante. También se aprovechó para instalar un nuevo sistema de iluminación que mejora la seguridad vial, facilita las labores de inspección y mantenimiento y realza la imagen del puente por la noche.

Prueba de carga

Concluida la fase de obras, el puente fue sometido el pasado 4 de abril a las pruebas de carga estática y dinámica para comprobar el comportamiento real de la estructura, en cumplimiento de las *Recomendaciones para el proyecto y ejecución de pruebas de carga en puentes de carretera* del Ministerio de Fomento y del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto. Para estas pruebas se contó con la participación de 28 camiones articulados cargados de tierra, con un peso total de 1.120 toneladas, lo que supone aproximadamente el 50% de la capacidad de carga máxima del puente. La utilización de estos camiones, en seis fases diferentes, permitió someter al puente a distintos estados de carga, midiendo determinados parámetros de la estructura para compararlos con los valores teóricos de la misma. Los resultados obtenidos en esta prueba preceptiva constataron que las obras de rehabilitación del puente se realizaron de manera satisfactoria, dando de esta forma luz verde para su puesta en servicio.

Con la reapertura del puente Fernando Reig, el 16 de abril, se ha puesto fin a una importante actuación de ingeniería, calificada por el ministro de Fomento de “ambiciosa, complicada y vanguardista”, que ha requerido una inversión global de 11,6 M€ (IVA incluido, así como el importe de la obra interrumpida en julio de 2016) y que se ha completado con dos meses y medio de antelación sobre el plazo previsto. La obra de rehabilitación ha permitido restablecer y mejorar la funcionalidad del puente, su durabilidad y, sobre todo, la seguridad de los usuarios, abriendo una nueva etapa con mayores prestaciones en la historia de esta emblemática infraestructura alcoyana. ■