

DOS CASOS DE INTERVENCIÓN EN OBRAS PÚBLICAS ARAGONESAS. LA RESTAURACIÓN DEL PUENTE DE NUESTRA SEÑORA DEL PILAR Y EL CANAL IMPERIAL

JAVIER MANTEROLA ARMISÉN
Ingeniero de Caminos

Si existe una definición de lo que es un puente, yo puedo decir que “un puente es el resultado de su propia historia”, nunca he encontrado otra mejor. Razón esta por la cual a lo largo de mi vida profesional como diseñador de puentes y como docente de puentes, he prestado especial importancia a la historia de los puentes. La historia considerada como conocimiento actuante necesario para el que quiera saber y diseñar puentes hoy en día.

Un profesor mío de puentes, Carlos Fernández Casado, decía, ejemplificando este concepto y refiriéndose al puente romano de Alcántara de Extremadura, “que nadie se atreva a proyectar un puente si antes no ha pasado por Alcántara”. Y este hecho que se puede considerar como metafórico de valoración de una obra antigua, lo decía y lo reafirmo yo, que es cierto en sentido casi literal. Ciertamente se puede diseñar y construir un puente sin haber pasado por Alcántara, pero entonces lo que se hace es materializar la función de pasar de un lado a otro. Pero eso solo es la conversión de un puente en objeto. Conocemos un montón de tipos de puentes y su ámbito de aplicación, una técnica en suma, que aplicamos a un determinado sitio para resolver un problema de paso sobre un río, una autopista, etc, etc. Pero para otro, que ama los puentes, los siente y quiere dar un paso más a su desarrollo, en toda la amplitud de la palabra, el que desea ir más allá que los demás, para este otro visitar el puente de Alcántara es imprescindible.

Es un puente que está dentro del entorno de cualquier ingeniero español y que nos trasmite el qué de ser puente, pasar de un lado a otro, crear orillas que diría Heidegger. Nos enseña cómo se materializa una manera de ordenar la materia,



Puente de Alcántara

cómo debe ser el tamaño de sus dovelas, configuración y orden en su disposición para constituir algo que llamamos puente. Después de ver Alcántara podemos decir que hemos visto un puente, un buen puente y empezamos a entender, a penetrar en el qué de los puentes. Alcántara es un puente romano, el más importante puente romano que queda en Europa y además es un puente de piedra. Piedra elegida, tallada según la configuración de dovelas que se ordenan según la forma arco, para constituir el soporte a una plataforma horizontal (la calzada) también de piedra.

Toda una definición que mutatis mutandis se puede aplicar a los puentes que se hacen a lo largo de más de 2000 años, desde el tiempo que Uds. quieran hasta el siglo XIX. 2000 años haciendo puentes de piedra, el mismo puente de piedra.

La estructura de todos ellos es la misma, la que acabo de definir y su forma exterior variará con la época, el gusto del diseñador y su posición. Tenemos puentes romanos, románicos, góticos, renacentistas, barrocos, neoclásicos. Todos los estilos artísticos clásicos tienen su correlato en los puentes de piedra y su configuración exterior cambiará con la época pero su estructura interna se mantiene idéntica.

Hay puentes de piedra hermosos y feos, bien o mal diseñados, pertenecientes a un estilo u otro y diseñados por arquitectos como Herrera o Pedro Ribera para atender solo a dos arquitectos que vivieron y trabajaron en España y diseñaron puentes. De todos ellos, de todos los miles de puentes que hay en España probablemente el de Alcántara sea uno de los más hermosos. Un ingeniero actual, cuan-

do analiza los puentes de piedra, yo por ejemplo, no se fija en su datación histórica, ni busca en la historia el valor de un puente, lo que busca es entender mejor los puentes, conocimiento imprescindible para realizar hoy su profesión con plenitud. Un ingeniero actual, normal, aquel que no tiene una afición especial a conocer el origen de cada puente, a su autor o autores, a fecharlo, a estudiarlo como una lección de historia viva, necesita sin embargo fijarse en esos puentes de piedra para aprender qué es un puente y entender que las preguntas que se hace sobre su oficio ya se las hacían, quizás de la misma manera, 2000 años antes. Aprende a conocer los problemas que desde siempre ha supuesto la cimentación en los ríos, a conocer cómo se las ingeniaban aquellos ingenieros romanos o góticos para elegir la calidad de la piedra, los procedimientos de construcción, etc, etc. Pero también este ingeniero actual empieza a entender el puente a través de su belleza. Como todo lo que existe, la estética de cualquier puente se configura eligiendo, distinguiendo, ordenando, clasificando y comparando todos los puentes. Unos empieza a entender de puentes de esta manera y no hay otro procedimiento. Los libros le ayudan a uno a guiarse en ese proceloso mundo de la enorme diversidad para llegar a su esencia, lo que se dice entender y entenderlos solo se consigue viendo y comparando puentes.

La historia del arte experimenta un quiebro, una rotura de su trayectoria, a principios del siglo XIX, con la revolución industrial. El hombre, el ingeniero aparece, desgajándose del arquitecto porque tiene otra manera de mirar lo construido y esa otra manera es mirar la construcción a través de la ciencia. Con el procedimiento de prueba y error habrá producido un desarrollo raquíutico de la estructura de los puentes de piedra a lo largo de 2000 años de historia, sin embargo, la revolución industrial y su desarrollo a lo largo del siglo XIX produce tal cambio en el entendimiento de los construido que lo transforma de una manera radical.

La estética de los puentes cambia, un puente metálico también puede ser hermoso y además mas hermoso que cualquier puente de piedra. Y se puede entender de puentes metálicos, distinguiendo cuando uno es mejor que otro y además por el mismo procedimiento que sigue la humanidad para distinguir y calificar uno de otro puente de piedra.

Resulta que no solo los puentes de piedra son los que se deben conservar, como presencia de lo que un día fue pensar el qué de los puentes, también los puentes metálicos del siglo XIX y los del XX y los del XXI. Todos los puentes, sea cual sea su origen si son hermosos, si añaden algo a lo que había antes, se deben apreciar, disfrutar, amar y sentir y no solo los de piedra.

Si me dijese qué aprecio más, qué valoro más, en el sentido más radical de la palabra, yo podría decir que prefiero un puente metálico del siglo XIX a casi cual-

quier otro puente de piedra, Y digo casi, pues, como Alcántara, hay puentes formidables se mire como se mire y se date como se date.

Desde esta manera de pensar me enfrenté con la construcción del puente del Pilar, y en esto no estuve solo, pues el Ayuntamiento y sus ingenieros, Sres. Cerezo, Júlvez y muchos otros, entendieron el problema de una manera similar y lo apoyaron.

Que yo esté diciendo en Zaragoza que el antiguo puente metálico del Pilar, que se construyó a finales del XIX o principios del XX, lo prefiera al puente romano de esta misma ciudad, puede sonar a herejía y sin embargo es cierto. Y en esta afirmación deben Uds. dispensar mi elección si consideran que en esa preferencia yo introduzca con un peso específico fuerte mi interés. Para mí el puente viejo del Pilar ofrece mucho más interés que el puente romano, vecino de aguas abajo y cuya presencia ha configurado esta ciudad, la que ha comunicado a lo largo de todos los siglos la margen derecha del Ebro con la izquierda, permitiendo el paso del zaragozano hacia el norte.

Estaba yo trabajando aquí, en la ampliación del puente de la Almozara, cuando recibimos, alarmados, la noticia de que el viejo puente metálico del Pilar tenía un grado de corrosión, en el cordón inferior de las cerchas que lo sostienen, altísimo, que hacía peligrar la capacidad resistente de un puente imprescindible para la ciudad.

Trabajando junto a los ingenieros del ayuntamiento y después de verificar la gravedad de las alarmantes noticias, lo primero que hicimos fue reducir, drásticamente, a la mitad, la carga que recibía el puente, lo cual no hicimos con señalización, sino materializando físicamente la zona por la que se podía circular y recibimos el encargo de redactar un nuevo proyecto.

En Europa, como en Zaragoza, estos puentes están situados en puntos neurálgicos de la ciudad. Las calles están ordenadas en la dirección del puente para poder atravesarlo y pasar a la otra orilla del río. Cuando la corrosión avanza, y esto ha pasado en toda Europa, lo normal es tirar el puente antiguo y sustituirlo por otro nuevo, así el ordenamiento de la ciudad no varía. Se han utilizado todos los procedimientos imaginables de sustitución, pues siempre el problema se presentaba con carácter de urgencia. No se podía tirar el puente hasta que se tuviese el nuevo, pues había que seguir pasando, cruzando el río. No voy a entrar en estos procedimientos de construcción y sustitución pues ocuparía mucho tiempo.

La solución la encontré proponiendo la construcción de dos puentes nuevos, que saliesen y llegasen al mismo punto donde la ciudad se configuraba y ordenaba desde siempre y así se permitiese conservar el viejo puente en toda su integridad.



Puente de Nuestra Señora del Pilar (Zaragoza). Estado actual

Y había varias razones para todo esto. En primer lugar el puente antiguo aunque se reparase no se podía ampliar por su constitución de su propia estructura y esta era una condición necesaria pues la anchura del puente, muy estrecha, impedía el desarrollo del tráfico de vehículos de finales del siglo XX, infinitamente mayor en número y carga que la existente en el momento en que se construyó.

El tráfico rodado pasaría de uno a otro lado del río por los dos nuevos puentes y el viejo puente lo convertiríamos en paso de peatones. Después de repararlo, habida cuenta de su incapacidad para que sirviese para el paso de vehículos, se convertiría en un magnífico paso de peatones.

Había otra intención en nuestro diseño. Pasar de una margen a otra podía hacerse en línea recta o curva. Nosotros elegimos la curva, pues cumpliendo las condiciones funcionales, no aplastábamos al puente viejo con la proximidad del nuevo, o de los nuevos y además curvando las calzadas conseguíamos separarlos del mismo, creando una especie de orla, una guirnalda al viejo puente, al muy hermoso viejo puente del Pilar.

El puente nuevo, el que se va a dedicar al paso de vehículos se divide en dos, uno por cada lado del viejo puente, y por esa misma razón son estrechos, dos carriles cada uno con sus servicios correspondientes, aceras, arcenes y defensas correspondientes.



Puente de Nuestra Señora del Pilar (Zaragoza). Pilas del nuevo puente

¿Cómo interviene el viejo puente en el diseño del nuevo? En primer lugar adoptando la misma luz y alineando las pilas entre sí para conservar las condiciones hidráulicas del río. En segundo lugar debíamos hacer un puente delgado, que no sobresaliese nada hacia arriba, que pudiese ocultar al antiguo, pero además las pilas del puente nuevo están dispuestas como saliendo de las del viejo, configurando un nuevo espacio interior con su forma inclinada. La belleza del puente nuevo emerge de la presencia del antiguo y está en no competir, no aprisionar, no ocultar al viejo hermoso puente metálico.

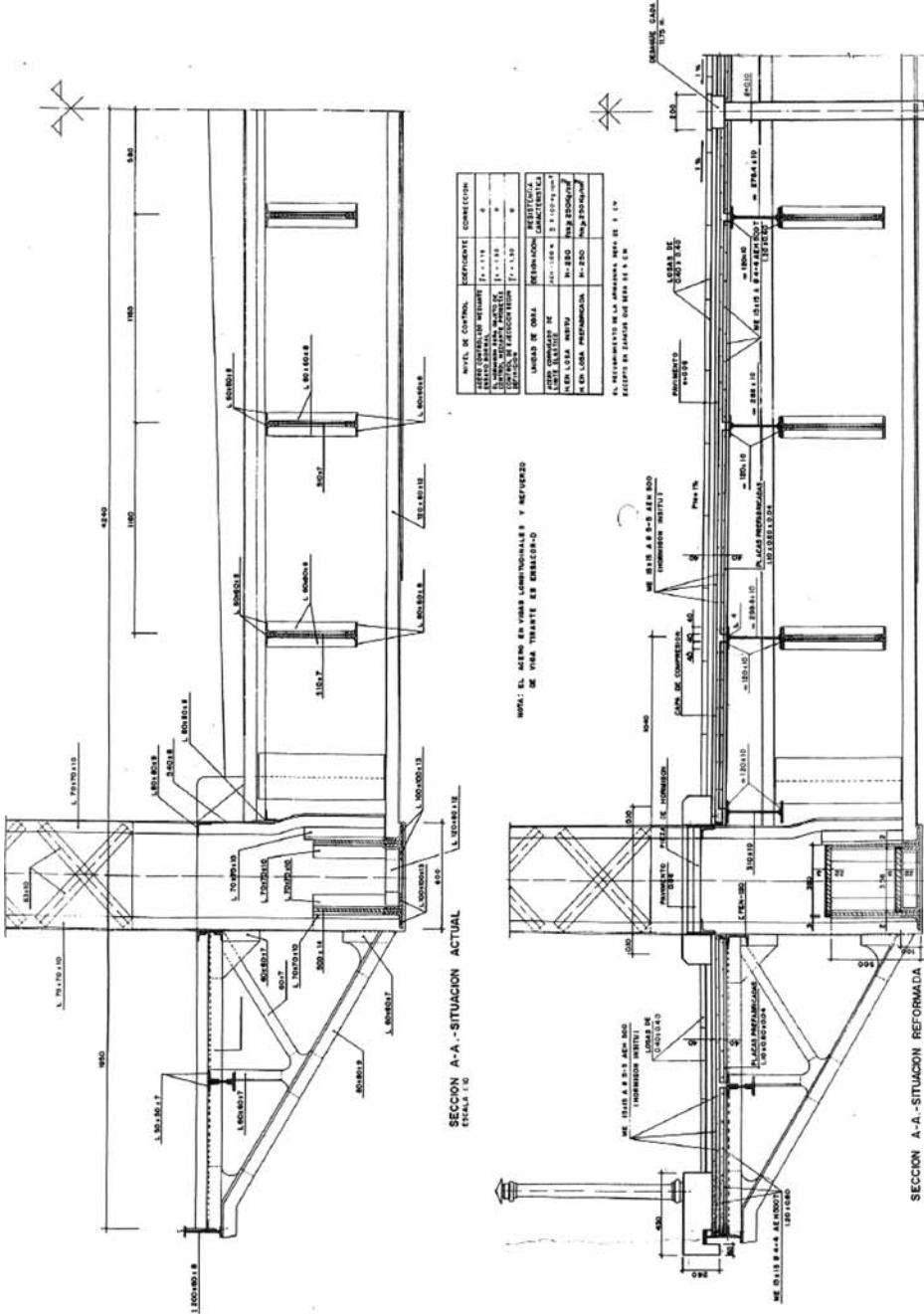
Estas condiciones determinan para los nuevos puentes unos radios de curvatura en planta de 465,0 m, unas luces entre pilares de 47,0 m, un canto de 1,8 y la utilización del hormigón pretensado.

El puente y las pilas se pintaron de un color gris claro suave que mejora y uniformiza su aspecto.

No es objeto de esta conferencia decir que la construcción de los puentes nuevos la realizamos por empujes sucesivos desde la margen derecha y que su aspecto final satisfizo nuestras expectativas.

Pero ¿cómo restauramos el viejo y hermoso puente metálico cuya terminación se puede cifrar con muy poco error en 1900 ó 1901?

En España hay pocos puentes de este tipo y todos presentan el mismo problema, la parte superior del puente, la que se ve, está bien conservada, lo que está por



Detalle del proyecto del nuevo puente de Nuestra Señora del Pilar

debajo del tablero de soldadura, simplemente no está conservada. Cuando intervinimos llevaba 90 años sin tocar y en un grado de corrosión muy importante, lo que había producido una merma de seguridad de la obra significativa. Nosotros hemos reparado recientemente otro puente muy similar en Murcia y el problema era casi el mismo, un avanzado estado de corrosión del cordón longitudinal inferior junto con algún otro problema complementario.

Era necesario reforzarlo y para ello lo mejor y menos traumático fue disponer dos platabandas de espesor variable atornilladas, con tornillos de alta resistencia a los nudos principales donde desemboca el cordón superior de la cercha.

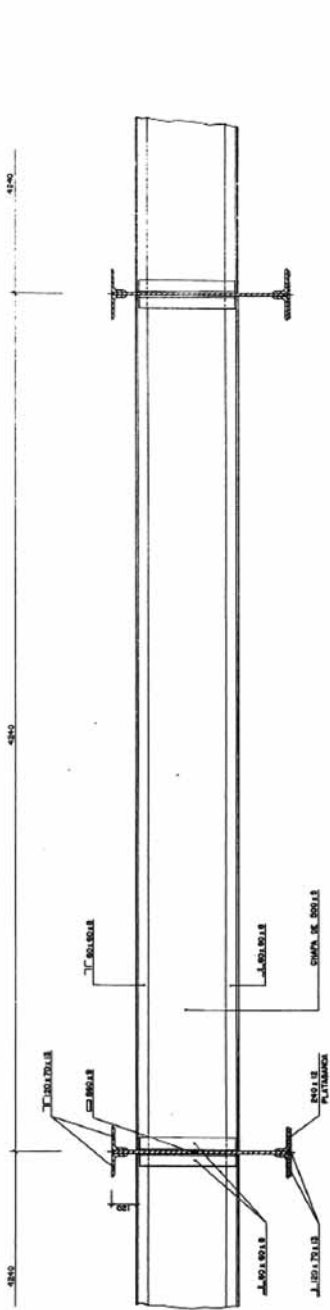
El segundo problema que se presenta siempre es el estado de conservación del tablero, vigas y viguetas, así como los nudos que se producen entre el cordón longitudinal inferior de la cercha, las vigas riostras transversales que sujetan el tablero y los montantes y diagonales que triangulan la cercha. Para ello nosotros, en primer lugar, quitamos el tablero de rodadura del viejo puente. Los nuevos ya estaban en servicio y la circulación de vehículos no se detuvo.

Por repavimentaciones sucesivas el pavimento tenía unos espesores enormes, del orden de 40 y 50 cm en alguna parte. De la misma manera en el espacio que creamos y con la eliminación de las viguetas transversales, dispusimos unas nuevas viguetas metálicas longitudinales a las que solidarizamos un tablero delgado de hormigón armado. En cuanto al nudo hubo que revisarlos, uno a uno, sustituyendo los muy corroídos por otros nuevos.

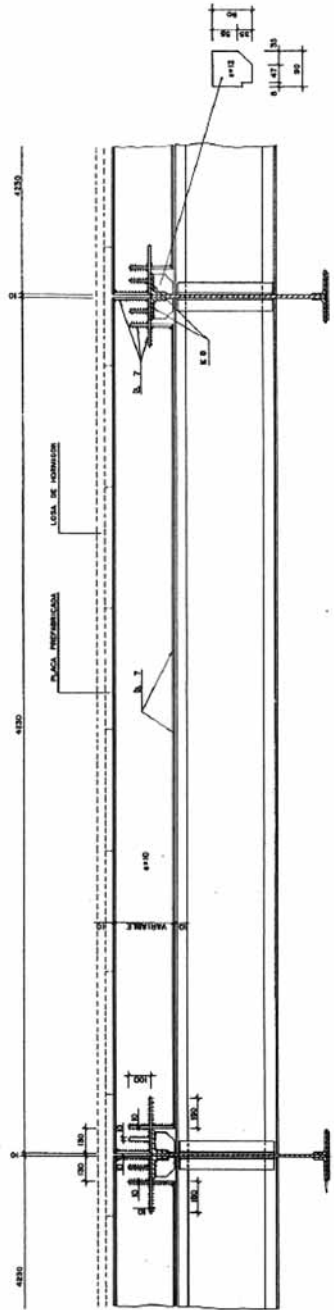
No quiero insistir más, en este lugar ni sobre los apoyos del viejo puente que hubo que sustituirlos ni en otros muchos problemas que se nos presentaron.

Antes de terminar con este puente quisiera concluir con un hecho muy importante. En España y en Aragón existen muchos puentes metálicos con 100 ó 150 años de antigüedad. Generalmente la parte superior, la vista, está en relativo buen estado de conservación, la parte inferior, la no vista, la que se sitúa bajo el tablero de rodadura, estará en muy mal estado. Hay que mejorar con cuidado todos estos puentes, así mantendremos, sin perderlo, un patrimonio riquísimo que existe en nuestro país. Yo amo mucho este patrimonio y debemos estar orgullosos de conservarlo, pero ha sido la sequedad de nuestro país la que nos ha ayudado mucho, no nosotros. Además en el extranjero, la piqueta ha sido mucho más expeditiva y se cargaba cualquier cosa que estorbaba a un desarrollo mucho más dinámico que el nuestro y que además se produjo cuando la conciencia de la necesidad de conservar el patrimonio antiguo no estaban tan extendida como ahora.

Dos consideraciones finales, empecemos a entender de puentes del siglo XIX, empecemos a amarlos pues eso garantizará que los miremos, por dentro y por fue-



SECCION LONGITUDINAL . SITUACION ACTUAL
ESCALA 1:30



SECCION LONGITUDINAL . SITUACION REFORMADA
ESCALA 1:30

NOTA EL ACERO ES ENRACOR-O EN NUEVA VISA LONGITUDINAL

Detalle del proyecto del nuevo puente de Nuestra Señora del Pilar

ra, y en segundo lugar conservémoslos, pues son irrepetibles, más irrepetibles que nuestros viejos puentes de piedra.

El segundo punto que los organizadores de estas jornadas me han encargado es hablar de lo que hicimos en y con el Canal Imperial de Aragón en su cruce con el cinturón nuevo de Zaragoza, la vía de la Hispanidad.

Por ser el Canal Imperial de Aragón un Bien de Interés Cultural, el proyecto del cruce con la autovía de circunvalación fue interminable. Las idas y venidas, planteamientos para adelante y para atrás que hubo que dar fueron infinitas. Finalmente se realizó la operación menos traumática, aquella que producía la menor perturbación para la obra. La planta de la autovía coincide con una vaguada por donde, de una manera natural, se desagüen las lluvias de la zona. El Canal Imperial interrumpe esta vaguada, la cierra salvo en una pequeña abertura de paso del agua y de personas. Los ingenieros que lo construyeron no se anduvieron con chiquitas, cerraron la vaguada en lugar de hacer un acueducto para salvarla. Se limitaron a la construcción de dos muros laterales con espesor variable, creciendo con la altura, hasta alcanzar, en nuestro caso, un espesor en la parte inferior de 2 m. Eran muros de ladrillo y cal. La parte comprendida entre los dos muros se rellenó con tierra hasta una determinada altura, constituyendo la parte superior el canal



La autovía a su paso por el Canal Imperial de Aragón (Zaragoza)



Nuevo canal del Canal Imperial de Aragón (Zaragoza)

propiamente dicho que discurre entre los dos muros y las tierras inferiores, cuya parte superior eran arcillas impermeables.

Su estado de conservación era muy deficiente, oculto por aterramientos, invadido por todo tipo de plantaciones que hacían estragos en la fábrica. Hubo muchas propuestas y la que finalmente prosperó consistió en realizar un nuevo canal, paralelo al anterior y a muy poca distancia, por donde transportar el agua del canal. Para el paso de la autovía era necesario perforar mínimamente los muros de cal y canto para permitir el paso de la autopista. Finalmente se podría disponer agua por el antiguo canal en el caso de que se quisiese.

La construcción del nuevo canal fue difícil, pues quisimos conjugar el paso pesadísimo de las aguas con una configuración resistente que reflejase el hecho de que esa estructura es un canal. Además, el Ayuntamiento nos obligó a colocar dos carreteras de dos carriles, una a cada lado del canal de agua. Terminamos bastante satisfechos del nuevo acueducto y se realizaron las obras de reencauzamiento de las aguas para conducir las de su antigua situación a la nueva. Una vez reconducidas las aguas al nuevo canal se podía proceder a realizar el cruce de la autopista por el canal.

Para ello no se nos permitió realizar nuestra primera idea de desmontar los muros en la situación de interferencia y luego, una vez terminado el paso, reconstruirlo exactamente con el mismo material.

Hubo que realizar el cruce sin desmontarlo. Par realizarlo, después también de muchas vueltas, se realizó por el procedimiento siguiente:

1. Se vació el canal de agua y se eliminaron las tierras que rellenaban el espacio entre los muros, hasta alcanzar la cota del cruce con la autovía. En esta posición de muros vacíos, se produjeron por la parte interior algún desprendimiento significativo de lajas de muros cuya progresión hubo que detenerse por la realización de inyecciones de cal para consolidar los muros.
2. Se realizaron a continuación las bóvedas y los muros laterales de la estructura de soporte del nuevo vial realizando una pantalla de pilotes como soporte y bóvedas clásicas para completar los dos túneles en el interior de los muros.
3. Por la parte exterior de los muros y siguiendo el mismo perfil de las bóvedas interiores se realizaron dos arcos, con sus hastiales correspondientes que se cimentaron con micropilotes. Lo único que quedaba por realizar era la bóveda que soportaba el muro mismo. Para ello se clavaron por encima



Obras de consolidación del antiguo acueducto del Canal Imperial de Aragón (Zaragoza)



Obras de consolidación del antiguo acueducto del Canal Imperial de Aragón (Zaragoza)

de la coronación de las bóvedas, una serie de perfiles metálicos que atravesaban de un lado a otro los muros de cal y canto y estos perfiles se apoyaron en los nuevos arcos exteriores y en las bóvedas interiores ya realizadas.

La hincia y sostenimiento de estos perfiles permitió desmontar los muros inferiores que impedían el paso, construir las bóvedas entre las secciones que quedaban bajo los muros y solidarizarlos con arcos y bóvedas interiores. Se eliminaron los perfiles provisionales de sostenimiento y se inyectó la unión para evitar movimientos en el muro superior que estaba incólume. Se pintaron las bóvedas para darle unidad y se repararon los pocos desperfectos exteriores que quedaban.

Para finalizar este tema solamente decir que no estuvo mal tomarla, a mi entender, la decisión de realizar una perforación mínima de los muros de cal y canto, así como de la estructura para el paso de la autopista, permitiendo que se mantuviese el muro de Pignatelli en toda su extensión y contundencia, apto para presentes y futuros estudios de cual era la constitución de materiales que configuraban los muros del canal. El canal antiguo se recuperó a nivel simbólico. El agua cubrió el espacio entre muros pero sin correr, hecho que se producía por el nuevo canal.