

EL PUENTE DE RANDE GANA UN 42% DE CAPACIDAD CON LA AMPLIACIÓN DE LA AP-9 EN VIGO

# Hito mundial en la ría de Vigo

JAVIER R. VENTOSA

La ingeniería española ha reafirmado su posición de vanguardia con la ampliación de capacidad del puente de Rande sobre la ría de Vigo, obra sin precedentes a nivel mundial consistente en la adición de carriles laterales a una estructura atirantada de gran luz. La actuación forma parte de la ampliación del tramo O Morrazo-Teis (Pontevedra) de la autopista del Atlántico (AP-9), inaugurada en diciembre pasado.

**D**esde la puesta en servicio en 1981 del tramo Pontevedra-Vigo de la autopista del Atlántico (AP-9), eje norte-sur que enlaza seis de las ocho mayores urbes de Galicia, la reducción del tiempo de viaje entre ambas ciudades y el crecimiento residencial en la península de O Morrazo, debido principalmente a la mejora viaria en la zona, han incrementado notablemente el tráfico y reducido la fluidez en el recorrido entre Vigo y dicha península, mermando la funcionalidad de la autopista y poniéndola al límite de su capacidad (60.000 vehículos/día en 2010). Ante esta situación, el Ministerio de Fomento y la concesionaria Audasa acordaron ampliar la capacidad del tramo O Morrazo-Teis de la AP-9 (además del tramo Santiago Norte-Santiago Sur), actuación incluida en un convenio suscrito en 2011 para adaptar la autopista a las futuras demandas de transporte. Ese acuerdo prevé un incremento moderado de tarifas para compensar a la concesionaria de la inversión realizada en estas obras.

El pasado 30 de diciembre, el presidente del Gobierno, Mariano Rajoy, presidió la apertura al tráfico de este tramo ampliado que salva la ría de Vigo sobre el puente de Rande, discurriendo en ambos márgenes por los términos municipales de Vilaboa, Moaña y Redondela. La actuación, iniciada en febrero de 2015, se ha desarrollado a lo largo de los 5,9 kilómetros del trazado entre los enlaces de O Morrazo y Teis. Básicamente ha consisti-

do en la ejecución de un carril adicional por sentido, ya sea aprovechando la mediana existente o bien por el exterior de la calzada, con una anchura de 3,5 metros, además de la ampliación de varias estructuras y la reconstrucción del drenaje longitudinal y transversal.

Para dar continuidad a los terceros carriles ha sido necesaria la construcción de cuatro viaductos de acceso al puente de Rande, paralelos a los existentes pero separados del tronco. Estas estructuras, con longitudes de 113 y 101 metros en el lado norte (Pontevedra) y 760 y 747 metros en el lado sur (Vigo), y secciones tipo de 7,40 y 9,90 metros de anchura, respectivamente, comparten la misma tipología del tablero central (cajón de hormigón postesado) y se han ejecutado mediante cimbras porticadas y cimbras autolanzables.

Como resultado de la ampliación, la nueva sección de autopista entre ambos enlaces ha aumentado de dos a tres carriles por sentido. Con ello se ha elevado la capacidad de la infraestructura, incluido el puente de Rande, al incrementarse la intensidad media de tráfico que soporta el puente con un nivel de servicio adecuado, pasando de 4.500 a 6.400 vehículos/hora (un 42% más), lo que mejora tanto el nivel de servicio como las condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios. Con esta ampliación, el tramo O Morrazo-Teis está en condiciones de afrontar con mayores garantías los niveles de tráfico actuales (56.000 vehículos/día en 2017, con puntas estivales de más de 68.000 vehículos/día e incrementos significativos de circulación en horas punta,

lo que lo convierte en el tramo más utilizado de toda la AP-9) y futuros.

La inversión total en la obra de ampliación, ejecutada por la UTE Rande (Dragados y Puentes y Calzadas), con redacción de proyecto a cargo de MC2 (Grupo Typsa) y KV Consultores, control y vigilancia de la obra por MC2, Intecsa-Inarsa, Galaicontrol y Louis Berger, y el concurso de varias asistencias técnicas especializadas, todo ello bajo la inspección de la Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia, asciende a 191,6 M€, de los cuales 167,2 M€ corresponden al presupuesto de obra. A estas cantidades se añade una inversión adicional de 6,55 M€ para realizar próximamente actuaciones complementarias en la zona de Chapela afectada por las obras, consistentes en la reposición de parte del viario local y la ejecución de actuaciones para la reducción del ruido.

### Ampliación del puente de Rande

La ampliación del icónico puente de Rande, estructura atirantada de 704 metros de longitud y 400 metros de luz principal, es por su complejidad técnica la obra más singular del tramo O Morrazo-Teis, habiendo condicionado todo el proyecto y absorbido buena parte de su presupuesto (105,5 M€). La solución planteada, una vez descartada por costosa la construcción de un nuevo puente, se basa en el máximo aprovechamiento de la capacidad portante del puente existente, finalizado en 1977, para implantar una solución similar a la del resto del tramo aunque adaptada a esta estructura. Consiste en la adición de un nuevo carril por sentido de circulación a cada uno de los lados exteriores de la plataforma, ampliando así la capacidad del puente de dos a tres carriles por sentido. Para llegar a esta solución se realizaron estudios previos sobre el estado de las cimentaciones, las pilas de hormigón, el tablero metálico y los tirantes del puente encaminados a determinar su estado de conservación y su capacidad portante, así como ensayos de laboratorio para verificar el comportamiento de la estructura frente al viento, entre otros.

Para los autores del proyecto de ampliación del puente (un equipo de MC2 dirigido por Julio Martínez Calzón y Álvaro Serrano Corral, junto a Manuel Juliá Vilardell), no existen precedentes conocidos ni en Europa ni en el resto del mundo de una ampliación lateral sobre un puente atirantado de gran luz como el de Rande (existen algunos precedentes de ampliación pero en todos los casos ya estaba prevista desde la concepción inicial de la estructura, como el puente 25 de Abril de Lisboa, al que se le añadió un tablero inferior para el paso del ferrocarril), más aún si se considera que se ha realizado con la infraestructura en servicio. Todo ello convierte a esta singular actuación sobre la ría de Vigo es un hito a nivel mundial que reafirma la posición de vanguardia de la ingeniería

civil española, así como un referente ineludible para empresas de ingeniería y construcción a la hora de abordar la ampliación de un puente atirantado.

Como se ha mencionado, el proyecto aprovecha el tablero existente del puente para adosar, a cada uno de los dos lados exteriores de las pilas principales y a la distancia necesaria para salvar el ancho de sus fustes, un nuevo tablero que se apoya en el existente. Este tablero, separado 6,75 metros de la plataforma, está formado por un cajón y una celosía exterior metálicos y una losa superior de hormigón armado, uniéndose al tablero existente mediante celosías interiores metálicas espaciadas entre sí cada 10 metros en sentido longitudinal. La zona de circulación sobre el tablero (calzada y arcén) se ha diseñado con una anchura libre de 4,70 metros. Para sustentar los nuevos tableros se ha empleado un sistema de atirantamiento análogo al existente (80 nuevos tirantes, cada uno de ellos formado por haces de cables de acero de entre 44 y 91 unidades), con los nuevos tirantes anclados al tablero en un extremo y en la coronación de las pilas principales en el otro. Como medida de seguridad, en la zona central del puente y cerca de las pilas se han dispuesto tres zonas de conexión por sentido de la circulación entre los carriles de ampliación y la plataforma existente, de 21 metros de anchura, que permitirán, en caso de emergencia, trasvasar el tráfico existente entre las vías laterales y la central.

### Proceso de construcción

De la misma forma que la solución para ampliar el puente es inédita, el proceso de construcción presenta singularidades en procedimientos, medios técnicos y escenarios de trabajo (a nivel del mar y a 120 metros de altura sobre la ría) que también lo hacen único. Este pro-

<b>Puente de Rande</b>	
<b>Características técnicas</b>	
Longitud	704,71 m
Luz principal	400,17 m
Luz vanos laterales	147,46-147,48 m
Anchura del tablero existente	23,46 m
Anchura ampliación del tablero 2x7,35 m	14,70 m
Anchura calzadas existentes	15 m
Anchura carril ampliado	4,70 m
Altura de pilas desde cimentación	119,89 m
<b>Unidades de obra</b>	
Pavimento asfáltico	3.493 t
Acero en tirantes	925.412 kg
Acero en tablero	6.131.363 kg
Acero en elementos de fijación de tirantes	1.584.251 kg

## Más carriles en la circunvalación de Santiago

Tres días después de la apertura del tramo ampliado O Morrazo-Teis, y unos 70 kilómetros al norte de la ría de Vigo, el Ministerio de Fomento puso en servicio la segunda gran actuación en la AP-9 prevista en el convenio suscrito en 2011. Se trata de la ampliación de capacidad mediante nuevos carriles del tramo de autopista Santiago Norte-Santiago Sur, de 8,5 kilómetros y libre de peaje, el cual sirve como circunvalación a Santiago de Compostela y tiene carácter estratégico para las comunicaciones de Galicia al conectar distintas vías de alta capacidad. Como parte de la obra se ha remodelado también el enlace de Sigüeiro, incorporando nuevos ramales para los movimientos hacia el sur.

La circulación en el tramo de circunvalación, en el que conviven tráficos de largo y corto recorrido, es de 42.000 vehículos/día de media, elevándose en los meses de verano a 52.000 vehículos/día, y con incrementos significativos de tráfico en horas punta, lo que lo situaba al límite de su capacidad. Con la ampliación, realizada con una mínima afección al tráfico, se incrementa el nivel de servicio y se mejoran la comodidad y las condiciones de seguridad de la circulación. La inversión total ha ascendido a 84,8 M€ (75,5 M€ corresponden al contrato de obras).

En el tramo ampliado se distinguen ahora dos subtramos: Santiago Norte-Santiago Este, entre los p.k. 67 y 72, en el que se han dispuesto dos (y ocasionalmente tres) carriles adicionales por sentido de la circulación, pasando de cuatro a un total de ocho; y Santiago Este-Santiago Sur, entre los p.k. 72 y 75, en el que se ha dispuesto un carril

adicional por sentido, pasando de cuatro a seis. Cerca del enlace de Santiago Norte se ha ejecutado un ramal de conexión directo desde la calzada de la AP-9 sentido A Coruña hacia la autovía A-54 (Santiago-Lugo), evitando el paso por ese enlace y por la SC-20, lo que mejora tanto su funcionamiento como la conectividad con el aeropuerto de Santiago. Esta actuación es el primer paso del futuro enlace orbital entre la AP-9 y la A-54, cuyo proyecto constructivo se aprobó en diciembre pasado.

La principal obra de ingeniería del tramo ha sido la ampliación de capacidad del viaducto de Angrois (380 metros), que ha pasado de tener dos a cinco carriles por calzada. La ampliación se ha realizado mediante dos nuevos tableros de acero laminado y losa de hormigón, solidariamente unidos a los actuales, que se apoyan en ocho vanos sobre sendos grupos de siete pilas nuevas. La colocación de los nuevos tableros metálicos se realizó mediante carro lanzavigas, de tal forma que la ejecución de la ampliación se hizo en todo momento exenta o fuera de la zona de tráfico.

La permeabilidad territorial de la obra se ha mantenido con la adecuación de los numerosos pasos existentes, que han sido modificados para adaptarse a la ampliación del tronco que discurre por debajo o por encima de ellos. Así, ha sido necesaria la modificación de 10 pasos inferiores (destaca la ampliación del paso de la carretera de San Martiño de Arís) y 8 pasos superiores (destaca el de la N-634, con una nueva acera para los peregrinos del Camino Francés), además de la ejecución de varios muros de sostenimiento y la ampliación del drenaje transversal.

ceso, completado en 18 meses, ha estado condicionado por las tres grandes premisas del proyecto: la nula afección medioambiental a la ría, ecosistema de gran riqueza biológica (se han dispuesto elementos de protección de la ría en los puntos susceptibles de afección, además de implementar medidas como la colocación de geotextil sobre taludes y cunetas en tierras o la ejecución de balsas de decantación y barreras de decantación de sedimentos en el entorno del viaducto sur, entre otros), la mínima afección a la circulación en la AP-9 (con la ejecución de los trabajos, al realizarse en el exterior de las calzadas en uso o en altura, se ha procurado minimizar las afecciones al tráfico y las molestias a los usuarios) y la máxima seguridad, tanto para los trabajadores como para el tráfico de la autopista. Una parte muy importante del acceso del personal y del suministro y puesta en pie de obra de los materiales se ha realizado por vía marítima, lo que ha contribuido a cumplir algunas de estas premisas.

En el proceso de ampliación del puente han participado más de medio millar de técnicos y operarios en los momentos álgidos y cerca de 200 empresas. Los trabajos iniciales comprendieron el despliegue de la infraestructura básica de obra, como las plataformas de

trabajo metálicas en la base de las dos pilas principales, a nivel del tablero y en cabeza de cada pilono para ejecutar las distintas tareas del proyecto, además de una grúa-torre y un ascensor arriostros a cada pareja de pilonos para permitir el acceso del personal y el manejo del material necesario. Adicionalmente, y para proteger las calzadas de la caída accidental de objetos desde la zona elevada, se construyeron sobre el tablero y junto a cada pareja de pilonos sendos pórticos de protección del tráfico de unos 60 metros de longitud.

Con la infraestructura básica terminada arrancó la primera fase constructiva, consistente en la disposición de una nueva estructura metálica en forma de U invertida destinada al anclaje de los tirantes de sujeción de los nuevos tableros. Para ello se dispuso un sistema de izado formado por dos grupos de gatos de elevación hidráulicos sobre un pórtico metálico montado en las cabezas de cada pareja de pilonos. Mediante este sistema, las piezas metálicas de la estructura, trasladadas en pontonas desde los talleres de fabricación en la ría hasta la base de las pilas, fueron elevadas hasta la cota necesaria en cabeza de las pilas principales. Primero se izaron los elementos centrales de los cabeceros metálicos, comenzando con las piezas que forman la riostra supe-

---

rior, para a continuación izar las dos grandes piezas laterales, con forma de L, de unas 300 toneladas de peso y 20 metros de longitud. Tras su ensamblaje definitivo se izaron los elementos inferiores, de menor tamaño, hasta completar la estructura metálica, cuyo color blanco contrasta con el hormigonado grisáceo de los pilonos. Esta fase, una de las más complejas y vistosas de la obra, se desarrolló casi simultáneamente en ambos pilonos y se monitorizó mediante sistemas de instrumentación y control. Finalizó a inicios de la pasada primavera.

### Esta singular actuación sobre la ría de Vigo es un hito a nivel mundial que reafirma la posición de vanguardia de la ingeniería civil española

---

La segunda fase correspondió a la ejecución y colocación de las dovelas que forman los tableros de ampliación, realizándose con el apoyo de cuatro carros de montaje anclados a la parte inferior del tablero del puente y ocho carros superiores ubicados en cada uno de los extremos en voladizo de los tableros ampliados. Estos carros se encargaron de izar las dovelas desde las pylonas y colocarlas con precisión en su posición definitiva, como paso previo a su ensamblaje con la dovela contigua, la fijación al tablero mediante celosías metá-

---

licas y el tesado de los cables de los tirantes, avanzando luego hacia una nueva posición para realizar el montaje de una nueva dovela tras el hormigonado de la losa de la dovela precedente. El proceso se inició en abril con el montaje de las cuatro dovelas cero, de 180 toneladas de peso y 47 metros de longitud cada una, y culminó en octubre con el montaje de las dos dovelas de cierre. En total, se han montado 62 dovelas. Una vez cerrados los tableros se procedió al asfaltado y seguidamente se desarrollaron las labores de acabado y señalización, así como la retirada de elementos auxiliares y de protección empleados en la obra.

En la última quincena de diciembre se realizaron las preceptivas pruebas de carga a los nuevos tableros del puente de Rande, tanto las estáticas como las dinámicas y de confort de los usuarios, para verificar la resistencia de los nuevos carriles y el comportamiento del puente una vez ampliado. La superación con resultado satisfactorio de estas pruebas, indicadas en la normativa aplicable al diseño de puentes de carreteras y en las recomendaciones del Ministerio de Fomento, permitió la puesta en servicio del puente ampliado el penúltimo día de 2017. En los primeros meses de 2018 está prevista la ejecución de las actuaciones correspondientes al repintado de la estructura metálica y a la rehabilitación del firme e impermeabilización del puente antiguo, así como a la reparación de los paramentos de hormigón de los viaductos de aproximación existentes y de los duques de alba. Todas estas actuaciones mejorarán la imagen y el nivel de servicio de este icono de Vigo ya convertido en todo un hito mundial. ■