it

Los puentes de Oporto

António Adão da Fonseca

DESCRIPTORES
OPORTO
RÍO DOURO
PUENTES

Un lugar histórico

Una pequeña aldea y un pequeño puerto protegidos de los vientos marítimos, llamado de Portucale, existió en la hoz del río Douro desde hace mucho tiempo, pero su ocupación en 868 por Vímara Peres, guerrero del rey Afonso III, de León, se considera el acontecimiento más antiguo de la historia de Oporto.

En realidad, Oporto ya era sede episcopal desde la segunda mitad del siglo VI, desde los tiempos de los suevos, pero es a partir de 868 cuando su importancia aumenta: se convierte en el centro aglutinador de las tierras circundantes, que desde principios del siglo X pasan a constituir el núcleo del futuro condado portucalense. Así, se puede decir que Portucale dio nombre y origen a Portugal.

En 1147, entraron en el río Douro los cruzados nórdicos que formaban parte de la Segunda Cruzada a Tierra Santa y es el obispo de Oporto, D. Pedro Pitões, quien les predica en lo alto de la colina, en frente de la catedral, un elocuente sermón, exhortándolos a ir a auxiliar al rey D. Afonso Henriques en la conquista de Lisboa; después el obispo portucalense acompaña a la armada y participa en la empresa.

Con la conquista de Lisboa se consolida la independencia de Portugal y Oporto crece en población y en importancia económica (Fig. 1).

Siendo esta ciudad señorío episcopal desde el siglo XII, se producían frecuentes conflictos entre los prelados, la ciudad y la monarquía. El problema no se resolverá hasta principios del siglo XV, cuando el señorío urbano es integrado en la Corona. Entretanto, en reconocimiento de los servicios prestados al rey D. João I durante los conflictos con Castilla, en la crisis de 1383-1385, recibió el título de *Muy noble y siempre leal ciudad*. En Oporto nació el Infante D. Henrique, tercer hijo de ese mismo rey, que lideró a Europa en la aventura de ir al encuentro de otras civilizaciones.

De la misma forma que del norte de Portugal habían salido los guerreros que reconquistaron el sur a los moros, también de ese mismo norte partió un decisivo impulso para las grandes navegaciones marítimas; Oporto, en el siglo XV, era una de esas ciudades de la península Ibérica en donde más navíos se fabricaban y de donde más marineros salían. Pero no solo el comercio y las navegaciones interesaban a los burgueses de Oporto. También entre ellos hubo muchos y excelentes cultivadores de las letras que honraron la cultura portuguesa, desde Vasco de Lobeira, el del *Amadís de Gaula,* hasta los poetas del *Cancionero de Garcia de Resende,* como Diogo Brandão y Fernão Brandão, o Pêro Vaz de Caminha, autor de la conocida carta donde, por primera vez, se relata el hallazgo de Brasil. Cuando, después del período filipino, Portugal recuperó la independencia, Oporto asumió entusiásticamente un papel relevante en las luchas de la Restauración.

En la segunda mitad del siglo XVIII Oporto se enriqueció extraordinariamente, creció, se monumentalizó y se modernizó; y en el siglo XIX dio a Portugal poetas como Almeida Garrett y escultores de la grandeza de Soares dos Reis.

Oporto se enorgullece de ser conocida como la ciudad del trabajo. De hecho, sus habitantes estuvieron desde siempre en la primera línea del desarrollo de Portugal y contribuyeron mucho a la epopeya de los Descubrimientos. Aún hoy la región de Oporto es reconocida como una de las áreas más dinámicas del tejido empresarial portugués.

Fig. 1. Oporto medieval y barroco.

Fig. 2. Oporto. Patrimonio Mundial.

En este inicio del siglo XXI, Oporto y la villa de Gaia, situada justo enfrente, en la margen izquierda del río Douro, tienen, junto con los concejos limítrofes, una población de cerca de un millón y medio de habitantes. Oporto es el centro económico y cultural del norte de Portugal, pero es en Gaia donde se localizan los almacenes del vino de Oporto y donde mejor se admiran el río y las laderas con los barrios medievales y barrocos de Oporto. Una zona que fue declarada *Patrimonio de la Humanidad* por la UNESCO (Fig. 2).

Oporto y Gaia nacieron junto al río Douro pero estuvieron siempre separadas por ese mismo río. Elemento de unión y de separación, el río fue el factor económico, estético y funcional más importante para su desarrollo. En el siglo XX, el río fue infelizmente despreciado y se le dio la espalda. Su papel principal fue olvidado. Pero al entrar en el siglo XXI, el poderoso río Douro está siendo redescubierto y es, nuevamente, un factor muy importante para el desarrollo de toda la región.

El río Douro

El río Douro nace en la mitad oriental de la península Ibérica, en la sierra de Urbión, a punto de caer hacia el valle del río Ebro, hacia donde inicialmente parece dirigirse. Pero pronto revela su temperamento, al no querer ser afluente de un río que perezosamente se extiende hasta el mar Mediterráneo. Opta en cambio por virar hacia occidente y atravesar España en dirección a Portugal, donde va a ceder sus aguas al agitado océano Atlántico.

Aún dentro de España comienza a excavar en los granitos los espectaculares desfiladeros que, de norte a sur y a lo largo de casi 100 kilómetros, constituyen frontera entre los dos países. Y es al recibir al río Tormes cuando dobla definitivamente hacia occidente y entra en Portugal (Fig. 3) saltando, a veces furiosamente, todas las barreras para alcanzar el objetivo de llegar al mar.

En situación de máxima crecida previsible, el río Douro hace pasar, entre las ciudades de Porto y Gaia, un caudal superior a 24.000 metros cúbicos por segundo. Esto es, un caudal superior a dos kilómetros cúbicos por día. En Europa, solo el río Volga puede registrar un caudal mayor.

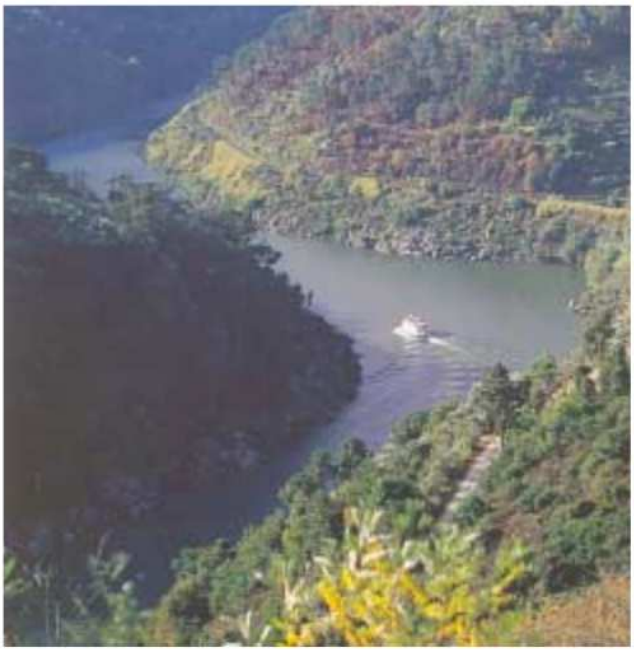


Fig. 3. El río Douro en Portugal.

Decía el Padre João Baptista de Castro, en el libro *Mapa de Portugal antiguo y moderno,* editado a mediados del siglo XVIII, acerca del río Douro, que "En Portugal es de los que no admiten puente, porque siempre corre precipitado y, por eso, nunca lo pudieron hacer".

Los puentes sobre el río Douro y la ciudad de Oporto

En los muchos meses de menor caudal en el río Douro, su travesía se fue haciendo a lo largo de los siglos con embarcaciones de pequeño porte. Una travesía que solo se suspendía cuando la velocidad de las aguas aumentaba pero que nunca podría posibilitar el paso rápido de un gran número de personas y mercancías. Así, cuando el Califa de Córdoba, Almanzor, quiso garantizar el paso rápido del río, en el año 997, se precavió con los barcos de una armada mora que le aguardaba en Oporto.

Pero cuando en 1369 el rey D. Fernando intentó asegurar la posición rápida de su ejército en la margen norte del río Douro, a fin de librar Gimarães del cerco que el ejército de Enrique II de Castilla le puso el 1 de septiembre de aquel año, apenas se cuidó de instruir a la ciudad de Oporto para, sin pérdida de tiempo, armar un puente de barcas. Una vez cumplida su misión ocasional, el puente fue desmontado.

Otros puentes provisionales de barcas fueron construidos en ocasiones de especial necesidad, pero hasta principios del siglo XVIII no se afrontó la existencia de un puente de barcas con carácter permanente. Un puente que solamente sería desmontado en situaciones de aumento importante de la velocidad de las aguas del río Douro. Un puente que respondía al aumento de población residente en ambas márgenes y aseguraba las condiciones mínimas para el incremento que se registraba en la actividad comercial e industrial en toda la región.

Tal proyecto se debe al Corregidor Francisco de Almeida e Mendonça, quien planea también un gran puente de piedra cuyo proyecto llega a ser encargado al ingeniero Cruz Amarante. Con la muerte del Corregidor, en 1804, la ambiciosa solución de un puente de piedra fue abandonada, pero el 15 de agosto de 1806 se abre al público el primer puente de barcas de carácter estable y permanente. (Fig. 4).

Un puente de 20 barcas que se abría para dar paso a los barcos que navegaban en el río Douro y que se desmontaba en ocasión de las mayores crecidas. Un puente que el 29 de marzo de 1809 ve precipitarse en las aguas a más de 3.000 personas huyendo de las tropas francesas comandadas por el Mariscal Soult.

Se construyeron otros puentes de barcas, cada vez más perfeccionados, pero Oporto crecía en importancia comercial e industrial y se retomó la voluntad de construir un puente verdaderamente permanente y capaz de dar salida al tráfico cada vez mayor entre las dos márgenes del río.

Un sueño y una voluntad que se hizo posible gracias a los desarrollos ocurridos en la tecnología del hierro y en la ciencia de los materiales. Así, en 1837 se tomó la decisión de la construcción de un puente según el sistema de suspensión en hierro, que fue abierto al público el 17 de febrero de 1843. Una inauguración anticipada, con algunos trabajos en los accesos todavía por concluir, pues se avecinaba una crecida imprevista. En la edición de ese día del "Periódico dos Pobres" se leía: "El río Douro promete gran crecida, hoy varió poco por el reflujo: el Puente Colgante ya está abierto al tránsito público".

El puente colgante fue proyectado por los ingenieros Mellet y Bigot y estuvo en servicio durante 44 años. Este puente, de bella construcción y de líneas elegantes, se elevaba diez metros sobre el nivel medio de las aguas del río, tenía un vano de 170 metros y una anchura de seis metros (Fig. 5). Su localización fue fuertemente influenciada por el sentir de las poblaciones interesadas, que rechazaron la solución propuesta por la empresa constructora de colocar el puente en la prolongación de la calle de S. João, con una columna, o arco de triunfo, en el medio del río, para el adecuado apoyo del puente. La localización del puente más hacia aguas arriba se reveló, de hecho, más ventajosa, dado que liberaba toda la ensenada portuaria, facilitando el comercio fluvial, además de salvaguardar los accesos al puente de eventuales inundaciones durante las crecidas.

Fig. 4. Puente de barcas (grabado).

Fig. 5. Puente colgante (fotografía de Domingos Alvão).

Fig. 6. Puente Maria Pia (fotografía de Aureliano Fonseca).

Se entró en la segunda mitad del siglo XIX, el comercio del vino de Oporto había atraído a Oporto y a Gaia a una comunidad británica con gran capacidad empresarial, la región se volvió el gran polo industrial del occidente peninsular, el puerto comercial en el río Douro presentaba una actividad creciente de transporte fluvial y marítimo, las urbes de Oporto y de Gaia se extendían en los "plateaux" a cota alta, e iban a llegar tanto la línea férrea desde Lisboa como los vehículos motorizados.

Pero las indecisiones y polémicas sobre la travesía del río Douro por la vía férrea están bien patentes en la ejecución y posterior abandono del túnel bajo la sierra del Pilar, que fue después ocupado por las pipas de la Real Companhia Vinícola. Así, solo el 4 de noviembre de 1877 se asiste, en ambiente de gran fiesta popular, al paso inaugural de un convoy transportando a los reyes de Portugal sobre el magnífico puente proyectado por los ingenieros Gustave Eiffel y Théophile Seyrig. Un puente metálico que coloca la línea del ferrocarril a cota de 60 metros sobre las aguas del río Douro. Con un tablero que se apoya sobre un arco biarticulado con 160 metros de luz y 42,6 metros de flecha (Fig. 6).

Fig. 7. Puente Luiz I.

Fig. 8. Puente de Arrábida.

El puente Maria Pia es una obra de ingeniería cuya concepción y solución de construcción muestra bien tanto el avance tecnológico como el talento de las gentes de aquel siglo. Oporto y Gaia atraviesan entonces un período de crecimiento que se manifiesta también en las vertientes cultural y social. Así, apenas cuatro años después de terminada la construcción del puente Maria Pia, no sorprende que se inicie la construcción del no menos magnífico puente que recibiría el nombre del rey Luiz I. Un puente concebido por el ingeniero Théophile Seyrig con base en el proyecto elaborado por el ingeniero João Joaquim Matoso. Un puente con dos tableros metálicos, el superior con cerca de 390 metros de longitud y a cota de 62 metros, y el inferior con 174 metros de longitud y a cota de diez metros. Ambos soportados por un arco metálico, también biarticulado, con 172 metros de luz y una flecha de 44 metros en su intradós (Fig. 7). Construido al lado del puente colgante e inaugurado el día 31 de octubre de 1886, asistió al desmantelamiento de aquel primer puente, al final de 1887.

Desde finales del siglo XIX y hasta bien llegada la segunda mitad del siglo XX, toda la región norte de Portugal parece haber bajado los brazos y desistido del futuro. Muchos se fueron a Lisboa, que creció en el sueño de ser capital de un imperio, y muchos se fueron inicialmente muy lejos, a Brasil, y después a más cerca, a Francia y a Alemania.

Es con la energía eléctrica de origen hídrico como Oporto y toda la región norte parecen tener acreditado, nuevamente, un futuro. Se construyeron grandes diques y se disponibilizó la energía para una industria transformadora cada vez más activa y orientada a la exportación. ¡Ya no era preciso emigrar! Tanto el tráfico rodado como el tráfico ferroviario con el sur del país crecieron fuertemente, y el Conselho Superior de Obras Públicas decidió, en 1950, construir un puente mixto (rodado y ferroviario) uniendo las dos mesetas de Candal (en Gaia) y de Arrábida (en Oporto). Pero los estudios sobre los enlaces con las vías existentes concluyeron que sería mejor optar por puentes independientes de carretera y de ferrocarril, manteniéndose para el primero la localización de Arrábida. Los puentes sobre el río Douro han sido siempre obras singulares, pero sus dimensiones y costes nunca justificaron que los trazados de las vías de medios de transporte distintos se "codeasen".

El ingeniero Edgar Cardoso desarrolló entonces un proyecto de un puente que constituye, por la belleza estética, por el atrevimiento de su concepción y por la simplicidad y seguridad de algunas operaciones de montaje y despiece de la

Fig. 9. Puente de S. João.

cimbra metálica, una obra excepcional. Un precioso tablero de hormigón armado sobre un arco, también de hormigón armado, con una cuerda de 270 metros y una flecha de 54 metros (Fig. 8). Su inauguración tuvo lugar el día 22 de junio de 1963, con mucha gente viviendo la alegría de un puente más sobre el río Douro, esta vez con una vista magnífica sobre la hoz del río y sobre el mar.

El enlace ferroviario continuaba haciéndose por el puente Maria Pia, ya centenario, con solo una línea, lo que constituía un grave estrangulamiento para la circulación de los trenes. Portugal se preparaba para entrar en la Comunidad Europea y ninguna modernización de la red ferroviaria era posible sin un enlace eficiente entre Oporto y Gaia. Así, en 1984 se contrata la construcción de un puente que se reveló inmensamente esbelto y elegante (Fig. 9), según un proyecto del in-

Fig. 10. Puente del Freixo.

geniero Edgar Cardoso. El ingeniero Théophile Seyrig había proyectado dos puentes sobre el río Douro, pero el ingeniero Edgar Cardoso proyectaba así su cuarto puente sobre ese mismo río, siendo éste su segundo entre Oporto y Gaia.

Este puente fue bautizado con el nombre de S. João, el santo patrón de la ciudad de Oporto. El puente es un pórtico de hormigón armado pretensado con un vano central de 250 metros y la plataforma del ferrocarril a cota de 66 metros. Su inauguración tuvo lugar el 24 de junio de 1991, día de S. João.

La década de 1980 fue un período de gran afirmación de Oporto y de toda la región en las más diversas componentes de la actividad de una sociedad humana. Y la adhesión de Portugal a la Comunidad Europea constituyó un estímulo para el dinamismo y autoconfianza de todo el país, con el consecuente rápido aumento de la actividad económica y de la utilización de medios de transporte. En pocos años, casi todas las vías rodadas se volvieron exiguas para la demanda. En particular, la presión urbanística y de circulación rodada sobre los lados occidentales de las ciudades de Oporto y de Gaia creció exponencialmente y amenazaba con bloquear su propio funcionamiento. La Junta Autónoma das Estradas (actual Instituto das Estradas de Portugal) decidió entonces construir un nuevo tramo de autopista en el lado oriental de las dos ciudades, proyectándose la travesía del río Douro con un puente que pasaba casi por el límite de la ciudad de Oporto, en la zona del Freixo, donde las márgenes bajan y las laderas se levantan más lentamente.

El puente escogido por la Direcção de Pontes de la Junta Autónoma das Estradas es un proyecto del ingeniero António Reis, que, entre otras alternativas, propuso un viaducto a cota relativamente baja, definiendo ocho vanos, de los cuales los dos mayores tienen 150 metros de longitud. En realidad, son dos viaductos gemelos en hormigón armado pretensado, albergando cuatro carriles de tráfico en cada sentido (Fig. 10). Por tanto, un puente con gran capacidad de alivio del tráfico rodado, pero que muy pronto vio también esa capacidad utilizada diariamente casi al límite.

Y así se aproximaba un nuevo siglo, el siglo XXI. La sociedad portuguesa se fue volviendo una sociedad cada vez más urbana, a semejanza de las sociedades más dinámicas del resto del mundo. Y la red de vías de transportes en el área metropolitana de Oporto fue finalmente estudiada también como el elemento más poderoso de la ordenación del territorio. Ine-

Fig. 11. Puente Infante D. Henrique (fotografía de Arte fotográfica).

vitablemente, tenía que conseguirse la existencia de medios de transporte con calidad y circulando en espacios cautivos que aseguraran fluidez y cumplimiento de horarios. La opción por un sistema de trenes ligeros, donde fuera necesario y posible en trayecto subterráneo, debidamente integrado con todos los otros medios de transporte, fue la elegida por las cámaras municipales. Ese sistema es llamado *Metro de Oporto*.

Evidentemente, el puente Luiz I había ordenado el crecimiento urbano tanto de Oporto como de Gaia al final del siglo XIX y durante todo el siglo XX. Por tanto, se sitúa precisamente en el alineamiento definido por los dos centros urbanos de las dos ciudades, y así surge naturalmente la decisión de pasar el tren ligero, esto es, el metro, por el tablero superior de aquel puente. Para asegurar el paso del tráfico rodado que utilizaba aquel tablero, se decidió construir un puente más sobre el río Douro, a unos 500 metros aguas arriba del puente Luiz I.

Un puente que fue proyectado y construido en el cambio del siglo XX al siglo XXI. A medio camino entre el puente Luiz I y el puente Maria Pia. Un puente que tenía que equipararse y honrar a aquellos dos. Un puente bautizado con el nombre del más ilustre ciudadano nacido en la ciudad de Oporto, el Infante D. Henrique.

Entre las magníficas laderas graníticas de las dos márgenes, se proyectó entonces un puente constituido por un tablero rígido en hormigón armado pretensado apoyado en un arco extremadamente esbelto y tendido (Fig. 11), en hormigón

armado no pretensado. Un proyecto de los ingenieros Fernández Ordóñez, Adão da Fonseca (AFAsssociados) y Millanes Mato (IDEAM).

Este puente fue abierto al público el 30 de marzo de 2003 y constituye una obra de arte más para consagrar el río Douro entre Oporto y Gaia como escenario del más importante conjunto de puentes singulares en todo el mundo.

Las ciudades de Oporto y de Gaia en el siglo XXI

La Comunidad Europea se convirtió en Unión Europea al finalizar el siglo XX, pasando a albergar en su espacio un total de 25 naciones europeas en 2004. Las sociedades europeas se orientan cada vez más a sus regiones transfronterizas. En particular, en la península Ibérica se diseña cada vez más una gran región que engloba el territorio desde la península de Setúbal, en Portugal, hasta Asturias, en España, en la que habitan más de 12 millones de personas y en el centro geográfico de la cual se sitúa la subregión de Oporto. Ahora el funcionamiento del área metropolitana de Oporto como centro urbano de futuro requiere vías de comunicación eficientes y no se acepta que el río Douro constituya un obstáculo a su desarrollo. La necesidad de construcción de más puentes enlazando Oporto y Gaia se siente así con urgencia creciente, no solo para el servicio directo de la región metropolitana sino también para el paso de los transportes de más larga distancia. Y en cuanto a estos últimos, la "costura" de aquella región atlántica tiene que hacerse mediante el tren de alta velocidad, tanto para el servicio de pasajeros como para el servicio de mercancías. Para distancias aún mayores, es esencial el enlace de los medios de transporte terrestres al transporte aéreo, y por eso el acceso rápido al aeropuerto de Pedras Rubras, localizado al norte de Oporto, es una decisión tomada ya por el Gobierno de Portugal.

Entre tanto, las márgenes del río Douro en Oporto y en Gaia son cada vez más lugares de turismo y ocio de valía excepcional. El paso de los peatones de una margen a otra se hace por las aceras del tablero inferior del puente Luiz I, pero estas aceras son muy estrechas, desagradables y hasta peligrosas.

Consecuentemente, se están estudiando nuevas travesías sobre el río Douro, entre Oporto y Gaia. Travesías para ser construidas en la primera década del siglo XXI, para servir los caminos peatonales, las vías de tráfico rodado, la nueva línea del metro ligero y el tren de alta velocidad.

Encuadre de las nuevas travesías

El encuadre fundamental de los nuevos puentes entre Oporto y Gaia puede sintetizarse en las cuatro preguntas siguientes:

1. La cavas de vino de Oporto están localizadas en Gaia y son visitadas anualmente por más de un millón de personas. Desde la ribera de Gaia se disfruta el panorama bellísimo de las laderas de Oporto, pero su visita requiere cruzar el río, lo que se hace en condiciones deficientes por el puente Luiz I. *¿Dónde deberá ser localizado un puente peatonal sobre el río Douro?*
2. La red del *Metro de Oporto* construirá una nueva línea entre las zonas occidentales de Oporto y de Gaia. *¿Dónde deberá ser localizado un nuevo puente para el paso de esa línea?*
3. La RAVE –Rede Ferroviária de Alta Velocidade– tiene como líneas prioritarias las que enlazan Lisboa con Oporto y ésta con la ciudad de La Coruña, en Galicia. Ya está decidido que una de las estaciones más importantes se localizará en el aeropuerto de Pedras Rubras, al norte de Oporto. Y el corredor de la línea Lisboa-Oporto deberá pasar, preferentemente, por la zona occidental del área metropolitana de Oporto. *¿Dónde deberá ser localizado un nuevo puente para el paso de esa línea? ¿Y podrá ese mismo puente ser el mismo que el de la línea del metro?*
4. El puente de Arrábida tiene su capacidad de alivio de tráfico rodado agotada, y por tanto no puede atender al aumento de tráfico que se está generando por el continuo crecimiento urbano que se registra en las zonas occidentales de las ciudades de Oporto y Gaia. *¿Dónde deberá ser localizado un nuevo puente para el paso de ese tráfico, puente que deberá constituir una alternativa al tráfico urbano entre las dos ciudades? ¿Y podrá este nuevo puente ser el de la línea del metro o el de la línea del tren de alta velocidad?*

Al menos el puente peatonal es a cota baja. Por tanto, su localización es independiente de los otros puentes. ¿Y cuántos de estos últimos son necesarios?

¿Un puente trimodal (metro, tren de alta velocidad y para tráfico viario)? ¿Dos puentes, siendo uno bimodal? ¿Tres puentes?

¿Y qué puentes? Esta pregunta podrá ser considerada menos relevante, pero no es así porque los *puentes de Oporto* (sobre el río Douro) son, indiscutiblemente, un patrimonio construido de la más alta valía mundial. Por tanto, es una obligación de cada generación aumentar la valía estética y técnica de semejante patrimonio.

Condicionantes de los nuevos puentes

Los condicionantes más determinantes son los trazados de las vías de comunicación de los tres medios de transporte, pero igualmente importantes son el impacto ambiental y urbanístico de las nuevas vías. El paisaje está históricamente marcado por la estrecha y bellísima relación entre importantes estructuras (muros de soporte, bancadas, escaleras, muelles, puentes) y una naturaleza a la vez difícil e inspiradora. Esa relación constituye un patrimonio singular y se constituye como condicionamiento y ejemplo a tener en cuenta.

También es importante la navegabilidad del río Douro. Las embarcaciones de mástiles grandes que entran en el río Douro procedentes del mar pueden ir hasta delante de las riberas de Oporto y de Gaia siempre que su calado no sobrepase el valor garantizado de seis metros de profundidad. Así fue en el verano de 1996, cuando la regata "Cutty Sark" vino al río Douro para participar en las conmemoraciones del Sexto Centenario del nacimiento del Infante D. Henrique. Es inolvidable la grandiosa presencia de decenas de hermosos vele-

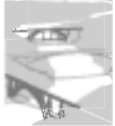


Fig. 12. Velero colombiano "Gloria".

ros atracados en los muelles de Gaia y de Alfândega, como fueron las de los veleros "Sagres", "Astrid", "Orp Iskra", "Gloria" (Fig. 12), "Spirit os Winestead" y muchos otros.

Será raro que regatas como la "Cutty Sark" vengan hasta el río Douro, pero ya ocurre muchas veces la entrada de barcos de grandes mástiles en el río Douro, y ciertamente se desea que eso acontezca cada vez más.

Por tanto, tiene que ser muy cuestionada cualquier decisión que haga irreversible el impedimento del acceso de tales embarcaciones al río Douro.

La referencia ha sido el velero "Sagres", que es el buque-escuela de la Armada Portuguesa y que tiene una arboladura imponente, de tubos de hierro, constituida por el bauprés y tres mástiles verticales. El bauprés tiene 12,9 metros de altura respecto a la línea de flotación, estando el navío descargado, y en cuanto a las alturas de los extremos de los mástiles verticales, sobre la línea de flotación, son las siguientes:

— Mástil del trinquete: 45,3 metros.
— Mástil mayor: 45,3 metros.
— Mástil de la mesana: 40 metros.

La altura libre bajo la estructura del puente de Arrábida es superior a 60 metros, por lo que este puente no impide el paso del velero "Sagres". Fue por entenderse que el buque-escuela "Sagres" debería poder subir el río Tajo aguas arriba del puente Vasco da Gama por lo que el tablero de este puente sobre el canal de navegación principal respeta la cota mínima de 50 metros.

Tres nuevos puentes

La consideración simultánea de los condicionantes referidos nos llevó a la conclusión de que se debe proceder a la construcción de los tres nuevos puentes siguientes:

— Puente peatonal.
— Puente bimodal para el metro y tráfico rodado.
— Puente ferroviario para alta velocidad.

El puente peatonal facilitará la travesía del río Douro a las personas que circulan por las riberas de ambas márgenes. Márgenes éstas que son bajas, por lo que el puente no puede elevarse mucho sobre las aguas del río. Además, un puente que no altere las condiciones de navegabilidad en el río Douro aguas abajo del puente Luiz I y que no se coloque "vanidosamente" frente al escenario bellísimo de la ladera medieval y barroca de Oporto y de la ladera de "cavas de vino de Oporto" de Gaia, tendrá que localizarse junto a aquel puente, ciertamente en el mismo lugar donde, en el siglo XIX, estaba el puente colgante. Un lugar donde ambas márgenes se elevan en pequeños promontorios rocosos que ya colocan a los peatones a una cota conveniente para el acceso al tablero del nuevo puente.

El puente de utilización tráfico rodado/metro ligero deberá localizarse entre la ladera del Gólgota, en Oporto, y la ladera oriental de Arrábida, en Gaia, con el tablero a cota de alrededor de 60 metros.

El puente de utilización ferroviaria de alta velocidad deberá localizarse entre la ladera del Palacio de Cristal, en Oporto, y la ladera de la Fraga, en Gaia, con el tablero a cota de unos 40 metros.

El coste total de los dos últimos puentes es ciertamente superior al coste de uno solo para los tres medios de transporte, pero siendo los puentes sobre el río Douro de poca longitud, serán menores los costes globales al considerar los costes de las vías de acceso (en particular los dos túneles de aproximación al puente ferroviario). Evidentemente, se salvaguardan también valores aún superiores, que son los de la estética, de la calidad paisajística y ambiental, y los patrimoniales.

Y se posibilita la entrada del buque-escuela "Sagres" en el río Douro hasta delante de Massarelos, donde la anchura del río es mayor y en cuya margen izquierda se ha proyectado la construcción de un pequeño muelle que tiene condiciones para acoger barcos de mayor calado.

Se honra de este modo el *pasado* que nos fue legado y se salvaguarda el *futuro* que se decide en el *presente*.

Concepción de los puentes

El puente peatonal

El desafío era concebir un puente que sea una obra de arte que contribuya a la belleza y al carácter de la zona de Patrimonio Mundial donde se inserta.

La fuerte presencia del magnífico puente proyectado por Théophile Seyrig aconseja inmediatamente que el puente peatonal tenga gran ligereza, sin cables cruzando el espacio común y, si es posible, utilizando un material estructural tan innovador como lo fue el del puente Luiz I en 1878.

Un puente con un único arco en acero inoxidable venciendo los 156 metros de anchura del río y elevándose ligeramente por encima del tablero inferior del puente Luiz I fue diseñado y presentado al público a principios de 2001, año en que la ciudad de Oporto fue "Capital Europea de la Cultura" bajo el lema de "Puentes para el Futuro".

El puente (Fig. 13) es esencialmente un arco extremadamente tendido con una relación de 1:13 entre la flecha y la cuerda. El arco tiene una sección trasversal en monocajón empotrado en los cimientos graníticos de las márgenes del río. La sección transversal tiene 6,6 metros de anchura, tres metros de altura junto a los arranques empotrados del arco y dos metros de altura a medio vano, con una forma hidrodinámica para tener en cuenta la subida del nivel de las aguas en situación de crecida.

Fig. 13. Puente peatonal. Fotomontajes.

En el enlace con las márgenes, el paso peatonal se hace por plataformas que se levantan sobre el arco de modo que se garantice una inclinación longitudinal máxima del 10%. Una inclinación que ya obliga a que los discapacitados motores sigan utilizando el puente Luiz I pero que es exigida por la solución estructural de puente en arco único.

La mayor innovación de este puente está en la adopción del acero inoxidable (de la clase EN 14462) como material estructural. Cuando se construya, será un récord mundial en este tipo de puentes. Es una concepción del autor de este artículo, habiéndose beneficiado AFAssociados para su dimensionamiento y detalle de los conocimientos y experiencia de Ideam, de Madrid, dirigida por el ingeniero Francisco Millanes, asegurándose así la calidad total del proyecto.

Infelizmente, su coste de construcción ha sido considerado demasiado alto, a pesar de que tenga costes de mantenimiento casi nulos. Por tanto, la decisión de comienzo de las obras aún no ha sido tomada.

El puente del metro y tráfico rodado

En el lugar de implantación del puente, el río tiene una anchura de cerca de 300 metros, por tanto una anchura aún ligeramente mayor a la del río en el lugar de implantación del puente S. João, cuya bellísima solución estructural de puente en pórtico con un vano central de 250 metros de longitud no puede ser repetida, por ser solo estéticamente aceptable un vano tal en un puente de plataforma relativamente estrecha. Pero al pretenderse un tablero con una viga de canto mucho menor que el de la del puente de S. João, es necesario concebir una solución con un vano mucho menor.

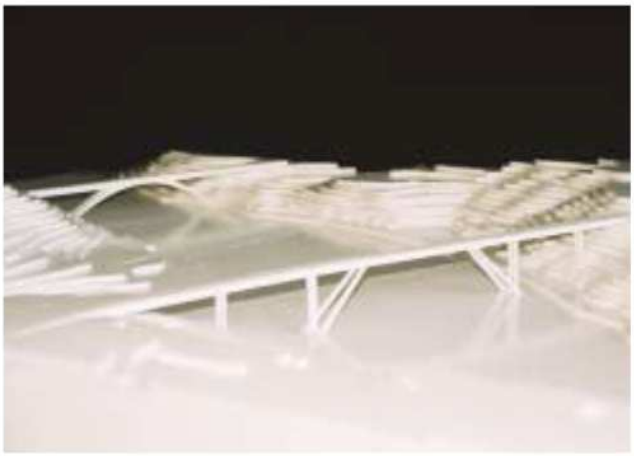
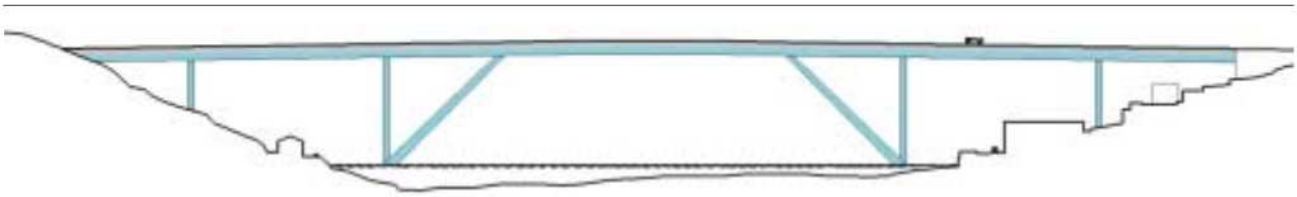


Fig. 14. Fotografía de la maqueta de trabajo.

La proximidad del puente de Arrábida invita a considerar su imagen, caracterizada por un gran arco, como referencia y origen del diseño del nuevo puente. Así, se concibió una solución estructural que permite definir un vano central de unos 150 metros pero cuyos apoyos en el lecho del río distan 265 metros, que es casi el valor de la cuerda del arco del puente de Arrábida. Por tanto, una solución para el nuevo puente que se aleja de aquél pero que de él es resonancia. Una solución estructural que gana tridimensionalidad con la separación progresiva, de lo alto hacia la base, de los pilares inclinados. Una separación que da al puente una flexibilidad transversal muy mejorada (Fig. 14).

Un puente concebido con la colaboración del arquitecto Álvaro Siza.



En la figura 15 se representan las dimensiones principales de los elementos estructurales, con un cajón del tablero suficientemente amplio para permitir la circulación del metro ligero en su interior y permitir el apoyo seguro del tablero en los pilares.

El posicionamiento de las cimentaciones principales del puente dentro del lecho del río intenta no solo asegurar una simetría visual entre el puente y el río sino también respetar la anchura de su canal de desagüe, sin ninguna implicación grave en su comportamiento hidráulico incluso en caso de gran crecida. Y las cimentaciones estarán totalmente sumergidas, para conseguir un contacto siempre delicado entre los pilares y el agua.

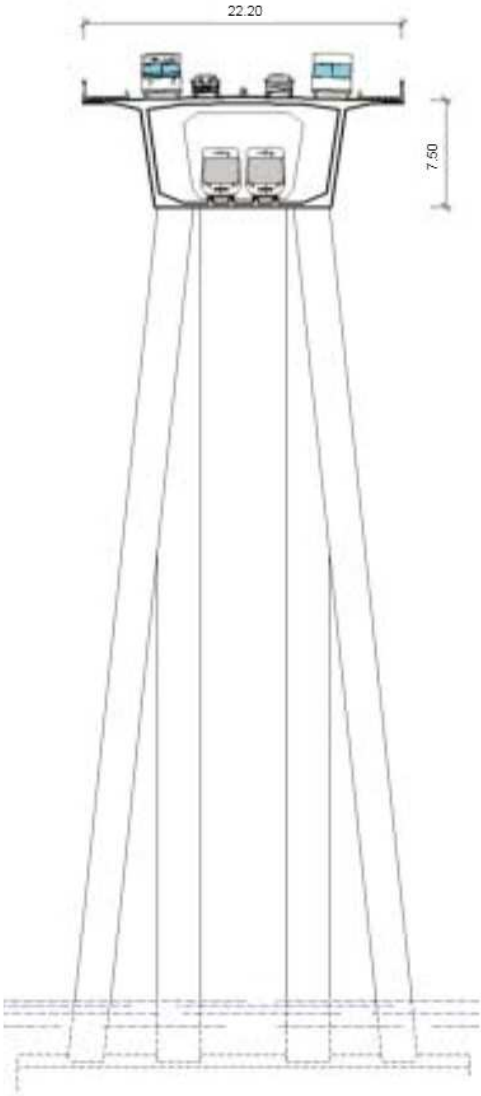


Fig. 15. Alzado y sección transversal del puente.

El puente del tren de alta velocidad

El tren de alta velocidad tiene un trazado subterráneo tanto en la zona urbana de Gaia como en Oporto. Esto es, llega en túnel hasta las entradas de la plataforma del puente. Se recuerda también que la plataforma del tren tiene que ser colocada a una cota máxima de unos 40 metros sobre el río Douro, cota que entra ya en conflicto con la navegabilidad de los mayores veleros en el río Douro. Esto es, debe minimizarse la estructura del puente situada a cotas inferiores a la de la plataforma, por lo menos sobre el canal de navegación. Por otro lado, aunque el tren disminuya su velocidad antes de hacer la travesía sobre el río Douro, es del mayor interés ambiental minimizar el impacto acústico de su paso.

La conjugación de estos factores sugiere la colocación de la línea de ferrocarril dentro del cajón del tablero. Un cajón que tiene entonces gran altura y cuya resistencia permite vencer vanos de grandes dimensiones.

Este puente está implantado en un lugar de menor anchura del río, entre laderas de presencia poderosa. Siendo él mismo relativamente estrecho, resulta apropiada la concepción de un puente con una imagen fuertemente unitaria. Nace así un puente en el que el tablero se apoya en un arco totalmente solidario a él (Fig. 16).

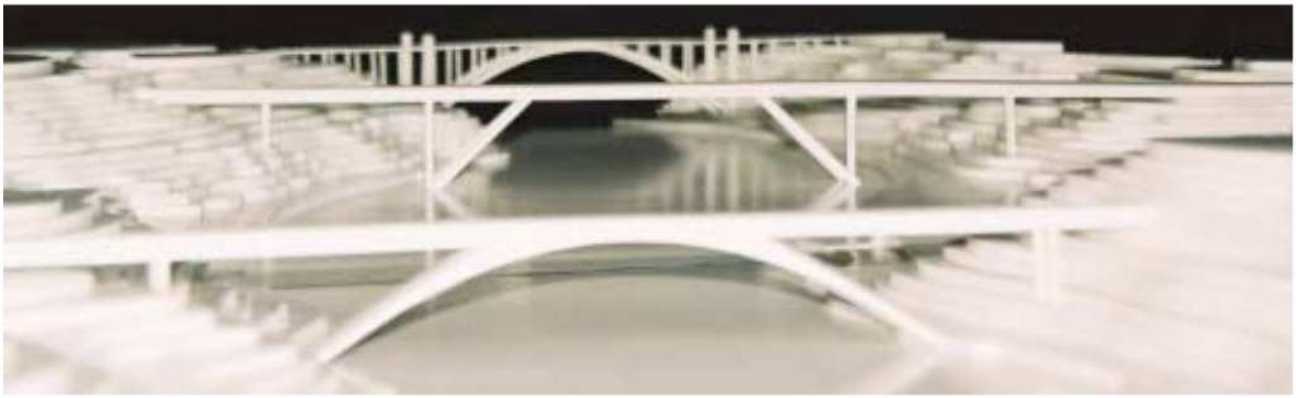
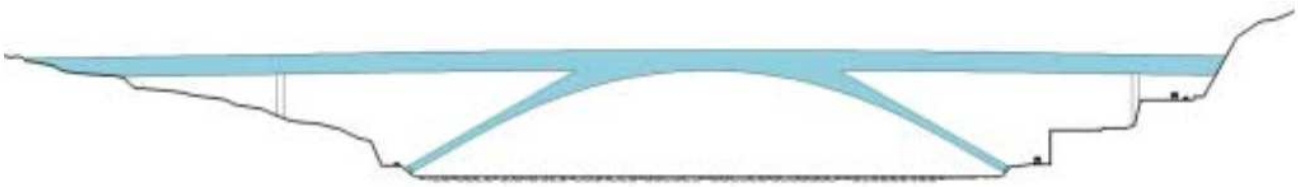


Fig. 16. Fotografía de la maqueta de trabajo.



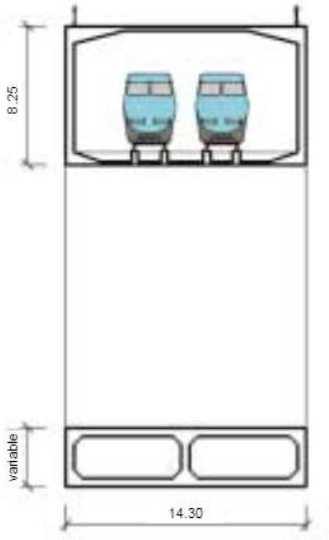


Fig. 17. Alzado y sección transversal del puente.

En conclusión, un puente con una imagen unitaria que también existe en el otro puente ferroviario, en el puente de S. João. Pero esta vez dentro del imaginario único de los magníficos puentes en arco sobre el río Douro y proporcionando un espectacular paseo entre los jardines del Palacio de Cristal y el Castillo de Gaia, sobre la losa superior del cajón del tablero.

Un puente concebido también con la colaboración del arquitecto Álvaro Siza.

El cajón del tablero tiene una sección transversal exterior constante a lo largo de toda su longitud y de él "desciende" el arco en dirección a las márgenes, justo junto al río, para descargar allí las inmensas fuerzas que transporta. Se forma así un arco poderoso que adelgaza y se rectifica al aproximarse a sus arranques, reflejando el antifunicular de los esfuerzos que en él se generan.

Un puente en el que todos los elementos estructurales tienen una forma y dimensiones muy parecidas. Un puente de funcionamiento estructural muy simple, con un arco, casi biarticulado, con 245 metros de cuerda (Fig. 17).

En la margen norte, en el Palacio de Cristal, la penetración en una escarpa poderosa y casi vertical proporcionará un encuentro de rara calidad. El tablero entrará en una galería abierta en profundidad en esa escarpa, estando el apoyo del puente en su interior.

Y después allí, muy debajo de los jardines del Palacio de Cristal, que ni notarían la intervención bajo ellos, será posible organizar una estación subterránea con vistas deslumbrantes sobre el puente de Arrábida y la desembocadura del río Douro. □

António Adão da Fonseca
Doutor em Engenharia Civil
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
AFAssociados-Projectos de Engenharia, S.A.

3 NUEVOS PUENTES

Al principio, no había puentes,
pero hasta en el río Douro el hombre los supo construir.

Entre Oporto y Gaia,

el primero era frágil,
el segundo oscilaba mucho,
el tercero es unidireccional,
el cuarto está abajo y arriba.

El quinto encanta a los ingenieros,
el sexto agrada a los arquitectos,
el séptimo es un viaducto,
el octavo vuela de allá para acá.

El noveno pretende ser de acero inmaculado,
el décimo se inclinará en deferencia,
y el decimoprimero será una escultura.

3 NOVAS PONTES

No princípio, não havia pontes,
mas até no rio Douro o Homem as soube construir.

Entre o Porto e Gaia

a primeira era frágil,
a segunda oscilava muito,
a terceira é unidireccional,
a quarta está em baixo e em cima.

A quinta encanta os engenheiros,
a sexta agrada aos arquitectos,
a sétima é um viaduto,
a oitava voa de lá para cá.

A nona pretende ser em aço imaculado,
a décima inclinar-se-á em deferência,
e a décima primeira será uma escultura.