



RECONSTRUCCIÓN DEL PUENTE MANTIBLE LOGROÑES

ANTECEDENTES, ESTUDIOS Y PROCEDIMIENTO

CONSOLIDACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PUENTE MANTIBLE: ARCO
DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO EBRO

Diseño de la publicación: Arenas & Asociados + TRYCSA

Ilustración de portada: Arenas & Asociados

AUTORES:

Conrado Escobar Las Heras, por el prólogo

Jesús M. González Menorca, por los capítulos 1 y 6

José Ignacio Murillo Fragero, por el capítulo 3

Javier Martínez Aparicio y Carmen Molina Barreiro, por el capítulo 4

Guillermo Capellán Miguel, Javier Martínez Aparicio, José Manuel Martínez Torrecilla y Carmen Molina Barreiro, por el capítulo 5 según se explicita en el índice

El contenido de esta revista no podrá ser reproducido, ni total, ni parcialmente, sin previo permiso escrito del autor y editor.

Todos los derechos reservados.

Esta publicación ha sido editada por D. Ignacio García Álvarez de TRYCSA

Depósito Legal: LR 1801–2024

ISBN: 978–84–09–65411–6

Impreso: Gráficas COIGSA

Edición terminada en diciembre de 2024

Printed in Spain – Impreso en España

ÍNDICE	Pág.
1. ANTECEDENTES	5
<i>Autor: Jesús M. González Menorca (Director General de Arquitectura, Regeneración Urbana y Vivienda del Ayuntamiento de Logroño)</i>	
2. FOTOS DEL ESTADO FINAL	11
3. INVESTIGACIONES SOBRE EL ORIGEN DEL PUENTE	15
UBICACIÓN DEL PUENTE MANTIBLE	
DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CONSERVADAS DEL PUENTE MANTIBLE	
ESTUDIO ARQUEOLÓGICO DE LOS RESTOS CONSERVADOS EN LA ORILLA IZQUIERDA	
ESTUDIO ARQUEOLÓGICO DE LOS RESTOS CONSERVADOS EN LA ORILLA DERECHA	
SECUENCIA DOCUMENTADA: CONSTRUCCIÓN, ABANDONO Y RUINA DEL PUENTE	
INTERPRETACIÓN HISTÓRICA DE LA SECUENCIA DOCUMENTADA EN EL PUENTE MANTIBLE	
BIBLIOGRAFÍA	
<i>Autor: José Ignacio Murillo Fragero (Urbe pro Orbe Patrimonio Cultural)</i>	
4. ESTADO PREVIO A LA OBRA	31
FOTOS DEL ESTADO PREVIO A LA OBRA	
PROCESOS DE DETERIORO	
<i>Autores: Javier Martínez Aparicio (Arenas & Asociados) y Carmen Molina Barreiro (TRYCSA)</i>	
5. RESTAURACIÓN	35
CRITERIOS GENERALES DE RESTAURACIÓN ⁽¹⁾	
CRITERIOS PARTICULARES PARA LA ANASTILOSIS ⁽¹⁾	
ESTABILIZACIÓN DE LA PILA ⁽²⁾	
RECUPERACIÓN DE LAS DOVELAS ⁽²⁾	
EJECUCIÓN DE LA ANASTILOSIS ⁽²⁾	
DESCIMBRADO ⁽²⁾	
CORONACIONES ⁽²⁾	
AUSCULTACIÓN ⁽²⁾	
DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA ⁽²⁾	
<i>Autores:</i>	
<i>(1) Guillermo Capellán Miguel, Javier Martínez Aparicio (ambos de Arenas & Asociados) y José Manuel Martínez Torrecilla (QARK Arqueología)</i>	
<i>(2) Guillermo Capellán Miguel, Javier Martínez Aparicio (ambos de Arenas & Asociados) y Carmen Molina Barreiro (TRYCSA)</i>	
6. EPÍLOGO	53
<i>Autor: Jesús M. González Menorca (Director General de Arquitectura, Regeneración Urbana y Vivienda del Ayuntamiento de Logroño)</i>	
7. PARTICIPANTES	55

PRÓLOGO

Queridos conciudadanos y amigos de nuestra querida Logroño:

Nuestra ciudad presenta esta publicación dedicada al Puente Mantible, una joya de nuestro patrimonio histórico que sigue despertando admiración y curiosidad tanto entre los habitantes de Logroño como entre los visitantes que acuden a descubrir nuestras maravillas.

El Puente Mantible es mucho más que una estructura de piedra que cruza el Ebro; es un testigo silencioso de la historia que ha visto pasar siglos de cambios, avances y desafíos. Este puente es un símbolo de la capacidad humana para conectar, unir y trascender las barreras del tiempo y el espacio. A través de sus restos, podemos vislumbrar la grandeza y el ingenio de nuestros antepasados y comprender mejor el legado que hemos heredado.

Esta publicación no solo es un tributo a la magnificencia arquitectónica del Puente Mantible, sino también un esfuerzo por preservar su memoria y transmitir su importancia a las futuras generaciones. En sus páginas encontrarán una rica compilación de investigaciones, historias y anécdotas que nos permitirán adentrarnos en el fascinante universo de este monumento y su entorno.

Quiero agradecer a todos los profesionales que han contribuido a hacer realidad esta obra. Su dedicación y pasión son fundamentales para mantener viva la llama de nuestra historia y asegurar que logros como Mantible no queden en el olvido.

Invito a cada lector a sumergirse en este viaje a través del tiempo, a valorar y proteger nuestro patrimonio, a sentirse orgulloso de ser parte de una ciudad que aprecia y honra su pasado mientras construye un futuro próspero y sostenible.

Con mis más sinceros saludos y agradecimientos,



Conrado Escobar Las Heras

Alcalde de Logroño

1. ANTECEDENTES

El Puente de Mantible está declarado Monumento Nacional por Decreto 430/1983. Geográficamente los restos del Puente de Mantible se sitúan a ambos márgenes del río Ebro a unos siete kilómetros al noroeste de Logroño en un pronunciado meandro del río Ebro. Se conservan dos arcos del puente, uno en la margen derecha, próximo al barrio de El Cortijo, en Logroño, Comunidad Autónoma de La Rioja, y otro en la margen izquierda, próximo al barrio de Laserna de Laguardia, Álava, en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Se ubica en las coordenadas UTM (ETRS89, huso 30) siendo X=540.450 e Y=4.706.500.

En su reconstrucción ideal, según los estudios históricos preliminares, se dice que podría tratarse de una obra de origen romano (siglo II d.C.) de unos 164 metros de longitud, construido en sillería con siete arcos de medio punto de diferentes luces. Otros estudios recientes datan la construcción de época medieval. Inicialmente, científicamente tan solo está constatada la conservación del estribo de la margen derecha, del primer arco de esta margen y del tercero, además de las bases de las cepas cuarta, quinta y sexta, existiendo inicios para poder pensar que tuvo una longitud mayor a la estimada en los primeros estudios.

Este Bien de Interés Cultural, BIC, Monumento Nacional, corresponde a una potente construcción realizada en fábrica de piedra de sillería, ejecutada con elementos de grandes dimensiones. El arco de la margen izquierda tiene una luz de 20,40 metros y una altura libre de paso de 11,90 metros medida desde la cota de la lámina de agua del cauce habitual, y el de la margen derecha, el riojano, una luz de 10,20 metros y una altura libre de paso 10,20 metros medido desde el cauce.

En diciembre de 2017 los redactores del trabajo de “Documentación Geométrica del Puente Mantible, Logroño (La Rioja) y Laguardia (Álava)”, D. Álvaro Rodríguez Miranda y D. José Manuel Valle Melón, del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio del Grupo de Investigación en Patrimonio Construido de la Universidad del País Vasco, GPAC (UPV–EHU), se pusieron en contacto con los técnicos municipales al objeto de dar cuenta del mal estado estructural del arco situado en la margen derecha. Realizada una visita al Monumento se constató la caída de dovelas y la necesidad urgente de ejecutar obras.

La Ley 7/2004 de Patrimonio Cultural Histórico Artístico de La Rioja establece que todas las Administraciones Públicas colaborarán en la más eficaz defensa, conservación y difusión del patrimonio cultural, histórico y artístico mediante recíprocas relaciones de plena cooperación, comunicación, asistencia mutua, e intercambio de información, sin perjuicio de estimular en todo momento la participación de la sociedad en aquellas tareas. El espíritu de la Ley está claro, pero la situación se hace mucho más difícil cuando el Monumento no tiene Ficha Catastral, ni figura en el Registro de la Propiedad. Los trámites administrativos se complican aún más cuando, de los dos arcos de Puente Mantible, el situado en la margen derecha lo está en el Término Municipal de Logroño, Comunidad Autónoma de La Rioja, ámbito de competencia del Servicio de Conservación de Patrimonio de la Consejería de Cultura y del Consejo Superior de Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja, y el control fluvial del río Ebro compete a la Confederación Hidrográfica del Ebro, con sede central en Zaragoza. Y, por su parte, el arco de la margen izquierda está situado en el término municipal de Laguardia, Provincia de Álava, que depende de los órganos administrativos de la Comunidad Autónoma del País Vasco y el control fluvial lo realiza la entidad del Gobierno Vasco Uraren Euskal Agentzia, URA, Agencia Vasca del Agua.

Frente a este panorama de gestión tan complicado, para poder dar inicio a la intervención se requirió redactar el documento de “Propuesta de Actuaciones Municipales en Puente Mantible de Logroño”, redactado en diciembre de 2017 por los técnicos de la Oficina de Rehabilitación y Centro Histórico, donde se describen las características de los dos arcos del puente, de su estado de conservación, sus patologías y las deformaciones estructurales existentes. Este documento ya indicaba la necesidad de acometer una intervención urgente de

consolidación del arco situado en la margen derecha del Río Ebro. Documento de Propuesta de Actuaciones Municipales que obtuvo el Informe Favorable del Consejo Superior de Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja en su sesión del 1 de marzo de 2018.

Continuando con el objetivo de consolidar el puente, el 28 de marzo de 2018 se emite informe técnico en que se ponen de manifiesto las graves deficiencias estructurales existente y el peligro de derrumbe del arco del Puente Mantible situado en la margen derecha del río Ebro, proponiendo efectuar la contratación por emergencia de las obras de consolidación del arco de la margen derecha y de la asistencia técnica de la dirección de obra, aportando todos los documentos requeridos para ello y la solicitud de retención de crédito para llevar a cabo la actuación.

La primera dificultad a superar fue la de justificar que el Ayuntamiento era el competente para intervenir en el Monumento, pues ni existían escrituras del puente, ni disponía de ficha catastral, ni estaba registrada la propiedad de este bien y, además, está en el cauce del río Ebro, ámbito que se consideraba era competencia exclusiva de la Hidrográfica del Ebro. La investigación realizada por los Servicios Jurídicos de asistencia a los Servicios Técnicos encontró un informe de la Federación Española de Municipios y Provincias que aclaraba las competencias municipales en los cauces y jurisprudencia en supuesto similar, donde la sentencia reconocía que el Ayuntamiento es competente para realizar obras en el cauce de un río situado en su término municipal siempre que no invada competencias propias de la Hidrográfica.

Después de reiterar insistentemente la grave situación estructural apreciada en el puente y la necesidad de realizar las obras de consolidación imprescindibles por emergencia para su consolidación y justificada la competencia municipal para ejecutar obras, el 4 de junio de 2018 se emitió informe desde la Dirección General de Contratación del Ayuntamiento de Logroño que determinó que en base a lo establecido en el artículo 72 del Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas la ejecución de obras por emergencia *“solo procede en los casos taxativos del apartado 1 de dicho artículo, es decir, acontecimientos catastróficos, situaciones que supongan grave peligro o necesidades que afecten a la defensa nacional”*, determinando que se contrataran mediante un procedimiento abierto simplificado.

Ante estas nuevas e inesperadas dificultades administrativas, en junio se realizó un vallado perimetral del Monumento al objeto de prevenir a los transeúntes frente al peligro de caída de elementos de las fábricas del puente y se inició una serie de contratos encadenados para profundizar en el conocimiento de las características constructivas del Puente Mantible y en el análisis de sus patologías; estudios previos con los que emitir un diagnóstico científico y preciso de su estado y, conforme a las conclusiones obtenidas, dictaminar la actuación más apropiada para conseguir su consolidación estructural. Resultado de dichos contratos se realizaron ensayos de materiales en los laboratorios de TÜD SÜD IBREICA, S.A.U. emitiendo informe los geólogos D^a Rut Jiménez San Pedro y D. Alberto Bandrés Martínez, que determinaron la composición y resistencia de la piedra utilizada en la construcción del puente; el informe subacuático de CIOMAR S.L., que definió geométricamente la oquedad existente bajo la pila, generada por la erosión de las aguas del Ebro; y, finalmente el más determinante, contratado con VAULT ZAFRA S.L.P. que elaboró un informe de evaluación de cargas, diagnóstico y propuesta de actuación de Consolidación Estructural del Puente Mantible, documento suscrito por el Arquitecto D. Manuel Fortea Luna, decisivo para justificar el delicado estado estructural del Monumento y encaminar el proceso de ejecución de las obras.

Por imperativo de la Confederación Hidrográfica del Ebro, el redactor del proyecto de consolidación del puente debía ser un Ingeniero de Camino Canales y Puertos y para ello se efectuó un contrato de asistencia técnica (Expte. O.08 CON21–2020/0044) del que, por acuerdo de la Junta de Gobierno Local de fecha 29 de julio de 2020, resultó adjudicatario ARENAS Y ASOCIADOS, INGENIERIA DE DISEÑO, S.L.P.

El Proyecto redactado por ARENAS Y ASOCIADOS, INGENIERIA DE DISEÑO, S.L.P. fue suscrito por los Ingenieros de Caminos Canales y Puertos D. Guillermo Capellán y D. Javier Martínez Aparicio con fecha de septiembre de 2020. En la sesión del 30 de diciembre de 2020 la Junta de Gobierno Local se aprobó el proyecto de ejecución y se inició el procedimiento de contratación de las obras de Consolidación y Restauración del Puente Mantible (arco de la margen derecha del río Ebro), situado en Logroño (La Rioja).

Transcurridos casi tres años desde que los Servicios Técnicos de la Oficina Municipal de Rehabilitación y Centro Histórico presentasen su primer informe proponiendo realizar por emergencia las obras de consolidación de Puente Mantible, por fin se conseguía iniciar el “procedimiento simplificado de adjudicación, con licitación electrónica, mediante valoración de varios criterios y tramitación ordinaria” de las obras de consolidación; plazos ajustados al procedimiento determinado por la Dirección General de Contratación, que conforme a su criterio era el modo correcto de obrar ajustado a lo que establecía el Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

Encontrándose la contratación de las obras en periodo de licitación, el 24 de enero de 2021 se produjo la caída del arco del Puente Mantible situado en la margen derecha del Río Ebro, el de Logroño. Situación que supuso un incremento exponencial de riesgos para el Monumento, pues ante los impulsos de la acción fluvial de caudal incontenible del río Ebro se demandaba realizar una intervención con urgencia para evitar que a continuación fuese la propia pila la que cayese al fondo de las aguas del cauce del río.

Tras el siniestro, reunidos Corporación, responsables de Intervención, Contratación y Técnicos Municipales se determinó actuar realizando la reconstrucción por anastilosis del arco siniestrado, anteponiendo lo establecido en la Ley 9/2017 sobre la Ley 16/1985 estatal y la Ley 7/2004 de La Rioja. Producto de ello se contrató asistencia técnica con ARENAS Y ASOCIADOS, INGENIERIA DE DISEÑO, S.L.P., quienes redactaron el proyecto Modificado necesario correspondientes a las obras de referencia cuyos detalles se exponen en los apartados siguientes de esta publicación.

2. FOTOS DEL ESTADO FINAL



Fig. 1: Estado restaurado de vista desde aguas arriba desde margen izquierda



Fig. 2: Estado restaurado de vista desde aguas abajo desde margen izquierda



Fig. 3: Estado restaurado de vista desde aguas arriba desde margen derecha



Fig. 5: Estado restaurado de vista desde de aguas abajo



Fig. 4: Estado restaurado de vista desde aguas abajo desde margen derecha



Fig. 6: Estado restaurado de vista desde de aguas arriba



Fig. 7: Estado restaurado con vista de intradós del arco desde aguas arriba



Fig. 8: Estado restaurado con vista de intradós del arco desde aguas abajo

3. PARTE I: INVESTIGACIONES SOBRE EL ORIGEN DEL PUENTE

UBICACIÓN DEL PUENTE MANTIBLE

El tramo medio del río Ebro separa las provincias de Álava y Navarra, situadas al norte, de la de La Rioja, al sur. A esta altura, el río aun no recibe el aporte de los grandes afluentes navarros de origen pirenaico, pero se alimenta de afluentes como el Oja, el Tirón y el Najerilla asegurándole un caudal estable con un cuadro de avenidas generalizadas entre los meses de diciembre y marzo. Antes de alcanzar la ciudad de Logroño, a su paso por el meandro de Assa (Lanciego, Álava), el Ebro conserva restos del arruinado puente Mantible con un arco en pie localizado en la margen izquierda, terrenos de Laserna que corresponden al termino alavés de Laguardia. Otro arco en la orilla derecha, declarado Monumento Histórico en 1983 (Real Decreto 430/1983, de 25 de enero) y ubicado en terrenos de El Cortijo, barrio del municipio riojano de Logroño, consiguió mantenerse en pie hasta el 24 de enero de 2021. Lamentablemente, las deformaciones que presentaba no le permitieron soportar los efectos de una crecida ordinaria del caudal del río.



Fig. 9: Vista del puente Mantible desde la orilla izquierda aguas abajo (Años 1959–1965; Archivo de Álava, ES.01059.ATHA.ENC.CD.32372–32374)

El curso fluvial del Ebro en la zona elegida para la construcción del puente Mantible, a unos pocos kilómetros aguas arriba de Logroño, corresponde a un amplio y llano valle abierto a través de depósitos continentales de la edad terciaria. Las orillas del río dejan a la vista el borde de lechos, de alturas diferentes, de arenisca calcárea, en columnas combinadas con lechos de arcilla e incluso material yesífero. El puente se levanta directamente sobre esta piedra firme, material de fácil extracción y transporte que también se emplea para su construcción. En las cercanías, a unos 200 m aguas arriba, la orilla alavesa muestra una amplia losa donde se han reconocido huellas de extracción que aprovechan las grietas naturales de la roca (Martín y Moya 1972, 171).

DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CONSERVADAS DEL PUENTE MANTIBLE

El puente Mantible permitía salvar un marcado desnivel entre las cotas de la orilla alavesa, a menor altura, y la riojana. La descripción de los siete soportes y los dos arcos conservados permitieron a Martín y Moya (1972, 172) interpretar un puente de siete arcos de sección alomada con un tablero de 5 m de anchura y 164 m de longitud en el eje este–oeste. Hemos podido comprobar que, cuando el río presenta crecidas, su caudal utiliza todos sus arcos.

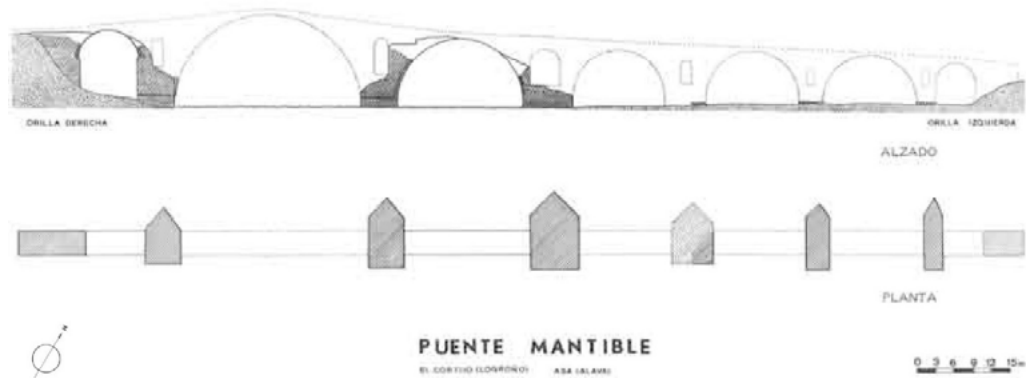


Fig. 10: Reconstrucción interpretativa del puente Mantible (Martín y Moya 1972, 172)

Por un lado, en la actualidad conservamos los restos de un estribo, el occidental, y seis pilas de dimensiones y distancia entre ellas diferentes, con tajamares apuntados y espolones rectos. El estribo y las tres pilas más occidentales conservan toda su altura. Sin embargo, de las tres pilas orientales, solo conservamos sus primeras hiladas, las cuales han sido recientemente documentadas arqueológicamente (Martínez y Sánchez 2021, 26).

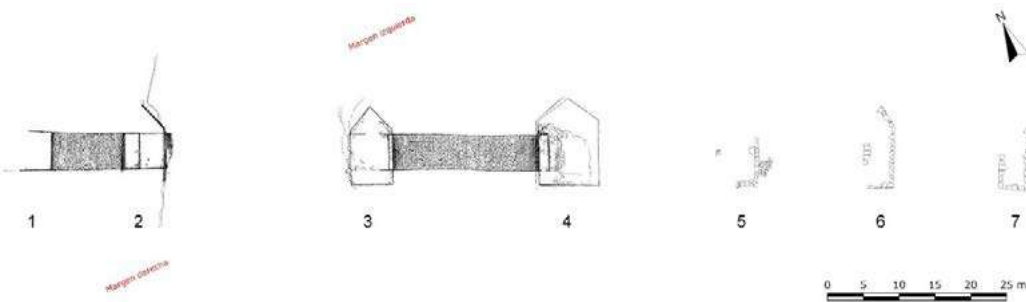


Fig. 11: Planta de los restos conservados del puente Mantible después de la excavación arqueológica de la orilla izquierda (a partir de Martínez y Sánchez 2021, 40)

Por otro lado, conservamos un arco intermedio de medio punto del puente en la orilla izquierda. Y hasta hace bien poco, conservábamos otro arco de menor luz en la orilla riojana o derecha, correspondiente al arco de acceso al puente desde ese lado.



Fig. 12: Vista aguas abajo del arco de la orilla derecha del puente Mantible (Año 1970; Archivo Histórico Provincial de la Rioja, Fondo Patrimonio Histórico)

Los arcos en pie cuentan en sus tímpanos con restos de amplios aliviaderos abovedados, huecos que también pudieron tener los tímpanos de los arcos perdidos, según investigadores anteriores (Gómez 1857, 26–27; Martín y Moya 1972, 170). De acuerdo con éstos, los siete arcos serían de medio punto, con luces y flechas

diferentes. El correspondiente al segundo arco desde la orilla derecha, a través del cual discurre el cauce en condiciones normales de caudal, era el más ancho y probablemente el que alcanzaba mayor altura. El arco conservado en la orilla alavesa presenta en su tablero tres cajeados longitudinales de mampostería que han sido interpretados como conductos para el regadío de los terrenos de las poblaciones inmediatas (Gómez 1857, 27; Moreno Garbayo 1943, 5).

Los autores que se han preocupado por las medidas del puente han propuesto diferentes dimensiones (Martín y Moya 1972; Fortea 2019). Para las pilas de la orilla izquierda, seguimos las recogidas por el reciente estudio de Martínez y Sánchez (2021, 26), y para las del estribo y la pila de la orilla derecha, empleamos mediciones propias.

	Estribo	Pilas											
	1 Orilla derecha		2		3		4		5		6		7 Orilla izquierda
Anchura máxima	5.21		5.98		5.85		8.70		6.05		4.30		3.96
Longitud máxima	10.50		10.73		10.82		12.65		>6.90		11.35		>8.20
		Luz arcos											
Longitud máxima		9.30		26.20		19.60		16.42		14.63		14.73	

Fig. 13: Tabla con dimensiones, en metros, de los restos conservados del puente Mantible

ESTUDIO ARQUEOLÓGICO DE LOS RESTOS CONSERVADOS EN LA ORILLA IZQUIERDA

Recientemente, se ha llevado a cabo el estudio arqueológico de los restos del puente conservados en la orilla izquierda o alavesa del río Ebro (Martínez y Sánchez 2021). Por un lado, desde el marco metodológico de la Arqueología de la Arquitectura, se ha efectuado el análisis de las dos pilas en pie (Pilas 3 y 4) y del arco que soportan. Por otro, se ha realizado la excavación y registro del arranque de las tres pilas orientales (Pilas 5, 6 y 7). Este análisis advierte características materiales y tecnológicas similares entre los arranques constructivos de las 5 pilas y el arco estudiado, el cual se levanta sobre las dos pilas más occidentales de esta orilla. A pesar de mostrar una clara continuidad tecnológica con el arranque de las pilas, el arco es estratigráficamente resultado de dos procesos constructivos posteriores entre los que median ruinas o desmantelamientos controlados.

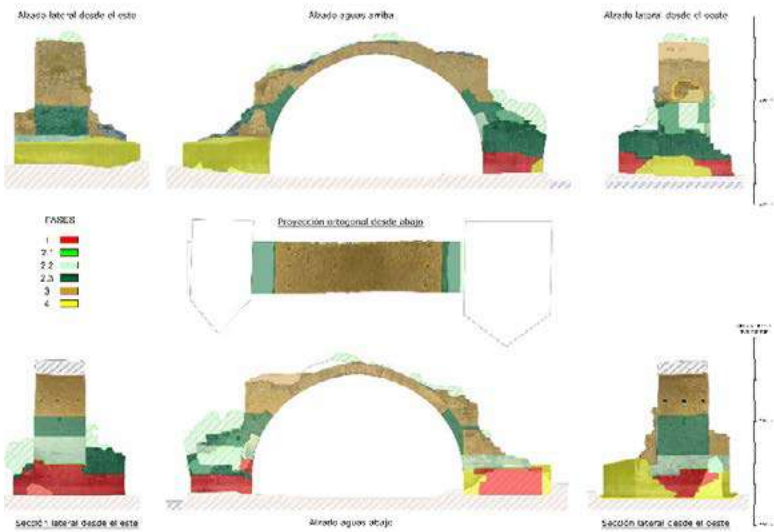


Fig. 14: Alzados y secciones con los resultados del análisis desde el marco metodológico de la Arqueología de la Arquitectura del arco de la orilla izquierda del puente Mantible (Martínez y Sánchez 2021, Anexo 1)

Por lo tanto, las pilas se construirían en una primera fase. Las occidentales no conservan más de tres hiladas. Sin embargo, las dos más occidentales alcanzan en este proceso de obra el arranque de un arco, el cual

presenta una geometría ligeramente diferente al actual. En una segunda fase, sobre una solución de continuidad horizontal, se levantan el cuerpo central de las pilas, incluidas las jarjas de los arranques de tres arcos, el que se conserva en pie y los siguientes laterales. Finalmente, en un tercer momento, sobre otra solución de continuidad horizontal, se alza el cuerpo superior de las pilas con aliviaderos abovedados y se cierra el arco en pie, en el que existen dos huecos longitudinales arquitrabados sin continuidad en el sentido del tablero. Los restos conservados son el resultado de una serie de posteriores colapsos de la estructura y, tal vez, desmontes controlados, consolidados de urgencia en la cuarta fase por la Diputación Foral de Álava que concluyen en el año 1982 (Valle y Rodríguez 2022, 226). Los autores del estudio señalan, a pesar de defender ruinas intermedias, similitudes tecnológicas entre las tres primeras fases descritas. De hecho, describen la construcción de la segunda fase como el resultado de diferentes actividades o etapas de obra (Fases 2.1, 2.2 y 2.3; Martínez y Sánchez 2021).

ESTUDIO ARQUEOLÓGICO DE LOS RESTOS CONSERVADOS EN LA ORILLA DERECHA

Respecto al arco de la orilla derecha o riojana que nos ocupa, no se conocen intervenciones hasta el proyecto de consolidación y restauración que recoge esta publicación (Capellán y Martínez 2021), actividad necesaria y demandada desde tiempo atrás. La revisión del fondo rocoso de la orilla izquierda permitió reconocer la existencia de un hundimiento, a favor de la corriente, en el borde de la laja de roca sobre la que se apoya la pila del arco (Capellán y Martínez 2021, 35–39). Este problema es también reconocible en la orilla izquierda gracias a las fotografías históricas. No se ha podido comprobar si el socavamiento de la cimentación conllevó el desplome progresivo de la pila hacia el cauce y si este hecho está en relación con su ruina histórica (Martin y Moya 1972, 178). Sin embargo, el análisis de este problema indica que podría ser una de las causas que en el año 2021 terminó arruinando el arco de la orilla derecha. El movimiento de la pila hacia el río, ya sea como giro de eje horizontal, de eje vertical o como simple desplazamiento de la pila desde su propia base, ha quedado confirmada por la inspección de las grietas en la base del pilar que se llevó a cabo entre los años 2020 y 2021 por los responsables de la redacción del proyecto de intervención (Capellán y Martínez 2021, 22–25).

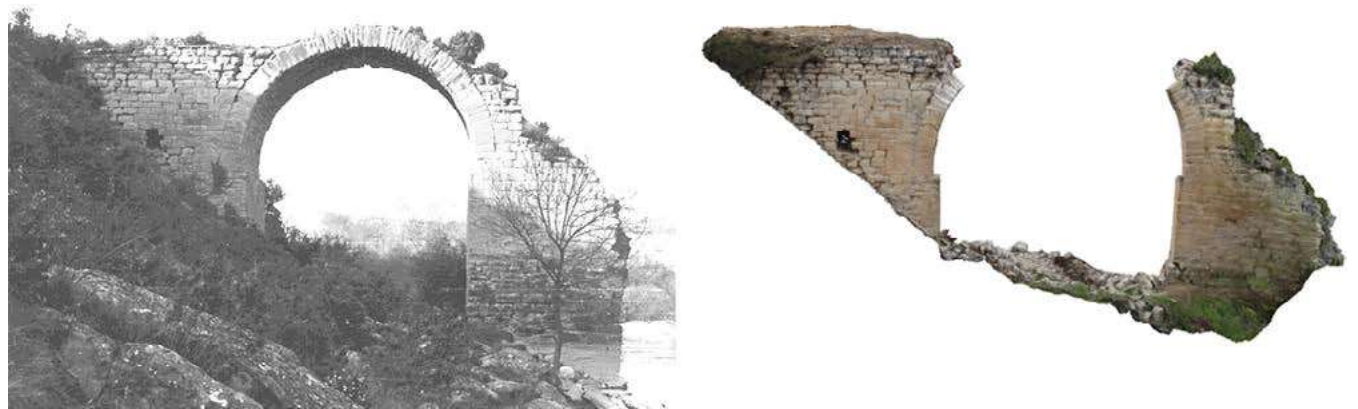


Fig. 15: Vistas del arco aguas abajo de la margen derecha del puente Mantible: a la izquierda, hacia el año 1970 (Archivo Histórico de La Rioja), a la derecha, ortofoto realizada en 2021 (UPV–EHU)

En el mes de noviembre de 2021, se llevó a cabo el análisis de las estructuras del puente en su margen derecha o riojana también desde el marco metodológico de la Arqueología de la Arquitectura. Esta actividad se completó con la excavación de la parte superior del estribo y de terreno sobre el que se apoyan tanto el estribo como la pila inmediata. Contamos con una planimetría completa (Rodríguez y Valle 2017 y 2021) que incluye el estado previo a la ruina del arco y el actual y que sirvió además para poner en evidencia las principales deformaciones que ha sufrido la estructura del puente con su colapso. Fueron también fundamentales para nuestro trabajo los resultados de los ensayos de caracterización de la piedra y del mortero del puente (Jiménez y Bandrés 2018 y 2019), así como la inspección subacuática de la base del puente

(González 2019), el diagnóstico de los daños de sus estructuras (Fortea 2019), y los análisis de una serie de muestras con luminiscencia óptica estimulada (Unidad de Geocronología, Universidad de A Coruña) y radiocarbono (Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla).

Etap	UE	Nombre	Anterior a UE	Posterior a UE	Igual a UE
I	1000	Estribo occidental del puente	1001 1002 1005 1007		1008
	1001	Asiento en fachada norte del estribo occidental		1000	
	1005	Asiento en fachada sur del estribo occidental	1006	1000	
	1008	Pila occidental con tajamar y arranque de los arcos	1009 1010 1012		1000
II	1002	Ruina en el tablero del estribo occidental	1003	1000	
	1003	Colmatación sobre ruina del tablero	1004	1002	
	1006	Agujero inferior, fachada sur del estribo occidental		1005	
	1007	Agujero superior, fachada sur del estribo occidental		1000	
	1011	Ruina del arco oeste, sobre pila occidental		1010	1003
III	1004	Ruina del arco, sobre estribo occidentales		1003	1011
	1009	Asiento y grietas de la pila occidental		1008	
	1010	Ruina del arco este, sobre pila occidental	1011	1008	
	1012	Grietas del tajamar, pila occidental		1008	

Fig. 16: Listado de Unidades estratigráficas secuenciadas

SECUENCIA DOCUMENTADA: CONSTRUCCIÓN, ABANDONO Y RUINA DEL PUENTE

Etap

Los restos del puente Mantible conservados en la orilla derecha del río Ebro corresponden a un estribo (UE1000) y una pila (UE1008), separados ambos entre sí 9,30 m. Estas dos estructuras soportaban un arco recientemente arruinado, que se encontraba muy deformado, con una flecha de 5,10 m. La misma pila sustentaba otro arco a oriente, arruinado mucho tiempo antes, que cruzaba el cauce habitual del río. El estribo presenta una anchura de 5,10 m y una longitud máxima reconocible en la zona del tablero de 9,00 m. La pila, con una anchura de 6,00 m, cuenta con un tajamar apuntado que se proyecta 4,00 m aguas arriba y con un espolón recto de 5,80 m de anchura que se proyecta 1,84 m aguas abajo. El estribo se cimenta de forma escalonada sobre el alto talud que delimita en esta zona la rivera y la pila. Se apoya directamente sobre el lecho rocoso sin preparar, ajustando su alzado oriental al borde de la piedra que delimita el cauce habitual del río.

Toda la obra se construye con bloques de piedra arenisca de tonalidad clara. Los sillares de mayor altura se sitúan en el arranque de la obra y los de mayor longitud no superan 1,00 m, pero no se puede definir un módulo. Se trata de piezas trapezoidales con aristas vivas y únicamente con las caras de fachada acabadas con un apiconado, del cual se observan sus huellas oblicuas. Las hiladas combinan sin un orden aparente piezas a soga y a tizón. Solo en algunos casos, reconocemos rebajes que mejoran el ajuste entre piezas contiguas. Los alzados no presentan ningún tipo de marcas ni oquedades que se puedan poner en relación con el trabajo de los canteros, su sistema de organización o el uso de medios auxiliares en obra, tales como andamios con alma, por lo que proponemos que el alzado con grúa se pudo llevar a cabo con eslingas. La forma y dimensión general de los bloques se obtienen directamente en la cantera, donde se obtienen lajas que respetan la altura de los bancos naturales, que se ajustan bien en obra y que apenas requieren ser retalladas. Alguna dovela caída del arco arruinado deja ver las mortajas correspondientes al empleo de cuñas (12/13 x 4/5 y 5/8 cm profundidad) para la explotación del banco rocoso.



Fig. 17: Restos del puente Mantible aguas arriba (Diario de Noticias de Álava, reportaje fotográfico publicado el 27 de enero de 2021)

Las fachadas del estribo (UE1000) se aparejan con hiladas continuas de tendencia horizontal, con estrechas juntas y esquinas encadenadas. Alguna hilada se desdobra en dos filas. A medida que la obra del estribo asciende, su planta trapezoidal se reduce en ambos ejes a partir de pequeños escalones, de entre 8 y 27 cm, que no se mantienen siempre a lo largo de la misma hilada. Presentan pequeños saltos de hilada, con algún taco, en el centro de las fachadas norte (UE1001) y sur (UE1005). Éstos describen soluciones de continuidad oblicuas con la misma tendencia que la pendiente del terreno a la que se adosa el estribo. Estos saltos son el efecto de un asentamiento que se debe producir durante la construcción, sin repercusión en el resto de la estructura, y en ellos se reconocen pérdidas de mortero en las juntas y el agrietado de alguna pieza. La pila (UE1008), sin embargo, se adapta a la roca inclinada sin modificaciones evidentes. Se eleva por hiladas completas no horizontales en todos sus alzados, menos el oriental.

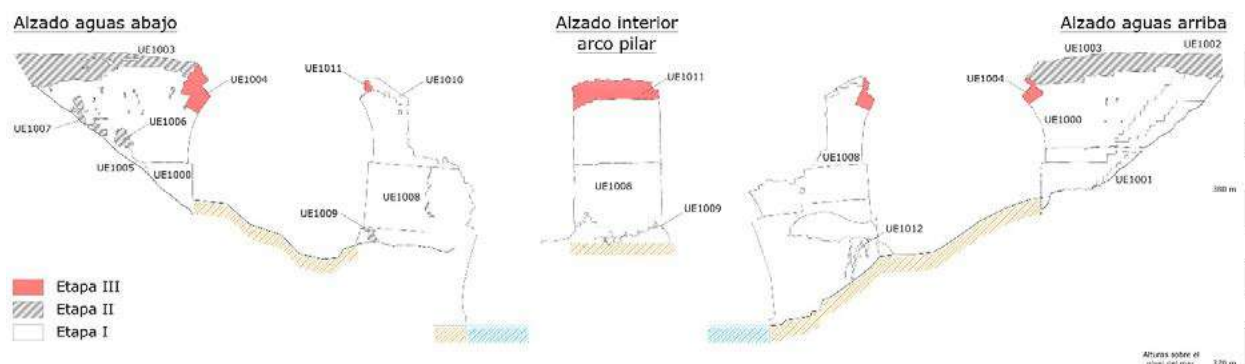


Fig. 18: Plano con resultados del análisis arqueológico del arco de la orilla derecha del puente Mantible

El estribo emplea muros laterales de hasta tres hojas de bloques de arenisca que encierran un núcleo de hormigón solidario. A través de un amplio agujero abierto en la fachada sur y, tras la limpieza de la zona de coronación del estribo, hemos podido comprobar que el muro presenta un grosor de entre 1,50 y 1,90 m y que usa diferentes tipos de hormigones. En la mitad occidental del estribo, el hormigón es pobre de cal y presenta alta proporción de arena de matriz fina, con granos rocosos entre los que destacan a la vista clastos de cuarcita, de dimensión y morfología heterogénea, desmenuzable. Sin embargo, en la mitad oriental el mortero, duro, es rico en cal y también presenta un árido silíceo fino, con una proporción menor de árido grueso. También presenta granos rocosos de litología diversa, fragmentos de fósiles y restos vegetales carbonizados. Este mortero es el mismo que se emplea en el rejuntado de los bloques de piedra, cuyas estrechas juntas se sellan con una herramienta de punta fina que delinea despieces sobre la pasta fresca.

Los restos de la bóveda del puente han sido revisados con el apoyo de la planimetría y las fotografías anteriores a su ruina. Presentaba una rosca de hiladas horizontales que, a medida que alcanzaban el centro, empleaba piezas más estrechas con hiladas más sinuosas. A pesar de que usaba piezas ligeramente adoveladas, el arco no mostraba un aspecto facetado, probablemente por el empleo de suplementos de mortero hacia el trasdós que ayudaban a conseguir un giro suave de la rosca. Como en el arco de la orilla alavesa, en el intradós de la rosca había una serie de mechinales enfrentados a media altura, probablemente resultado del anclaje temporal de las cimbras de obra. A medida que asciende la obra, se conservaban más restos de mortero con huellas de tablonos, correspondientes a la cimbra que apoyaría sobre los escalones superiores a la misma altura que presentan estribo y pila. Las tres primeras hiladas del arco son jarjas que traban con estribo y pila. Y a partir de este punto, las dovelas se trasdosan en grupos con saltos entre ellos. Esta circunstancia muestra cómo los diferentes tramos del arco se superponen en conjunto con las hiladas horizontales del muro inmediato.

La pila, por el contrario, parece emplear una hoja sencilla de bloques de arenisca que retiene en su interior un núcleo de piedra con el mismo mortero de la fachada. El tajamar y el espolón ha perdido su remate superior de piezas adosadas sobre la fachada del puente. Bajo la zona que ocuparía el tablero, se abre un aliviadero del que conservamos su jamba occidental y el arranque de su bóveda.

Etapa II. Uso, abandono, desmantelamiento y ruina progresiva del puente

El uso del puente, como la de cualquier otra infraestructura pública, requiere de un mantenimiento constante, ya que tanto su exposición funcional como el paso del tiempo, incluidos los sobreesfuerzos que le pudiesen provocar caudales extraordinarios, suelen demandar obras de reformas ocasionales en su estructura. Sin embargo, ni los deterioros ni el efecto de su reparación han de afectar por igual a todo el trazado de este tipo de construcciones longitudinales.

Los restos conservados en la orilla derecha o riojana no permiten reconocer gestos del uso por aquellos caminantes o mercancías que atravesaban diariamente esta vía sobre el Ebro. Tampoco se evidencian huellas de reformas. La revisión de la documentación gráfica que muestra el arco antes de su ruina tampoco pone de manifiesto evidencias relacionadas. Sin embargo, Martín y Moya (1972, 178) propusieron que los dos arcos conservados a ambos lados del cauce del río eran el resultado de la reconstrucción de la mitad superior de su rosca, la cual, a diferencia de la obra originaria, empleaba bloques de menor dimensión y mayor regularidad en su disposición. Ciertamente, estos autores tuvieron la ventaja de analizar el puente antes de su colapso. Tampoco queremos dejar de señalar aquí que no compartimos la interpretación de Fortea (2019), quien indica que en la orilla derecha solo conservamos las hiladas inferiores de la pila del puente originario y que el estado actual de la estructura es el resultado de la secuencia de reparaciones de una serie de cuatro destrucciones intencionadas.

El análisis estratigráfico del puente muestra, como hemos señalado, que la existencia de diferentes soluciones de continuidad altera la obra originaria, proceso de deformación activo que se puso en marcha a partir de la falta de mantenimiento del puente.

Por un lado, registramos la pérdida generalizada de material del tablero (UE1002), de forma más acusada en los bordes, tanto aguas arriba como abajo, donde sería lógico hubiese existido un sistema de pretilas. Sobre esta superficie se ha formado un depósito de tierra (UE1003), sobre el que ha dado tiempo a que crezcan y se desarrollen pequeños árboles. Por otro lado, observamos una apertura de juntas localizada en varias zonas del estribo, junto a la solución constructiva oblicua que a partir de un pequeño escalón curva las hiladas, tanto aguas arriba como abajo, evidenciando una clara debilidad de la estructura en esta zona. El mortero, por disolución de su ligante calcáreo, facilita además el desprendimiento de partículas de árido y vacía con el tiempo las juntas. Esta circunstancia ha supuesto la pérdida de bloques en la fachada de aguas abajo,

abriendo sendas oquedades superpuestas (UE1006 y 1007). De estas, la inferior fue posiblemente ampliada para su uso como lugar de resguardo, como evidencian los restos de hollín sobre sus paredes interiores. Los planos del proyecto señalan, con dudas, que este hueco pudo haberse practicado para situar en su interior explosivos (Capellán y Martínez 2021).

El levantamiento planimétrico de las estructuras de la orilla derecha permitió analizar con rigor métrico el arco. Éste estaba deformado entre 6 y 6,8 grados sexagesimales por el desplome hacia el río del pilar del arco occidental. Esta circunstancia se puso en relación con una serie de grietas abiertas en sus tercios inferiores y en su zona central, que provocaron la aparición de huecos por desprendimientos de dovelas. Sin embargo, los responsables de la documentación geométrica del puente llevaron a cabo la superposición de la planimetría resultante con la imagen de un par estereoscópico de finales del XIX, ajustando sus puntos de fuga, ensayo que ha puesto en evidencia que podría tratarse de una deformación reciente (Rodríguez y Valle 2017, 29–32).

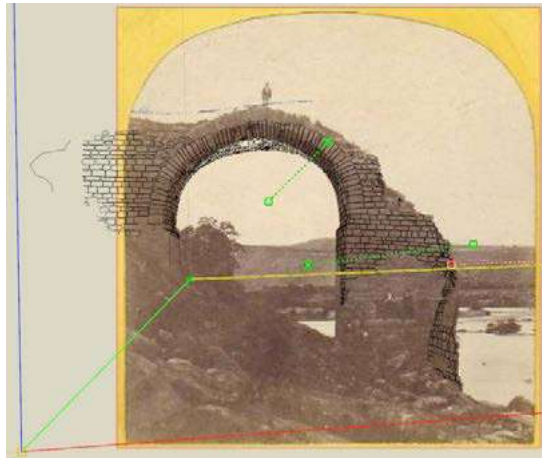


Fig. 19: Superposición del levantamiento grafico sobre la imagen de Mantible previo y ajuste de los puntos de fuga (Rodríguez y Valle 2017)

Etapas III. Ruina del arco occidental (Año 2021)

El ángulo de inclinación de la pila del arco ofrece magnitudes diferentes entre sus alzados este y oeste, por lo que el interior de la pila debe estar agrietado. Estas fisuras internas podrían estar producidas por el evento que ha puesto en marcha el proceso de degeneración inicial del arco sobre el cauce del río (Fortea 2019). No sabemos con cuanto tiempo de diferencia, pero el 24 de enero de 2021, el arco occidental, que por estas circunstancias se encontraba en una situación precaria, se vino abajo en el transcurso de una crecida ordinaria del Ebro. El derrumbe siguió el patrón de grietas (UE1004 1010) que presentaba el arco, limitando su caída al segmento entre las rótulas existentes. El colapso del arco precipitó su material constructivo sobre el terreno de base, cuyo orden de caída hemos analizado estratigráficamente, permitiendo de este modo recuperar la posición inicial de numerosas dovelas para su propuesta de anastilosis.

El accidente fue originado, en su mayor parte, por el movimiento de la pila hacia el río, como se constata con las aberturas decimétricas de las juntas de la fábrica que se han registrado en el año 2021 (UE1009 1012; Capellán y Martínez 2021, 22–25). En base a los registros topográficos, se puede concluir que la pila, por un lado, sufrió un giro de su eje horizontal en sentido transversal al puente, cabeceando hacia el río, y por otro, un giro de eje vertical, este más pequeño, que afectó sólo al paramento de aguas abajo de la pila. Además, se pudo comprobar antes del derrumbe que existía un movimiento de deslizamiento de la pila hacia el río. De hecho, las fotos de los años 70 del siglo XX no muestran la acusada falta de verticalidad en la pila que ésta presenta en los últimos años (Capellán y Martínez 2021). Parece muy probable que la socavación de los estratos rocosos bajo la pila del puente haya trabajado en contra de su estabilidad. La prospección

subacuática de la rivera puso de manifiesto la existencia, a 2.50–2.60 m bajo la primera hilada de sillares del puente, de una gran cavidad abierta hacia el río, probablemente correspondiente a la pérdida de un estrato arcilloso con 0.40 m de altura, 6.00 m de anchura y 2.70 m de profundidad (González 2019; Capellán y Martínez 2021).



Fig. 20: Arco arruinado orilla derecha del puente de Mantible

INTERPRETACIÓN HISTÓRICA DE LA SECUENCIA DOCUMENTADA EN EL PUENTE MANTIBLE

Mantible y los puentes romanos y medievales en el norte peninsular

La construcción de un puente solo encuentra sentido cuando es necesario dar servicio a una vía de comunicación y, por este mismo motivo, su abandono implica el de la vía a la que sirve. Por lo tanto, el camino se pone en marcha antes de que se construya el puente y éste perpetua al primero (Azkárate 1994, 181).

La dimensión y características del puente Mantible han sido interpretadas por algunos autores como evidencias de su construcción durante el periodo romano (Gómez 1857), cronología que Martin y Moya (1972, 167) precisan en la primera mitad del siglo II, al observar que el historiador Estrabón (I a.C.) no recoge este puente en su *Libro tercero de la Geografía*.

El *Itinerario de Antonino* (principios del siglo III) indica que, por el actual territorio de La Rioja, cruzaba la principal vía romana que unía Tarraco con las provincias del noroeste. En esta región, existían importantes ciudades romanas como *Libia* (Herramélluri–Leiva), *Tritium Magallum* (Tricio), *Vareia Berona* (Varea), *Calagurris* (Calahorra) y *Graccurris* (Alfaro). El uso continuado de esta vía es rastreable en época medieval gracias a que sus tramos son citados en las fuentes de la época (Calonge 2020, 46). Además, existen datos que permiten hablar de una vía secundaria que se dirigía hacia el noroeste desde *Tritium Magallum*, cruzando el Ebro quizá por el meandro de Assa (Espinosa 1994, 143). Sin embargo, no se conocen poblaciones ni vías de época clásica en el entorno del puente Mantible. La actual explotación agrícola de carácter extensivo del entorno del puente no deja ver huellas de caminos asociados con esta infraestructura viaria, la cual podemos ver completamente aislada en los primeros vuelos cartográficos de la región (1945/46, Vuelos Americanos).

¿Qué sabemos en realidad de los puentes en la Hispania romana? De los 141 puentes que se han catalogado como de la Hispania romana (Galliazzo 1994), solo 36 han sido aceptados como de este periodo por estudios sistemáticos más recientes (Durán 2005). No conservamos por tanto numerosos puentes romanos, pero entre ellos existe una gran similitud. Suelen presentar grandes dimensiones, superando los 5 m de anchura. Para reducir la resistencia al agua, emplean en numerosos casos tajamares apuntados y desagües en sus tímpanos. Sin embargo, no suelen emplear espolones, dejando los paramentos aguas abajo planos (Durán 2001), carencia que genera deterioros y se empieza a corregir en el medievo (Arámburu Zabala 1992, 192: 52). Usan tableros horizontales y, sólo en algún caso, están ligeramente alomados, como los de Ponte de

Lima (Portugal) o el tramo I del puente de Mérida (Durán 2005, 226–252). Además, sus alzados se construyen mayoritariamente con bloques paralelepípedos almohadillados, ajustados entre ellos con precisión. Estas piezas suelen presentar un módulo identificable. En muchos casos, sus fábricas superponen hiladas a soga con otras a tizón y emplean arcos de dovelas uniformes. Los bloques pueden presentar mortajas para grapas metálicas o el uso de grúas, y muescas para el empleo de la palanca (Durán 2001). Mantible no presenta muchos de estos rasgos, como es además el empleo de sillares con un módulo establecido en base al pie romano (60x33x33; 90x60x30; Martín y Moya 1972, 173).

Estudios específicos para la región de La Rioja señalan que, de los 14 puentes que se tenían por romanos, solo dos de ellos, parcialmente y con dudas razonables, podrían pertenecer a este periodo (Arrúe y Moya 1998). La revisión del puente riojano de Cihuri indica que no se debe fechar antes de 1200 (Durán 2005, 346–347; Foncea 2008, 277–279). De hecho, su reciente estudio estratigráfico revela que las características tecnológicas de sus partes originarias podrían remontarse al siglo XI (Jiménez y Alonso 2020, 155–156 y 164–165). En Álava, puentes como el de Iruña o Villodas se entienden mejor como obras del siglo XVI y XVIII respectivamente (Azkárate y Palacios 1996, 62–76).

En esta misma línea, Moreno Gallo (2004, 66–72) retrasa la construcción del puente Mantible al siglo XI, tomando en consideración semejanzas métricas y estructurales con el puente sobre el río Arga en Puente la Reina, con 110 m de longitud y una anchura media de 4 m. Aunque también son evidentes las diferencias entre ambos puentes, pudieron formar parte de la infraestructura del mismo camino que comunicaba Nájera y Pamplona desde la segunda mitad del siglo XI. La referencia más antigua al puente sobre el Arga se recoge en un legado del Obispo Fortun del año 1085 (Becerro Antiguo y Becerro Menor de Leire, Archivo General de Navarra, en Uranga 1984, 474). Sin embargo, no hay argumentos que permitan asegurar si el puente entró en servicio con el reinado de García Sánchez III “el de Nájera” (1035–1054), o con el de su sucesor, Sancho Garcés IV “el de Peñalén” (1054–1076; Armendáriz 2002–2003, 175–176; Uranga 1984, 478). El Fuero de Logroño muestra que, en el año 1095, otro puente en las cercanías de Mantible, el de San Juan, ya estaba dando servicio sobre el río Ebro a su paso por Logroño.



Fig. 21: Puente la Reina (Navarra), sobre el río Arga, fotografía del autor (2023)

Se ha interpretado además que el castillo de Assa, comunicado visualmente con puente Mantible, se construyó para la defensa de este último (Enciso 1959, 1). Esta población, en la actualidad barrio de Lanciego, se cita por primera vez en el año 956 en relación a una donación del rey de Navarra, García Sánchez (925–970), que recoge el Cartulario de San Millán (Velilla 2006). Misma idea de funcionalidad defensiva del puente que se ha propuesto para la torre de la cercana población de Fuenmayor, citada en una donación de 1137. Las primeras noticias sobre esta población se remontan a 1066 (Merino 1944, 18–19; Miguel Larreina González, *Toponimia Vasca en la Sonsierra de Navarra*: <https://blogriojaalavesa.eus/puente-de-assa>).

Se propone que Mantible no sobreviviría al siglo XII, ya que, con anterioridad a la fundación del puente de Logroño, tradicionalmente datado en el 1098, una serie de avenidas se habrían llevado por delante cinco

arcos (Gómez 1857, 27). Sin embargo, no contamos con documentación histórica tan precisa sobre las crecidas del cauce medio del Ebro. La más antigua y mejor documentada por sus efectos en las ciudades de Tudela y Zaragoza se remonta al 1643. Y es cierto que se trata de avenidas que causaban importantes destrozos, como la que en 1787 dejó sin servicio a numerosos puentes del valle del Roncal (Ollero et alii 2004, 245). Gómez (1883, 537–538), por ejemplo, cita los daños que sufre el puente de Logroño tras la riada de 1583, señalando también la ruina del puente que llaman “Layasa” y que identifica con el de Assa.

También se ha defendido que la destrucción del puente Mantible pudo ser intencionada a partir de dos hechos. Por un lado, la publicación del Fuero de Miranda en el año 1099, el cual, con el objetivo de reconducir el tráfico de mercancías por el puente de Miranda, ordena que entre Miranda y Logroño no hubiese puente ni barca en el río Ebro (Cantera 1945, 56). Por otro, el derribo del citado castillo de Assa a mediados del siglo XV, hecho que podría relacionarse con el estado de ruina que ya entonces presentaría Mantible (Enciso 1959, 1).



Fig. 22: Primer mapa de la Rioja (López 1769) donde se describe un “Puente a medio demoler” en la zona que podría corresponder con Mantible

Por último, debemos indicar que la primera referencia que podemos relacionar con el puente Mantible es de época moderna, concretamente de mediados del siglo XVIII, y la hayamos en el primer plano que se hace de la región (Merino 1981, 29). Esta cartografía describe en la zona la existencia de un “Puente a medio demoler” (López 1769), que podría corresponder con Mantible, reconociendo así su ya maltrecha estructura.

La leyenda de Carlomagno y el nombre de Mantible

En este breve marco historiográfico, merece la pena detenerse un momento en la leyenda que ha unido paradójicamente a Carlomagno y a Mantible. “Fierabras le géant” de Jean Bagnion (1478, Ginebra; también como Jehan Bagnyon) es un popular relato caballeresco que fue reimpresso y resumido en numerosas ocasiones. Su traducción al castellano, bajo el título *Historia de Carlomagno y los Doce Pares de Francia*, fue estampada por primera vez en Sevilla en el año 1521 por Nicolás Gazini de Piemonte. En numerosos capítulos de esta novela, se recogen hechos que se desarrollan en el contexto de un gran puente denominado “Monstrible”, quizá inspirado del latín “mons terribilis” (Turner 1932, 505) o “Mantrible” (Capítulo XXXIII; Suárez Figaredo 2020, 58), del cual se dice que estaba construido sobre un caudaloso río que llaman “Flagot” (Capítulo XLVIII; Suárez Figaredo 2020, 89).

A pesar del valor literario de esta lectura, no existe en realidad ningún elemento ni posible hecho histórico en la narración que pueda hacerla corresponder con el Mantible del río Ebro (Ruiz Galarreta 1959, 117–119). De hecho, en 1845 fue destruido en Saintes (suroeste de Francia) un puente de origen antiguo conocido como Mantrible, el cual tiene más posibilidades de haber inspirado al autor del relato (Turner 1932, 506).

Sin embargo, el protagonista de la novela de Miguel de Cervantes, en el capítulo XLIX de *El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha*, publicada por primera vez en 1605 (Madrid), se refiere al puente de “Fierabras” con el nombre de “Mantible”, hecho que dio pie a la creación de un origen legendario para la construcción riojana. Más adelante, tanto Lope de Vega como Calderón de la Barca volvieron dar protagonismo a esta construcción legendaria, denominación que acabaron tomando puentes de otras regiones como el de Garrovillas de Alconétar, construcción está, ahora sí, de origen romano, que cruza el río Tajo en la provincia de Cáceres (Durán 2004, 182). Llegados a este punto, no consideramos que esta referencia tenga mayor interés para explicar el origen o antigüedad del puente. Otra cuestión sería la de averiguar desde cuando se emplea esta denominación, ya que, como vemos, no parece ser antigua. Por lo tanto, Mantible debe estar denominando algo que previamente había perdido su nomenclatura. De momento, solo podemos afirmar que, al menos en el siglo XIX, ya era conocido con este nombre (Gómez 1857, 26–28; *La ilustración española y americana*, 22 de octubre de 1874, 611) término que, como indica Ruiz Galarreta (1959, 117) parece que solo significa “antiguo”.



Fig. 23: Detalle del grabado con el título “Crónica ilustrada de la guerra” donde se representa “el puente Mantible” (La ilustración española y americana, 22 de octubre de 1874, 612)

Arqueología, OSL y C¹⁴: el puente de origen medieval

Teniendo en cuenta lo expuesto, desde un punto de vista formal, Mantible es un puente de sección marcadamente alomada, sin una dimensión regular en la distribución y tamaños de los arcos, y con contratajamares en las pilas. Tecnológicamente, aprovecha los recursos naturales del entorno mediante una mínima transformación, no emplea hormigones ricos en cal, ni herramientas como las pinzas para grúa. Funcionalmente, no da servicio a itinerarios conocidos por los textos clásicos o por trabajos arqueológicos. Estas características formales, tecnológicas y funcionales no se ajustan a las indicadas más arriba para los puentes de cronología romana (Durán 2005). Sin embargo, su analogía con otros puentes medievales relativamente cercanos, así como la total ausencia de referencia bajomedievales, nos permiten proponer una cronología medieval para Mantible.

Esta propuesta se ve reforzada con los resultados del análisis de una serie de muestras de mortero mediante Luminiscencia Ópticamente Estimulada (OSL¹), realizados por la Unidad de Geocronología de la Universidad de A Coruña, y de unas muestras de carbones de mortero y un fragmento de un listón de madera analizadas por radiocarbono en el Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla). Se tomaron 3 muestras de mortero en el estribo y 5 en la pila. En ambos soportes, se efectuaron análisis de luminiscencia y, solo en la pila, de radiocarbono. Ambos análisis se combinaron sólo en la muestra PM-4 de la pila.

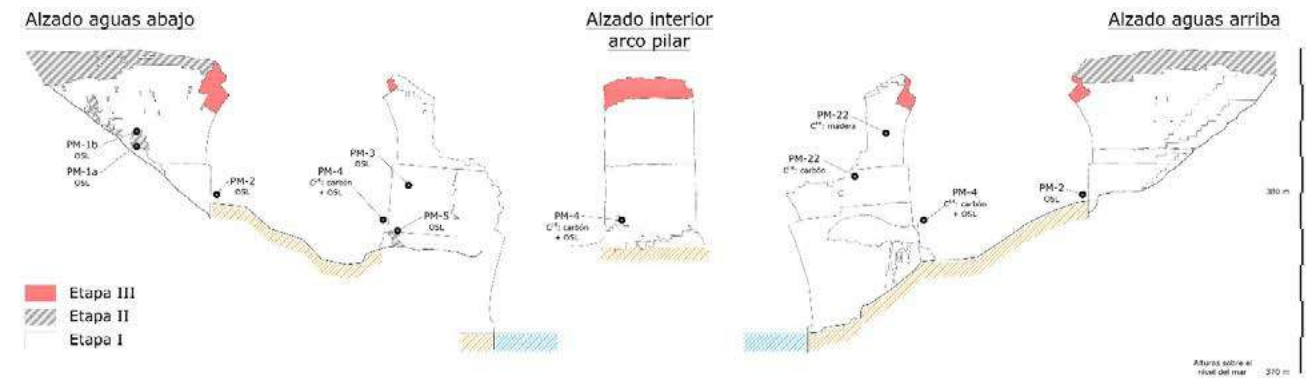


Fig. 24: Plano con resultados del análisis arqueológico y la ubicación de las muestras tomadas para su estudio de los soportes de la orilla derecha del puente Mantible

Ref.	Material	Ubicación	UE	Posición hilada	Datación
PM-1a	Mortero núcleo	Estribo	1000	Sobre PM-1b	S. IX–XI
PM-1b	Mortero núcleo	Estribo	1000	Bajo PM-1a	S. IX–XI
PM-2	Mortero junta	Estribo	1000	Bajo PM-1a y b	S. III–VII
PM-3	Mortero junta	Pila	1008	Sobre PM-5	S. II–VI
PM-4	Mortero junta	Pila	1008	Sobre PM-5	S. XII–XIII
PM-5	Mortero junta	Pila	1008	Bajo PM-3 y 4	S. III
PM-4 Carbones	Carbón en mortero	Pila	1008	Sobre PM-5	S. X
PM-22 Madera	Listón madera	Pila	1008	Sobre PM-3, 4 y 5	S. X
PM-22 Carbón	Carbón en mortero	Pila	1008	Sobre PM-3, 4 y 5	S. X

Fig. 25: Listado de muestras de OSL y C14 analizadas de los soportes de la orilla derecha del puente Mantible

Al aplicar el Modelo de Edad Central (MEC) a los resultados del análisis por OSL, se obtenían parámetros alejados y, en algún caso, muy alejados del resultado del análisis por radiocarbono. Éste presentaba, sin embargo, una horquilla de edad coherente con nuestra propuesta de adscripción medieval. Al parecer, estas incoherencias suelen ocurrir cuando el cuarzo retiene una señal luminiscente anterior a la del momento en la que se agrega al mortero. Es entonces cuando el laboratorio ensayó otro modelo, el de Edad Mínima (MAM), con el que se obtuvo un número de muestras amplio con una datación coherente de la construcción del puente en torno a los siglos X y XI. Las horquillas que ofrece el OSL en este estudio, de entre 3 y 5 siglos, son siempre mayores que las que ofrece el radiocarbono.

¹Esta técnica ofrece la resultante del cociente entre de la radiación lumínica remanente en el cuarzo desde el momento de colocación del mortero y la tasa de radiación recibida durante el tiempo transcurrido desde la colocación del mortero hasta la actualidad (Sanjurjo Sánchez 2016).

Muestra	De (Gy)	Edad (a)	Año d.C.	Rango
PM-1a	0.34±0.03	260±37	1778±37	1741–1815 d.C.
PM-1b	2.59±0.18	1347±168	964±140	825–1104 d.C.
PM-2	0.09±0.01	123±13	1896±14	1882–1910 d.C.
PM-3	0.57±0.05	665±87	1359±87	1272–1446 d.C.
PM-4	0.95±0.14	843±153	1200±153	1047–1353 d.C.
PM-5	1.70±0.14	1750±231	271±231	41–502 d.C.

Fig. 26: Datación muestras OSL, según MAM

Muestra	Edad C ¹⁴	Edad Cal 1σ (68,3% prob.)	Edad Cal 2σ (95,4% prob.)
PM–4 Carbones	1110±30	898–921 (26,2%) 954–992 (42,1%)	890–995 (92,8%) 1007–1015 (2,7%)
PM–22 Madera	1096±27	894–927 (31,8%) 946–986 (36,5%)	882–995 (95,4%)
PM–22 Carbón	1113±27	895–925 (29,6%) 949–988 (38,7%)	882–996 (94,2%) 1007–1015 (1,3%)

Fig. 27: Datación muestras radiocarbono según Sigma 1 y Sigma 2

En conclusión, la arqueometría permite argumentar la construcción del puente Mantible a partir del siglo X, sin embargo, la arqueología nos sugiere adelantar las obras al siglo XI. Es a lo largo el siglo X cuando la frontera con al–Ándalus comienza a replegarse a la cuenca del río Tajo, hecho que animó la apertura de rutas entre Navarra y La Rioja, vías que en el siglo XI estaban empleando los peregrinos a Santiago de Compostela (Lacarra, Uría y Vázquez de Parga 1949, II: 12 ss).

Las estructuras del puente de la orilla derecha son unitarias y sus características son comunes con las estructuras del puente situadas en la orilla izquierda objeto de nuestro análisis, circunstancia que nos invitan a pensar que las 3 fases diferenciadas por Martínez y Sánchez (2021) podrían ser las etapas de obra de un proyecto constructivo coetáneo con cambios realizados durante el avance del proyecto.

Finalmente, como ya hemos también indicado, el primer documento conocido que hace posiblemente referencia a esta construcción es el mapa de Tomás López del año 1769, en el que se indica en una posición válida para Mantible un “Puente a medio demoler”. Sabemos que al menos desde mitad del siglo XX hasta hace bien poco (Ruiz Galarreta 1959, 118), solo se mantenían en pie dos ojos del puente, uno a cada lado del cauce habitual del río, cuando este presenta condiciones normales de caudal. Pero no sabemos cuándo llegó el puente a este estado de conservación. Sin embargo, si el grabado para la revista *La ilustración española y americana* (octubre 1874) fuera ciertamente “croquis del natural”, podríamos confirmar que los pilares de la orilla alavesa aun conservaban gran parte de su altura en pie a mediados del siglo XIX.

BIBLIOGRAFÍA

Planos

López, T. 1769, Mapa de La Rioja dividida en Alta y Baja con la parte de la Sonsierra, que llaman comúnmente Rioja Alavesa. Real Academia de la Historia, Madrid.

Informes inéditos

Capellán Miguel, G. y Martínez Aparicio, J. 2021, “Contrato de asistencia técnica para la redacción del proyecto modificado nº1 de las obras de consolidación y restauración del puente Mantible: arco de la margen derecha del río Ebro. Logroño (La Rioja)”. Arenas Asociados. Ayuntamiento de Logroño.

Fortea Luna, M. 2019, “Informe de Evaluación de Cargas, Diagnóstico y Propuesta de Consolidación Estructural del Puente Mantible”. VAULT–ZAFRA S.L.P.

González Antón, A. 2019 “Inspección de la Base de la Pila Norte del Arco de la Margen Derecha del Puente Mantible”. CIOMAR S.L.

Jiménez San Pedro, R. y Bandrés Martínez, A. 2019, “Caracterización de los Morteros de Puente Mantible”. TÜD SÜD Iberia S.A.U.

Martínez Torrecilla, J. M. y Sánchez Zufiaurre, L. 2021, Análisis estratigráfico y excavación arqueológica del puente de Mantible. QARK. Diputación Foral de Álava.

Rodríguez Miranda, Á. y Valle Melón, J. M. 2017, Documentación geométrica del Puente de Mantible, Logroño (La Rioja) y Laguardia (Álava). UPV-EHU.

Jiménez San Pedro, R. y Bandrés Martínez, A. 2018 “Ensayo del Estado de Muestras de Sillería de Puente Mantible”. TÜD SÜD Iberia S.A.U.

Rodríguez Miranda, Á. y Valle Melón, J. M. 2021, Documentación geométrica de los restos del arco derecho del Puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja). UPV-EHU.

Referencias bibliográficas

Arámburu Zabala, M. A. 1992, La arquitectura de puentes en Castilla y León, 1575–1650, Valladolid.

Armendáriz Martija, J. 2002–2003, “Memoria de la intervención arqueológica en el puente románico de Puente la Reina”, Trabajos de arqueología navarra, 16, 175–202.

Arrúe Ugarte, M^a. B. y Moya Valgañón, J. G. (coords.) 1998, Catálogo de puentes anteriores a 1800: La Rioja. Instituto de Estudios Riojanos y CEDEX–CEHOPU, Logroño.

Azkarate Garai–Olaun, A., y Palacios Mendoza, V. 1994, Arquitectura hidráulica en el valle de Cuartango, Álava. Diputación Foral de Álava, Álava.

Azkarate Garai–Olaun, A. y Palacios Mendoza, V. 1996, Puentes de Álava. Gobierno Vasco, Bilbao.

Caballero Zoreda, L. y Escribano, C. (eds.) 1996, Arqueología de la arquitectura: el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos. Burgos.

Calonge Miranda, A. 2020, “El mantenimiento del entramado viario romano en época medieval en La Rioja. Algunos casos de estudio”, Espacio, tiempo y forma, 33, 43–68.

Cantera Burgos, F. 1945, Fuero de Miranda de Ebro. Madrid.

Durán Fuentes, M. 2001, “La identificación de los puentes romanos en Hispania: Una cuestión a desarrollar”, Revista Obra Pública Ingeniería y Territorio, 57.

Durán Fuentes, M. 2005, La construcción de puentes romanos en Hispania, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.

Enciso Viana, E. 1959, Laguardia en el siglo XVI, Vitoria–Gasteiz, Diputación Foral de Álava.

Espinosa, U. 1994, “Ordenación territorial», en Sesma, J. A. (coord.), Historia de la Ciudad de Logroño. Tomo 1, Ayuntamiento de Logroño e Ibercaja, 115–146.

Foncea López, R. 2008, “Cihuri”, en García Guinea, M. A. y Pérez González, J. M.ª (dir.) Enciclopedia del Románico en La Rioja. Fundación de Santa María la Real, Aguilar de Campoo, 277–279.

Galliazzo, V. 1994, I ponti romani. Canova, Treviso.

Gómez, A. 1857, Logroño y sus alrededores. Descripción de los edificios principales, ruinas, muros y demás notable que la ciudad encierra. Logroño.

Gómez, F. J. 1883, Logroño Histórico. Tip. La riojana, Logroño.

Harris, E.C. 1991, Principios de Estratigrafía Arqueológica, Crítica, Barcelona.

Jiménez Echevarría, J. y Alonso Fernández, C. 2020, “El puente medieval de Cihuri (La Rioja): del prototipo romano al control territorial del poder monástico”, en Fernández Fernández, A., Pérez Losada, F. E., y Valle Abad, P. (coords.) Arqueología de los paisajes fluviales. Ocupación, comunicación y explotación. Editorial Dykinson, Madrid, 151–167.

Lacarra, J.M., Uría, J., y Vázquez de Parga, L. 1949, Las peregrinaciones a Santiago de Compostela, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

La Ilustración Española y Americana, año XVIII, n. XXXIX (22 de octubre de 1874).

Liz Guiral, J. 1985, Puentes romanos en el Conventus Juridico Caesaraugustano, Zaragoza.

Martin Bueno, M. A., Moya Valgañón, J. G. 1972, “El puente de Mantible”, Estudios de arqueología alavesa, V, 165–182.

Moreno Gallo, I. 2004, “¿Es romano el puente Mantible?”, Piedra y Rayo, 12, 66–72.

Moreno Garbayo, T. 1943, Apuntes históricos de Logroño. Logroño.

Merino Sánchez, A. 1981, “Mapas de La Rioja 1572–1850”, Berceo, 101, 29–68.

Merino de Tejada, J. E. 1944, Historia de la M. N. e Ilustre Villa de Fuenmayor, Gráficas Ochoa, Vitoria.

Ollero Ojeda, A., Pellicer Corellano, F. y Sánchez Fabr , M. 2004, “La crecida de febrero de 2003 en el curso medio del Ebro: análisis de su evolución espacio-temporal”, en Aportaciones geográficas en homenaje al profesor A. Higuera Arnal. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 145–155.

Rodríguez Miranda,  ., Elorriaga Aguirre, G., y Valle Melón, J. M. 2019, “El puente de Mantible: una lucha contrarreloj para la conservación de sus restos”, Belezos: Revista de Cultura Popular y Tradiciones de La Rioja, 41, 46–51.

Ruiz Galarreta, J. 1959, “La leyenda del puente Mantible”, Berceo, 50, 117–119.

Suárez Figaredo, E. (ed.) 2020, “Historia de Carlo Magno y los doce pares de Francia”, Lemir, 24, 1–131.

Turner, R. E. 1932, "Rabelais and the Bridge of Mantrible", Modern Language Notes, 47, 8, 505–508.

Uranga, J. J. 1984, “Puente la Reina, del puente al fuero (1085–1122)”, Scripta theologica, 16, Fasc. 1–2, 473–484.

Valle Melón, J. M. y Rodríguez Miranda,  . 2022 “El Puente Mantible (La Rioja–Álava). Avatares de un BIC a caballo entre administraciones”, Papeles del Partal, 13, 219–235.

Velilla Córdoba, S. 2006, “Ubicación de topónimos medievales en la sonsierra Navarra”, Sancho el Sabio, 24, 11–33.

4. PARTE II: ESTADO PREVIO A LA OBRA

FOTOS DEL ESTADO PREVIO A LA OBRA



Fig. 28: Estado previo al derrumbe. Erosión por estratos del sustrato rocoso



Fig. 29: Vista cenital del río. Abajo el arco sobre el que se ha intervenido

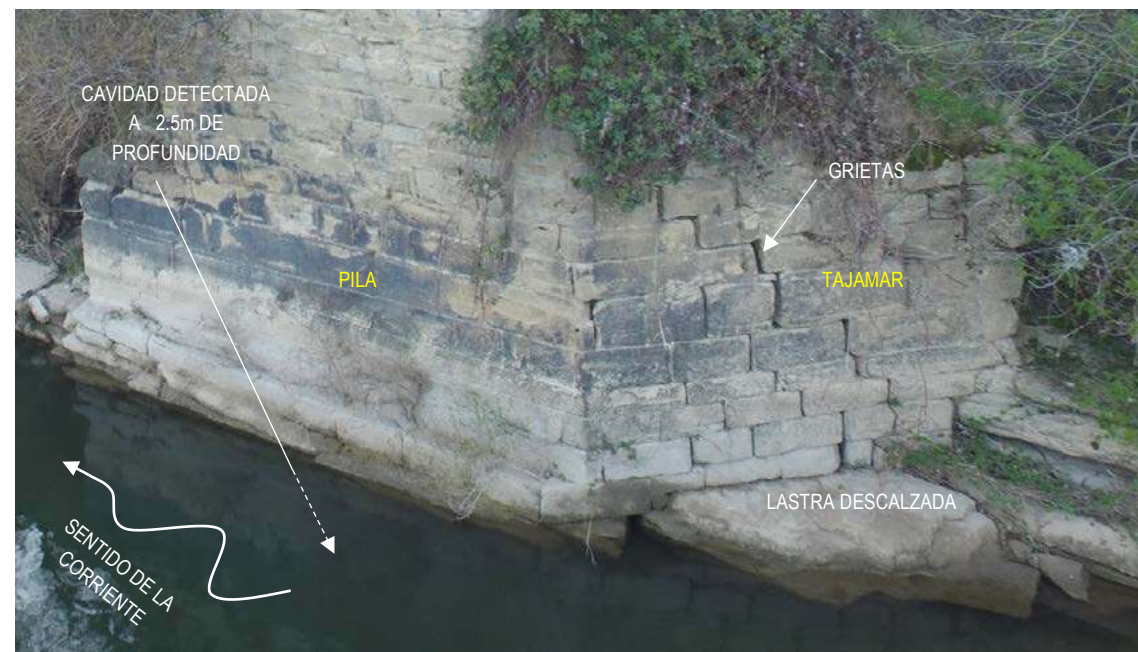


Fig. 30: Vista de la base de la pila con defectos principales



Fig. 31: Estado previo Alzado aguas abajo desde el camino de acceso en la margen derecha del Ebro

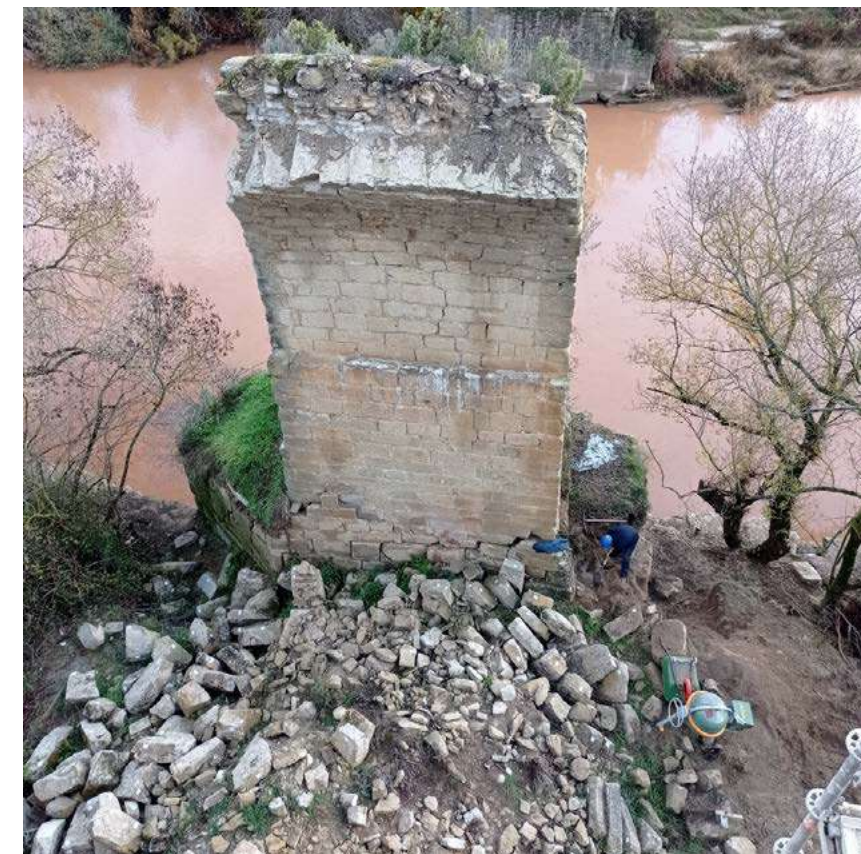


Fig. 32: Estado previo intradós de la Pila y montonera de piedras del arco en la margen derecha del Ebro



Fig. 33: Diversas vistas de la bóveda en los meses previos al colapso

PROCESOS DE DETERIORO

El proceso de deterioro sufrido en el puente ha sido constante. Un motivo fundamental, que afecta a los dos materiales que lo constituyen, la piedra de calcarenita y el mortero de cal, es la exposición a factores ambientales, la ausencia de drenaje y de impermeabilización, hace que se empapen los planos superiores y se filtre agua a los rellenos de calicanto, produciendo afecciones a niveles más profundos de la piedra y del relleno. Este deterioro es variable y dependiente de la orientación de los paramentos. Además, la presencia de vegetación, con las raíces penetrando en las juntas, hacen que se pierda el mortero, desprotegiendo las aristas de los bloques.

El proceso de deterioro de unos bloques respecto de otros, depende además de las características intrínsecas. Así, la pérdida de cementante, lleva a procesos de arenización. Pero el principal problema es el de exfoliación y disyunción de placas. Este proceso produce una separación de sucesivas capas de piedra, de espesor variable, con orientaciones dispares, en cualquier dirección con respecto a la superficie de la piedra. Con espesores mayores de las placas se debe hablar de deslaminación, llegando a afectar a niveles muy profundos de la piedra, lo cual genera una sucesión de espacios vacíos no conectados.



Fig. 34 y 35: En la izquierda alteraciones en hilada de disyunción y en la derecha distintos procesos de la exfoliación

Como degeneración asociada de la deslaminación y exfoliación de la piedra en diferentes planos, ocurre el redondeamiento de los bloques y la pérdida de asiento, comprometiendo el correcto apoyo de los sillares.

Respecto al proceso de desestabilización estructural principal del puente, los estudios realizados lo fundamentan en el movimiento de giro y deslizamiento de la pila hacia el río. Ésto, influido por las mencionadas filtraciones de agua que fueron desestructurando la fábrica, ha ocurrido principalmente en la cimentación y, en concreto, en los sustratos rocosos sobre los que se apoya la pila. Así, la gran cavidad de 0.40 m de altura, 6.00 m de anchura y 2.70 m de profundidad hallada en las inspecciones subacuáticas, formada por desaparición de un estrato arcilloso–yesífero, se ha ido repitiendo en otros de altura probablemente milimétrica por disolución del yeso en el agua.

En este proceso, en las últimas etapas, la pila se inclinó, lo que obligó a una adaptación del arco, el cual, al abrirse hubo de comportarse como un arco rebajado, aumentando el empuje horizontal: mayor empuje sobre la pila significan nuevas fisuras y nuevos accesos de agua a su interior, con disolución por el agua de la componente caliza de estas piedras calcarenitas y del propio mortero. Los sillares y dovelas pierden volumen, van desprendiéndose y cayendo, pero sus cargas, por el contrario, aumentan, lo cual supuso su colapso.

No queda claro si el colapso sucedió el 21 de enero de 2021 por el deterioro gradual del arco, pero la concurrencia de una crecida ordinaria del río Ebro induce a pensar que una erosión adicional de los sustratos subyacentes propició una mayor inclinación de la pila más allá de la resistencia a compresión de las piezas de la bóveda. Esta interpretación ha influido en gran medida en la forma de reconstruir la bóveda, haciendo necesario asegurar su resistencia con los mismos elementos pétreos y sin corregir la posición de la pila.

5. PARTE III: RESTAURACIÓN

CRITERIOS GENERALES DE RESTAURACIÓN

La intervención de restauración en un elemento patrimonial en estado de ruina implica características particulares. Este proceso, en cierto sentido, simplifica el sujeto, ya que su única función es ser socialmente apreciado. Sin embargo, su propósito es conservar estos vestigios en un estado estacionario a lo largo del tiempo, a pesar de su desarticulación, lo que supone una tarea desafiante. Para lograrlo, se debe detener o al menos frenar los procesos degenerativos en marcha.

Al mismo tiempo, es crucial mantener la intervención dentro del marco normativo de la conservación patrimonial, representado por las diversas Cartas del Restauo. Estas referencias internacionales enfatizan aspectos más allá de la mera funcionalidad o durabilidad, como la integridad y autenticidad del elemento patrimonial. Por lo tanto, desde la fase inicial de redacción del proyecto, se ha trabajado para identificar los valores que sustentan estos conceptos en el Puente Mantible, guiando así la definición de objetivos y métodos de conservación.

En primer lugar, se ha buscado mantener la forma y diseño originales de los restos, lo que justifica la operación de anastilosis. Este proceso implica identificar cada pieza dispersa y ubicarla en su posición original hipotética, preservando así la correlación entre todas ellas para dar contenido a los conceptos de autenticidad e integridad.

Asimismo, se ha dado prioridad a la preservación de los materiales y la sustancia histórica. El objetivo es conservar en buen estado las partes no derruidas y, cuando sea posible, recuperar las partes caídas utilizando técnicas de cantería y albañilería tradicionales.

Además, se han establecido objetivos relacionados con el mantenimiento del aspecto externo de los paramentos, incluyendo la textura y el color. Esto se ha logrado mediante técnicas de limpieza suave, saneo mínimo de juntas, selección cuidadosa del color del mortero de rejuntado, ajuste de la granulometría del mismo y reproducción de la técnica de rejuntado utilizada originalmente.



Fig. 36: Junta original ejecutada con un pase de la punta de la paleta

En cuanto a la restauración en sí, se han establecido criterios que priorizan la intervención mínima, la consolidación y estabilización, la no eliminación de elementos, la descripción y documentación previa a la acción, la preservación del aspecto primitivo y la reversibilidad de la intervención, entre otros.

Además, se ha prestado especial atención a la conservación preventiva, buscando reducir las necesidades futuras de conservación curativa mediante la implementación de barreras a la intemperie y sistemas de drenaje para controlar la entrada de humedad, que es la principal causa de deterioro en una ruina. Estos esfuerzos

están diseñados para mantener el aspecto de ruina una vez finalizada la obra, con la esperanza de prolongar su durabilidad con un mantenimiento mínimo.

CRITERIOS PARTICULARES PARA LA ANASTILOSIS

La anastilosis se define como el reensamblaje de los miembros existentes pero dispersos de un monumento, dentro de un marco de preservación y presentación de monumentos antiguos. Desde la Carta de Atenas de 1931, se recomienda la anastilosis cuando es posible conservar las ruinas. La Carta de Venecia de 1964 menciona el uso adecuado de esta técnica, enfatizando que los elementos de integración, es decir, los nuevos, deben ser siempre reconocibles y constituir el mínimo necesario para garantizar las condiciones de conservación del monumento y restablecer la continuidad de sus formas. Por lo tanto, la anastilosis del arco derrumbado en el puente Mantible es una intervención aceptada, e incluso recomendada, ya que, según el conocimiento que tenemos de esta estructura antes de su derrumbe, asegura la preservación efectiva de la misma.

Para esta anastilosis, se contaba con un levantamiento fotogramétrico realizado en 2017. Además, los sillares, rotos o no, se encontraban tal y como habían caído en el suelo, sin haber sufrido el paso del tiempo como en otros casos de anastilosis, lo que proporcionaba condiciones ideales para la clasificación y recuperación ordenada de las piezas. Por lo tanto, era preferible realizar la anastilosis para evitar dos problemas comunes asociados con un vestigio histórico derrumbado: primero, facilitar la comprensión del monumento, ya que la ausencia del arco dificulta una interpretación precisa de los restos; y segundo, prevenir la dispersión y degeneración de los restos del puente debido al robo o vandalismo, o incluso, en el caso de acciones bien intencionadas, evitar que los restos fueran trasladados a un almacén de custodia, separándolos del conjunto original.

En consecuencia, se propuso y llevó a cabo la anastilosis del arco, recuperando el máximo número posible de piezas, reparándolas si fuera necesario, y complementándolas con el mínimo número posible de piezas nuevas. Esto se realizó con dos objetivos: restablecer la forma y la capacidad estructural de la bóveda.

La construcción de una bóveda estable de esta luz es generalmente simple, ya que un arco es firme siempre que cumpla con ciertas condiciones geométricas mínimas. Además, un arco no necesita tener una forma de traza circular perfecta. De hecho, ni siquiera el día siguiente a su descimbrado hace aproximadamente 10 siglos, la bóveda de Mantible tenía un arco de medio punto perfecto: errores constructivos, deflexión de la cimbra bajo el peso de los sillares, descenso diferencial de la cimbra, imperfecciones de la fábrica y otros factores borrarían cualquier idealismo de la traza. A lo largo de los siglos, la estructura experimentó movimientos. Más recientemente, la pila ha rotado de forma repentina o progresiva alrededor de varios ejes, y ha sufrido un probable deslizamiento hacia el río. Esto provocó que uno de los arranques de la bóveda se desplazara hasta un punto que probablemente ocasionó su colapso en 2021. Justo antes de colapsar, la bóveda fue capaz de adaptarse al movimiento de la pila, demostrando su capacidad de adaptación y adquiriendo una forma mucho más rebajada que en el momento de su construcción original.

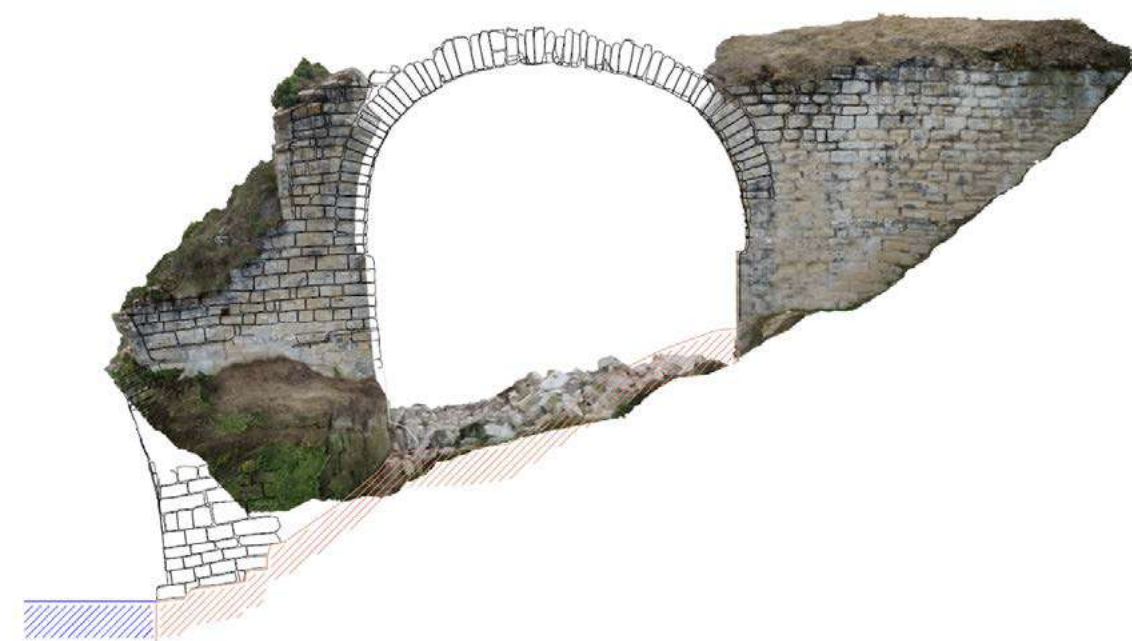


Fig. 37: En línea negra la geometría antes del colapso, en imagen real después del mismo.

Sin embargo, restaurar la bóveda a esa posición en una anastilosis provocaría un colapso inmediato durante el descimbrado, a menos que se vuelva a verticalizar toda la pila. Dado que el criterio fundamental de restauración es realizar la mínima intervención posible, se reconoce que la opción más conservadora es asumir el movimiento experimentado por la pila a lo largo del tiempo.

En resumen, se procedió a la anastilosis sin modificar la posición desplazada de la pila, la cual solo se estabilizó y consolidó, principalmente mediante inyecciones de lechada de cal. Para prevenir el colapso durante el descimbrado y evitar las circunstancias del último colapso, se agregaron 5 hiladas nuevas en la bóveda, aproximadamente un metro en total, lo que hace que el rebajamiento del arco no sea tan pronunciado y reduce el empuje sobre la pila. Esto también permite que el arco tenga una forma coherente, como se puede observar en la imagen adjunta.

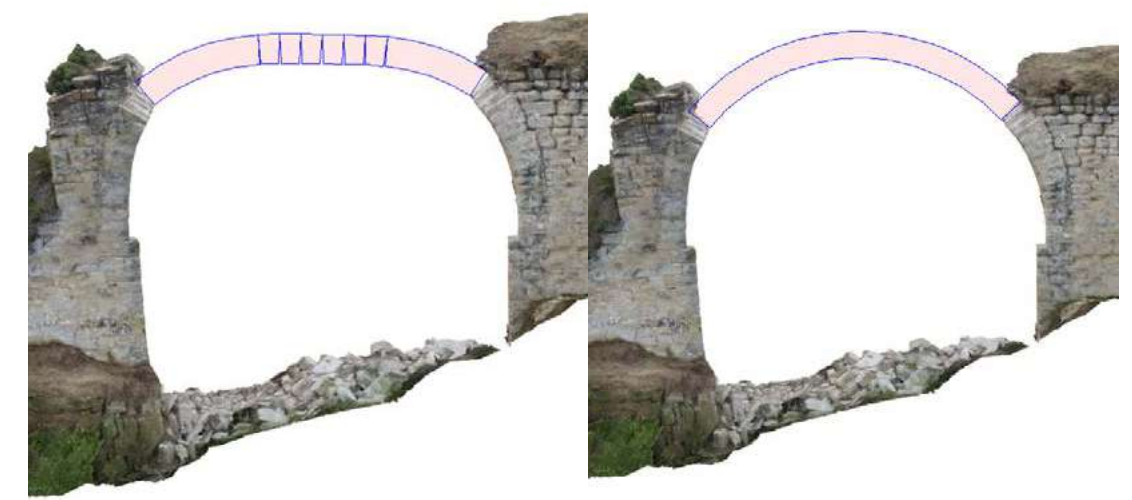


Fig. 38 y 39: A la izquierda esquema de reconstrucción de la bóveda solo con el número de hiladas original. A la derecha añadiendo hiladas correctoras de la geometría

Estas nuevas hiladas hacen posible una anastilosis de la bóveda sin utilizar elementos de soporte externos al monumento. Todo esto facilita la comprensión global de la estructura, hace que vuelva a funcionar como arco y no se perturba la pila, ni modificándola ni sometiéndola a empujes excesivos.

ESTABILIZACIÓN DE LA PILA

Las labores de estabilización de la pila, fueron las primeras acciones que se ejecutaron, en septiembre de 2021, debido a la posibilidad de un nuevo desplazamiento de la pila. Estas labores se dividen en dos fases: cimentación de la pila, desde la cota de la lámina de agua hacia abajo, y cuerpo de la pila, desde la lámina de agua hasta la coronación de la pila. El objetivo general fue detener los movimientos.

Para la consolidación de la cimentación se desarrollaron las operaciones para frenar, con intención de que fuera de forma definitiva, cualquier movimiento de descenso, giro o deslizamiento de la fundación. La primera operación consistió en macizar con hormigón la cavidad detectada en el cantil del río. Además, se procuró rellenar las cavidades que por no tener una comunicación con el exterior no eran visibles. La solución fue hacer perforaciones, con distintos ángulos, hasta el lecho rocoso para rellenarlas con grout. Estos materiales de aportación, grouts y hormigón, eran de cemento portland, ya que debía evitarse que la presencia continua de agua disolviera a largo plazo el material. Además, se aprovecharon esas perforaciones para disponer barras de acero inoxidable cosiendo los distintos estratos, eliminando así las posibilidades de deslizamiento entre ellos.



Fig. 40 y 41: A la izquierda, labores subacuáticas en la cimentación de la pila de encofrado, y a la derecha el recalce.

Las labores subacuáticas se realizaron con equipos de buzos profesionales. El trabajo inicial fue la búsqueda de piezas pétreas desprendidas y sumergidas. Además, se aprovechó para registrar con topografía la forma del cauce cercano a la pila, comprobándose que la cavidad no se había modificado tras el colapso del arco. Esto se interpretó como que el movimiento de la pila no estaba ligado a la cavidad grande, si no a otras menores de más difícil detección.

Se comenzaron las operaciones de recalce subacuático, para asegurar la cimentación y frenar los procesos erosivos principales. Previo al hormigonado, fue necesario encofrar toda la longitud del tajamar sumergida anclando y apoyando los paneles en el lecho rocoso del río a profundidades superiores a 3 m. Durante estas operaciones la visibilidad en sumersión fue normalmente menor a 30 cm.

Una vez colocados los encofrados se bombeó el hormigón en la cavidad controlándose el relleno efectivo de la misma por medio de bebederos y purgas. A continuación, se hormigonó un paramento sumergido para frenar de forma completa las erosiones. El hormigón utilizado es de tipo autocompactante, para que sin vibrado pudieran rellenarse todos los huecos, y sulfurresistente, debido al yeso del terreno.

Posteriormente se comenzaron las operaciones de relleno de las cavidades más ocultas. Para ello se ejecutaron perforaciones desde el terreno plano alrededor de la pila y se inyectaron con lechada de cemento

o grout, a la vez que se introdujeron barras de acero inoxidable de 20–25 mm de diámetro. Estos rellenos de material cementoso afectaban solo a la roca subyacente buscando una mayor resistencia y una menor permeabilidad. Además, con el cosido de barras de acero se ha tratado de anclar la pila, impidiendo todos los movimientos de deslizamiento al coser los estratos rocosos.

La mezcla fluida, inyectada por colada en las perforaciones, consistió normalmente en grout de cemento, en la profundidad rocosa, y lechada de cal hidráulica en cotas superiores, es decir, en la obra de fábrica.

Estas operaciones de inyección se organizaron en baterías de perforaciones. Se puede indicar que durante la primera batería de inyecciones la admisión de grout fue de aproximadamente de 2 m³ sin pérdidas apreciables hacia el exterior, lo que se interpretó como una confirmación de la existencia de cavidades ocultas. Se ajustó el número de perforaciones a mayores hasta que el volumen de material admitido en el sustrato se hizo despreciable, lo cual venía a confirmar el relleno completo de los huecos.

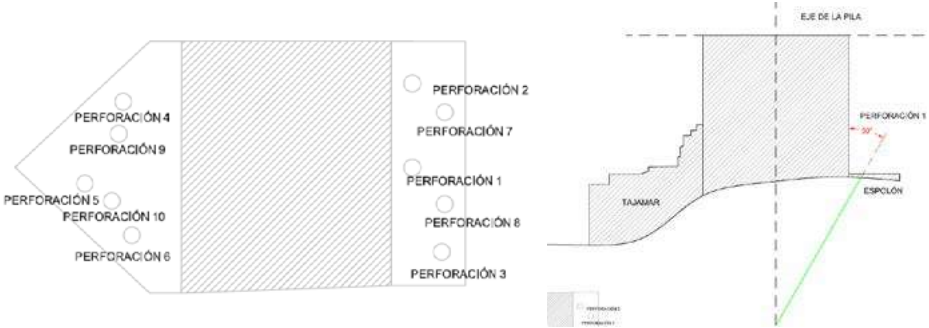


Fig. 42 y 43: A la izquierda, perforaciones desde el tajamar. A la derecha sección vertical de la pila.

La siguiente fase fue la consolidación estructural del cuerpo de la pila, muy desarticulado por los movimientos de las lastras pétreas en las que se apoya. Para recuperar el monolitismo de esta fábrica de la pila se han ejecutado perforaciones armadas con barras de acero inoxidable corrugado e inyección de lechada o grout de cal hidráulica.



Fig. 44 y 45: Perforación en el espolón a la izquierda, y relleno por colada de la perforación a la derecha en el tajamar

Previamente se eliminó la vegetación, se limpiaron los paramentos, se sanearon las superficies y las juntas y se rejuntaron los paramentos de la pila, anulando escapes de lechada durante las inyecciones posteriores.

Las perforaciones, una vez inyectadas con la lechada de cal, han servido para cohesionar el relleno granular de la fábrica de sillería de la pila y colmatar con material competente los huecos que se podían ver desde las

mismas grietas. El objetivo ha sido recuperar su competencia estructural como un cuerpo único estabilizado. Se ha de señalar que este elemento soporta el empuje de uno de los arranques de un arco, y que su propia debilidad, en alguno de sus niveles, provocó posiblemente el colapso. Además, el cuerpo más alto de la pila debió coserse en vertical, ya que manifestaba una seguridad insuficiente al vuelco ante la acción de arco reconstruido, lo cual pudo comprobarse en los cálculos. Debe recordarse que los empujes de la estructura reconstruida son mayores que los primitivos a causa de la luz y el peso de la bóveda reconstruida, haciendo necesario este refuerzo que, en todo caso, se realizó con las mismas técnicas descritas en el resto de cosidos de consolidación, aunque con barras corrugadas de 32 mm de diámetro.



Fig. 46 y 47: A la izquierda se aprecia a un operario realizando las perforaciones desde el frontal de la pila desde el andamio descolgado sobre el Ebro. En la imagen derecha se aprecia a dos operarios, El más cercano realiza una de las perforaciones desde la coronación del cuerpo superior de la pila, el operario más alejado se encuentra vertiendo la lechada de cal de forma manual, una vez colocada la barra de acero inoxidable con ayuda de la grúa torre.

Se ha de señalar que el control de la presión de inyección ha sido una constante durante toda la obra, ya que el riesgo de rotura de los paramentos por la presión hidrostática está siempre presente.

RECUPERACIÓN DE LAS DOVELAS

Siendo el objetivo de la anastilosis recolocar las dovelas caídas en su posición primitiva, ha sido necesario poner en marcha un procedimiento de recogida y análisis de los restos basado en metodología arqueológica. Este sistema se ha basado en la documentación completa del proceso de recogida de las piezas y en su acopio ordenado. Todas las piezas a la vista en cada estrato se inventariaron y etiquetaron antes de ser recogidas. El inventario incluye más de 500 piezas completas o fragmentos de piezas rotas caracterizadas por sus dimensiones, forma, posición de caída y correlacionada con las adyacentes. La trazabilidad de la operación hubo de ser estricta etiquetando las piezas con medios reversibles, para no dañar la piedra, pero suficientemente seguros como para no perderse.

El procedimiento de recogida comprendió 4 niveles estratigráficos del derrumbe. En cada uno se procedió limpiando la tierra, morteros, mampuestos íntegros y otros elementos a la vista, luego se etiquetaron y se documentaron, para ser recogidas, a continuación, quedaban a la vista un nuevo nivel de piezas y se empezaba de nuevo el proceso. Aunque el protagonismo de esta operación fue el sillar o sus fragmentos, también el material menor se acopió para un uso posterior dentro de la obra.



Fig. 48: Vista cenital del montón de piedras caídas en el segundo nivel de recogida.

El análisis estratigráfico ha tenido en cuenta las relaciones directas de cada pieza con sus inmediatas dentro misma hilada como de las situadas en hiladas adyacentes. Para este análisis se ha contado con los levantamientos fotogramétricos del estado previo a la ruina del arco y de su estado previo a la actuación. (Rodríguez y Valle, 2017 y 2021) más las colecciones de fotografías tomadas durante la fase de elaboración del primer proyecto de restauración, en el verano de 2020.

No todas las piedras recuperadas tienen la forma tronco piramidal propia de una dovela de arco, ya que muchas son prismáticas e, incluso, un grupo de ellas no se ajusta a estas dos formas básicas más que de

forma aproximada. Las dimensiones globales son muy variables, siendo la dimensión mayor de aproximadamente un metro. Para el inventariado se midieron sus tres dimensiones globales, habiendo sido fundamental diferenciar entre las superficies por el intradós y trasdós para determinar la posición final del elemento. Se dio la circunstancia de que era posible hacer esta distinción ya que casi siempre las caras vistas están tratadas con un apiconado oblicuo.



Fig. 49 y 50: Imágenes de los acopios numerados de las piezas recuperadas sobre las plataformas andamiadas.

Las piezas una vez fotografiadas eran levantadas con ayuda de unas pinzas que abrazaban los sillares de forma segura con la participación de la grúa torre.

Otras características de las piezas son las siguientes: peso específico 2.300 kg/m³ y volumen medio 0,07 m³. Esto supone un peso medio por pieza de 161 kg, aunque hay alguna de más de 250 kg.

La intervención material sobre las piedras recuperadas consistió en su limpieza por medios suaves, principalmente cepillos de nailon. También se despegaron los restos de mortero utilizando herramientas de mano, lo que fue factible de forma sencilla gracias a la baja resistencia de la cal original. Posteriormente se estableció el tratamiento que requería cada pieza dependiendo de si era necesaria una reconstrucción o reintegración. Este análisis se centró en distinguir aquellas piezas que requirieran poca restauración (54% del total) de aquellas que necesitaban reconstrucción para que cumplieran su función (30%). El resto, 16% se decomisaron de su uso como dovela, ya que se consideró que no eran aprovechables por su gran disgregación o porque no pudieron casarse con otros fragmentos para formar dovelas, por lo que fueron empleadas para enripiados desde el trasdós en las mismas zonas de donde se presumía que eran originarias.

Pieza	Acho intradós cm	Ancho trasdós cm	Longitud intradós	Longitud trasdós	Canto 1	Canto 2	Conservación	REUTILIZABLE	Propuesta anastilosis	Observaciones de actuación Y COLOCACIÓN CON ACABADO EN OBRA
111	31,00	36,00	34,00	46,00	92,00	92,00	Golpe intradós	SI	Boquilla aguas arriba	REINTEGRACIÓN INTRADÓS + LAJA TRASDÓS EN LA DIRECCIÓN DEL TENDEL
112							Mitad exterior	NO	Intradós	DESCARTAR Y PIEZA NUEVA. Aprovechamiento A, R o C (según Criterios de Anastilosis. Versión 2)
113	23,00	26,00	39,00	39,00	55,00	55,00	1/2 trasdós de la n° 75	SI	Núcleo	COSER Y PEGAR A LA N° 75.
114	25,00	18,00	49,00	35,00	70,00	70,00	Golpes en intradós y aristas canto	SI	Intradós	AÑADIR LAJA CANTO EN LA DIRECCIÓN DEL TENDEL Y AÑADIR INJERTO LLEGAR DIMENSIÓN CANTO + PEGAR
115	15,00	16,00	53,00	60,00	105,00	105,00	Muesca Cuña cantero	SI	Intradós	
116	13,00	14,00	48,00	45,00	57,00	69,00	Golpe intradós	SI	Intradós	REINTEGRACIÓN INTRADÓS + INJERTO TRASDÓS HASTA DIMENSIÓN CANTO + PEGAR
117	20,00	27,00	40,00	43,00	50,00	60,00	Fragmento con roturas longitudinal, y transversal en el intradós y trasdós	SI	Boquilla aguas abajo	COLOCAR + GENERA HUECO + LAJA LONGITUDINAL CANTO + TAPA TRASDÓS

Fig. 51: Extracto de tabla resumen empleada para el control de las piezas.

Se definió un tratamiento individualizado para cada sillar que lo requiriera con el objetivo de que en su situación final cumpliera con su misión estructural. Los objetivos fueron la recuperación de su geometría y posibilitar una resistencia a compresión suficiente.

Muchas de las piedras a reconstruir tenían como problema dominante que se hallaban fracturadas en dos o más trozos. Por ello hubo de realizarse el pegado de fragmentos sueltos mediante adhesivo epoxi más un cosido con varillas corrugadas de acero inoxidable. El motivo de este doble tratamiento es que los planos de rotura se encontraban sistemáticamente en dirección de la bóveda. Por tanto, la fuerza de compresión a la que iban a ser sometidas dentro de la estructura da lugar a unas tracciones transversales que deben ser soportadas por las varillas, constituyendo la resina epoxi principalmente un material de asiento y sellado de los planos de rotura.

La operación de reconstrucción de la pieza consistió en la limpieza escrupulosa de las caras fracturadas, eliminando polvo y descohesiones. Sobre esas caras se aplicó el adhesivo antes de posicionar los fragmentos. Se utilizaron mordazas para mantenerlos en su sitio y, una vez endurecida la resina, se procedió al cosido con varillas de acero previa ejecución de los taladros. Para ello, se introdujo el adhesivo epoxi tixotrópico por gravedad aprovechando que las piezas se podían orientar de forma favorable para, acto seguido, introducir las varillas, lo que completaba la unión.

Un caso particular es el de la pieza 249, cuyo proceso de consolidación y restauración partía de la recuperación e identificación de cuatro fragmentos desiguales que hubieron de pasar por el tratamiento de pegado y cosido antes descrito. Esta pieza además requirió la reintegración del volumen faltante con mortero de cal, operación que en dicho caso fue posible ya que el propio encaje en la forma iba a impedir su expulsión por la fuerza de compresión del arco. Además hubo de injertarse con un fragmento de piedra descartada para que pudiera alcanzar la dimensión exigida.



Fig. 52 y 53: A la izquierda, se aprecia la pieza 249 en estado previo, y a la derecha, una vez restaurada, previo a la reintegración con mortero y el injerto en la parte del trasdós.

En la siguiente tabla se especifica el criterio de identificación de la ubicación de cada pieza en base a la fiabilidad de los datos obtenidos, lo que permite cuantificar la fiabilidad de la anastilosis realizada.

Grupo	Grado de certeza	Evidencias	Total	Tipo
1	Absoluto	Documentación gráfica	57	Boquillas
2	Alto	Estratigrafía	178	Intradós
		Documentación gráfica	4	Rifiones
3	Medio	Ubicación caída y dimensiones	93	Intradós y boquilla
4	Bajo	Dimensiones	118	Intradós y boquilla

Fig. 54: Tabla de grados certeza: absoluto (documentación gráfica), alto (estratigrafía), medio (ubicación caída y dimensiones) y bajo (dimensiones).

Adicionalmente, se han añadido una serie de piezas recuperadas del arquillo de desagüe de la pila y de zonas anexas aparecidas durante las labores de limpieza ocultas entre la vegetación.

EJECUCIÓN DE LA ANASTILOSIS

La bóveda del puente, según planos y fotografías anteriores a su ruina, presentaba una rosca de hiladas más o menos horizontales que a medida que alcanzaban el centro, contaba con piezas más estrechas y ofrecían mayor sinuosidad. Se reconocía el desdoblamiento de algunas hiladas y se comprobó que el arco se construyó con grandes y profundas dovelas de ligera sección trapezoidal, a veces prismáticas, que solo podían quedar bien asentadas con el empleo de suplementos de mortero hacia el trasdós a fin de lograr una geometría correcta de medio punto de la rosca. Es decir, la obra original no tenía la regularidad de una fábrica de sillares bien cortados, ya que la preparación de las caras era a veces muy escasa. Además, el estado de desgaste y rotura de las piezas planteó algunos desafíos: caras de asiento con bultos o abombadas, pérdida de fragmentos y aristas indefinidas impiden seguir los procedimientos que se la hubiesen dado a piezas de obras con geometría más definida. Es decir, nuestro proceder debía ser algo diferente del de los primitivos constructores por causa de los redondeos y pérdidas irregulares que ellos no tuvieron que manejar.



Fig. 55: Intradós del arco antes de su derrumbe con identificación de piezas de boquilla y de hiladas.



Fig. 56: Intradós final del arco reconstruido.

La prioridad fue la recolocación de las piedras recuperadas en su posición previa. Sin embargo, hubieron de añadirse piedras nuevas las cuales se cortaron teniendo en cuenta las dimensiones medias de las piezas catalogadas, de los huecos o huellas dejadas en las fotografías de los estudios previos y en las dimensiones de las piezas contiguas según matriz arqueológica.

También, como se ha indicado más arriba, para adaptarse a la nueva geometría originada por el desplazamiento de la pila, se han añadido 5 hiladas nuevas de nueva aportación. Estas hiladas no se han colocado en las cercanías de la clave, sino que en aras de una mejor interpretación del monumento se han dispuesto en el lado en el que se han producido los movimientos históricos, es decir, en el lado del arco que entronca con la pila.

La reconstrucción comenzó con la colocación de la cimbra y sobre ella el entablonado de madera que da forma al intradós del arco. Las dovelas se apoyan sobre dicho entablonado el cual desciende por el peso añadido, debiéndose prever esta deformación para que la geometría final sea la esperada.

La colocación de sillares solo dio comienzo una vez logrado el acuerdo del equipo multidisciplinar sobre la base de un plano en el que quedaban identificada la posición de todas las piezas primitivas y los huecos a completar con nuevas. Este plano de referencia mostraba las dovelas según la longitud desarrollada del intradós del arco y con pocas variaciones se ha seguido desde el principio.

Toda la operación ha venido guiada por un documento redactado al efecto con todos los criterios de montaje en el que se coordinan, de forma particularizada, las singularidades de esta obra: el tratamiento de las dovelas existentes y de las dovelas de nueva aportación, como lograr un aparejo tan irregular como el original de la fábrica, como deben tratarse las llagas y los tendeles, la formación de acuñado por el trasdós mediante enripiados con lajas y cuñas y otros aspectos de detalle.



Fig. 57 y 58: A la izquierda, el montaje de la cimbra y a la derecha, la formación de la directriz con camones .

Se puede mencionar que el objetivo ha sido potenciar la resistencia a compresión de la fábrica a pesar de reutilizar piezas provenientes de un fracaso estructural. Como las dovelas son esencialmente las mismas, el único punto de mejora es el mortero que une las piedras. Así, el juego ha sido recurrir a los aquellos parámetros que definen la resistencia de la combinación de piedra y mortero pero que solo dependen del mortero: una resistencia característica del mortero mayor que la original, lograda con un mortero de cal con adiciones que permitan conservar una permeabilidad al vapor de agua suficiente, y el menor espesor de las juntas que ha sido posible lograr a pesar del desgaste heterogéneo de las piedras. Para el primer punto se ha usado un mortero NHL de resistencia característica de 15 MPa a 28 días, mientras que la solución al segundo punto ha sido un uso extensivo de lajas, cuñas y ripios que ha permitido que las juntas, a pesar de tener un aspecto en general grueso en el exterior, debido al redondeo de los sillares, tengan un espesor efectivo, desde el punto de vista estructural, escaso.



Fig. 59 y 60: A la izquierda, una fase del montaje para su ajuste y la derecha, el montaje definitivo

Para comprobar la posición de las piezas y definir los espesores de lajas necesarias se hizo un montaje en blanco por hiladas. Para ello se iban casando todas las piezas de una hilada para ser analizadas en conjunto antes de ser aprobada su colocación final.

Se alternó la ejecución de las hiladas por el lado del estribo y por el lado de la pila a fin de que la carga sobre la cimbra fuera simétrica. Se cuidó que las piezas estuviesen colocadas de forma radial. Como las piezas originales no tenían siempre la forma acuñada necesaria se hizo uso de una plantilla de madera para garantizar el ángulo de las piezas de boquillas, estando las piezas interiores referenciadas de forma subordinada a las de la boquillas.

En las piezas de nueva aportación, de piedra calcarenita Sanza, se ejecutó un apiconado de las caras vistas con líneas paralelas a una de las aristas, siendo aleatoriamente la arista mayor o la menor. Se ha evitado en todo momento el apiconado diagonal para que el espectador interesado pueda visualizar desde el suelo la distinción de las piezas nuevas respecto de las originales.

Además, los elementos constructivos originales, en concreto los cajeados que probablemente alojaron rollizos de anclaje de la cimbra original, se han conservado por el intradós dentro de sus hiladas respectivas con objeto de reproducir la obra primitiva.



Fig. 61 y 62: A la izquierda, proceso de formación de cajeados, y a la derecha, las huellas de los mismos

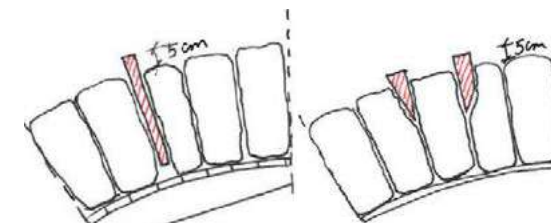


Fig. 63 y 64: A la izquierda, la regularización de piezas desiguales mediante colocación puntual de lajas, y a la derecha, enripiados desde el trasdós para reducir el espesor de las juntas.

A medida que se iban asentando las hiladas sobre el mortero consistente, se ha ido rellenado los huecos residuales por medio de mortero fluido de la misma calidad asegurando la ausencia de huecos. Al final de esta fase, la cara superior del arco mostraba el aspecto irregular propio de la falta de homogeneidad en las dimensiones de las piezas. Esto fue regularizado con una capa de hormigón de cal de espesor casi nulo en las boquillas y pendiente transversal del 1%. El motivo de este proceder fue doble: solidarizar todo el conjunto de forma adicional y crear una capa de forma sobre la que pudiera adherirse la impermeabilización superior. El material para regularizar fue el mismo de las juntas, aunque añadiendo grava de granulometría 6–10 mm y sin finos, lo cual aseguraba una resistencia de 15 MPa.

Las actuaciones estructurales al nivel de la bóveda acabaron con la inyección con cal de los arranques del arco conservados para asegurar que cualquier desarticulación de esa parte original de la obra, lo cual suponía una debilidad que pudiera manifestarse durante la puesta en carga, quedara resuelta.



Fig. 65 y 66: A la izquierda, relleno con mortero fluido, y a la derecha, aplicación de hormigón de cal.

DESCIMBRADO

El proceso de descimbrado es una operación clave en la construcción de un arco, ya que es cuando este recibe su carga y se puede comprobar si la estructura es estable. Históricamente se ha tratado siempre de una fase crítica. En este caso la obra recuperaba una forma cercana a la original, aunque con unas tensiones de trabajo, debido al mayor peso y a la mayor luz, algo mayores que las originales. Para el éxito de la operación se elaboró un estricto protocolo definiendo fases y el comportamiento esperado del arco. Además, el proceso fue seguido con topografía y otros medios de auscultación. En dicho protocolo se fijó que la maniobra de descimbrado se debía realizar de forma lenta, progresiva y uniforme.

Se fijó la fecha de descimbrado en la fecha prevista en que se alcanzaran los valores de resistencia mínima requeridos del mortero. Las probetas realizadas confirmaron los valores y se dio aprobación a la operación.

Los días previos al descimbrado se fueron colocando los aparatos de seguimiento: dianas, mini prismas, estaciones totales, testigos de yeso, fisurómetros y péndulo de descenso. Igualmente se fue instruyendo a los participantes para una adecuada coordinación.

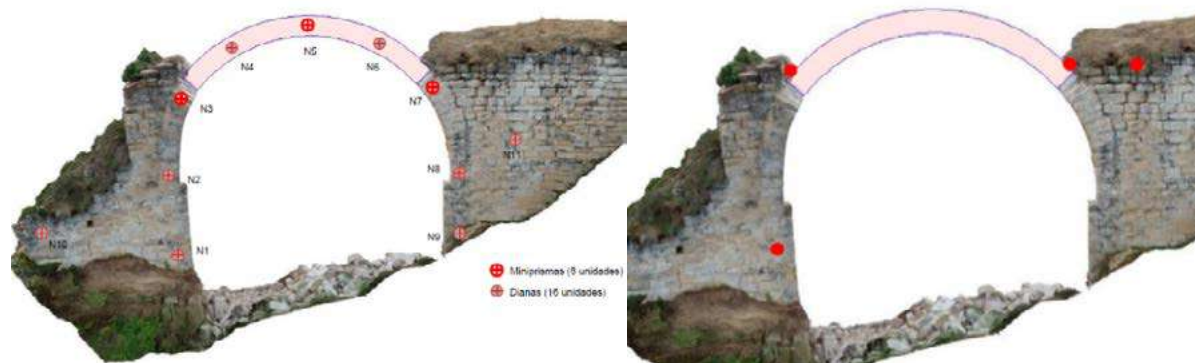


Fig. 67 y 68: Puntos de control topográfico. A la izquierda, la colocación de mini prismas y dianas. Y a la derecha, la colocación de los fisurómetros de precisión. Colocados en los alzados aguas arriba y abajo.

Cada una de las fases en que se había dividido el descimbrado comprendía primero la lectura y registro de los medios de control y después la recogida de los pies derechos y puntales con husillos con giros predefinidos de la rosca, con lo cual la carga se fue transfiriendo de forma lenta desde la cimbra apoyada en el suelo a la bóveda apoyada en estribo y pila.



Fig.69: Imagen del desapeo durante la manipulación de los husillos de los pies derechos.

En un momento dado se produjo la separación neta entre la cimbra y el arco con lo que se pudo dar por concluida la operación. Para asegurar que no existía contacto con la cimbra se bajó unos centímetros más, aunque, preventivamente se dejó la cimbra unos días más en esa posición. Comprobada de nuevo la ausencia de descensos adicionales de la bóveda y verificados los medios de auscultación se procedió a la retirada de la cimbra.

Las operaciones de la bóveda acabaron con el rejuntado de las caras vistas del arco, es decir, de las caras verticales de las boquillas y del intradós de la bóveda, utilizándose el mismo material que en el resto de los rejuntados de la obra previamente validado por su color. Se han rejuntado de un color más oscuro las llagas y tendeles en donde se produjo la línea de rotura original del colapso como testimonio del suceso.

CORONACIONES

Todas coronaciones de la estructura por las que se pueden infiltrar aguas pluviales han sido impermeabilizadas por uno u otro medio, y las singularidades de cada ubicación obligaron a desarrollar una panoplia de soluciones y detalles. El objetivo fue impedir la entrada de agua al interior de la fábrica, que había provocado tantos daños a la arenisca y que, de continuar, conducirían a una pérdida irremisible más pronto que tarde.

El sistema más potente, apropiado para las coronaciones más horizontales de pila, tajamares, estribo y toda la bóveda del arco, ha sido una doble lámina asfáltica antirraíces, previa cama de mortero de cal hidráulica en formación de pendiente de evacuación. Este sistema se ha separado de la obra original por medio de una malla de fibra de vidrio que atestigua la diferencia entre los materiales puestos y los originales. Adicionalmente se ha dispuesto, donde ha sido necesario para evitar el encharcamiento, un sistema de drenaje oculto.

Hay un caso particular, el de la superficie inclinada en donde el relleno de la pila quedó expuesto a la intemperie y a una fácil entrada de agua en el relleno después de la caída del arco que salvaba el río Ebro, en donde se determinó imperativo actuar. En esta superficie no era posible disponer una lámina impermeabilizante al uso, lo cual hubiera desvirtuado la visualización de relleno –simples mampuestos planos de arenisca aplicados en horizontal y recibidos en cal–. Esto venía a prefigurar una especie de ineficaz tejado, por lo que se optó simplemente por cubrir la superficie horizontal superior de cada mampuesto de una fina capa inclinada de mortero de cal armada con malla de fibra de vidrio anclada al relleno. Esto ha creado una capa de sacrificio con pendientes apropiadas de desagüe hacia el río, pero sin llegar a cubrir el relleno, el cual se puede seguir interpretando como la superficie de rotura que es.

El acabado superior protector de la bóveda en su trasdós, en los tajamares de la pila y la propia pila, se colocó sobre la impermeabilización bicapa antirraíces, y consistió en mampuestos en lajosos de forma escalonada con un cierto solape. Se buscaban así dos objetivos, ser fiel al aspecto del relleno originalmente existente que se perdió al caer con el arco y ganar una suerte de techado con efecto de teja y función de hilada de sacrificio que dado el caso pudiera levantarse y sustituirse.



Fig. 70 y 71: A la izquierda la coronación del tajamar aguas arriba y a la derecha la coronación del tablero del arco

En la propia estructura del estribo, que sufría por la infiltración de las aguas pluviales se hubieron de acomodar las pendientes para un correcto desagüe, pero facilitando siempre la interpretación del monumento. Para ello se completó la coronación del estribo, empleando piedras nuevas de reposición y piezas recuperadas. Se emplearon piedras escuadradas, ya sea trabajadas por todos sus lados o solo por una de sus caras, dependiendo de las necesidades que planteaba la obra original. Esto sirvió para completar las formas generales con hiladas de sacrificio prolongando hacia arriba las estructuras internas, básicamente muros de una o dos hojas, lo que las dejaba a la vista. De forma específica en los muros de doble hoja rellenos originalmente de bolos, cuya hoja exterior se ha derrumbado, se ha acudido a que el cierre superior fuera ejecutado con el mismo tipo de mampuesto redondeado. Como se ha indicado antes se ha dispuesto siempre una malla de fibra de vidrio que separara los materiales añadidos de los originales. Por encima se coloca la lámina impermeabilizante y, arriba del todo, pero solo en la parte plana una capa drenante de gravilla de un color similar a la de la piedra.



Fig.72: Imagen de coronación del estribo con piedra machacada y coronación de bóveda con estribo

AUSCULTACIÓN

Se realizaron mediciones topográficas clásicas para seguir los movimientos de la pila y del arco de manera continuada durante la ejecución de la obra, aunque de forma más intensa durante la estabilización de la cimentación y el cuerpo de la pila, y durante el descimbrado y puesta en carga del arco.

Se puede mencionar que aún hasta el año 2023, se pudieron detectar movimientos de varios milímetros en uno los paramentos de la pila. Estos movimientos aconsejaron prorrogar la campaña de inyecciones de consolidación. Posteriormente no se han medido más movimientos, sirviendo la auscultación realizada para certificar la paralización de dichos desplazamientos.

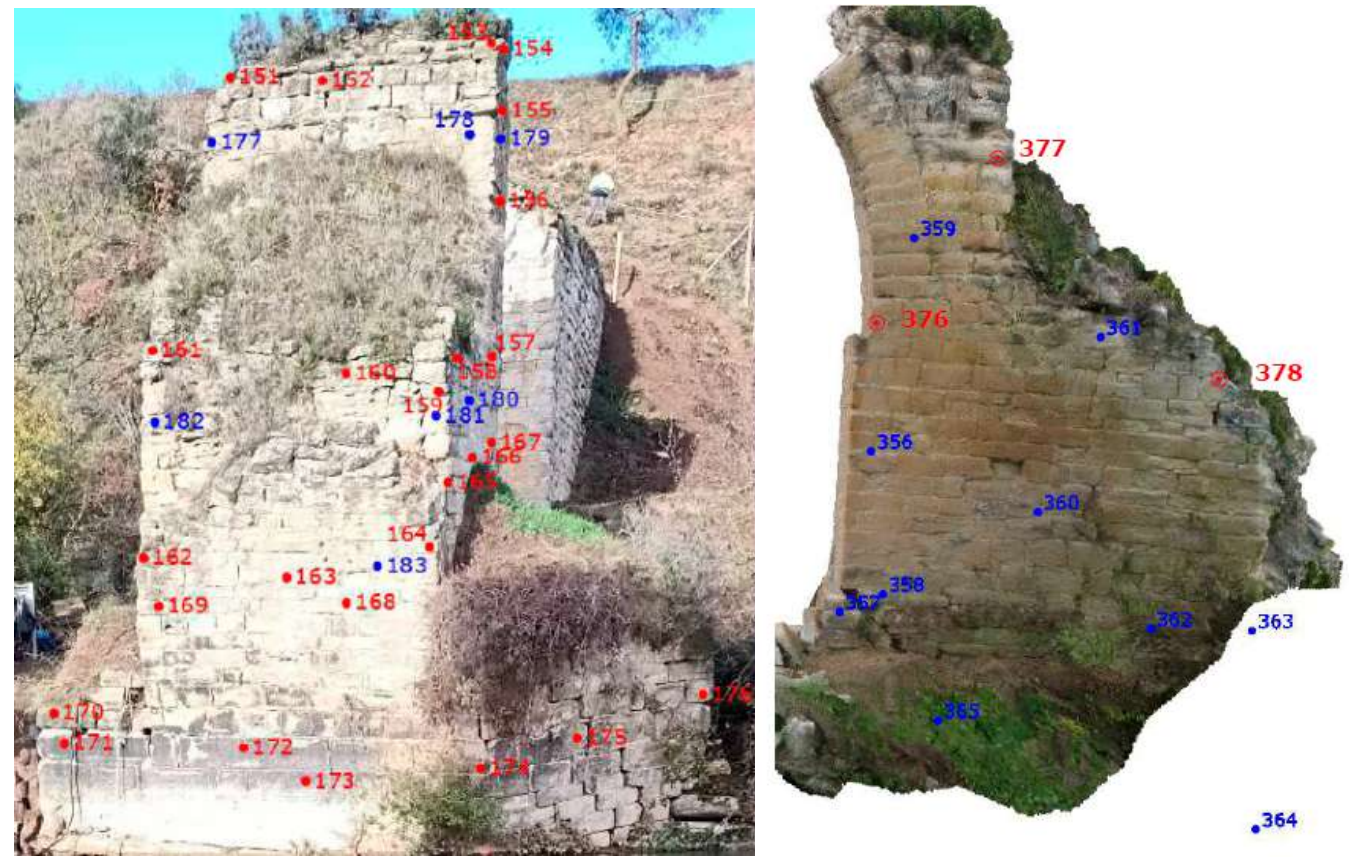


Fig. 73 y 74: A la izquierda, los puntos de control referenciados en la pila en el frontal desde el río. Y a la derecha los puntos de control referenciados en el alzado de la pila aguas abajo.

Todo este proceso de auscultación ha dado lugar a una extensa documentación y da pie a la continuidad a largo plazo del seguimiento.

DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA

Se realizó una caracterización geométrica gráfica durante todas las fases de retirada, con metodología arqueológica, de material y escombros.

Una vez restaurado el arco, para generar los datos espaciales, se recurrió a un procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales con distintos vuelos con dron.

Mediante esta técnica de fotogrametría digital, se ha generado una nube de puntos y un modelado 3D del volumen intervenido con precisión milimétrica.



Fig.75: Imagen del levantamiento fotogramétrico del puente restaurado, fachada de aguas arriba.

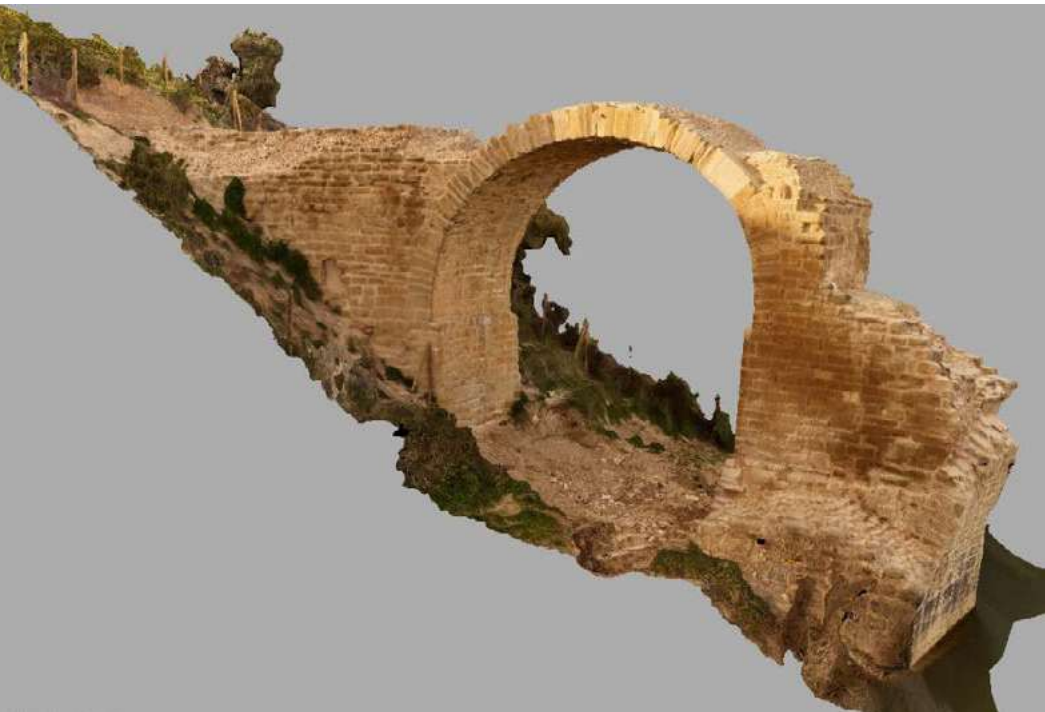


Fig.76: Imagen del levantamiento fotogramétrico del puente restaurado, fachada de aguas abajo.

EPÍLOGO

La demora del procedimiento administrativo aplicado para la contratación de las obras necesarias de consolidación del puente se alió con la mala fortuna y, desatendidas las alarmas, llegó un momento en el que inapelablemente las cargas existentes sobrepasaron la capacidad mecánica de las fábricas y se produjo el anunciado hundimiento del arco de la margen derecha, el de Logroño.

Una vez producido el siniestro, cierto es que en esa ocasión la administración municipal fue ágil para decretar que se procediese a reconstruir por anastilosis el arco hundido y contratar la asistencia técnica para redactar el proyecto de ejecución de las obras en Puente Mantible.

Expuesto en las páginas anteriores el método seguido en la reconstrucción del arco de Puente Mantible cabe hacer la primera autoevaluación de la actuación realizada. El tiempo dirá si fue acertada la decisión de efectuar su reconstrucción por anastilosis, pero no podrá ponerse en duda la meticulosidad con la que se ha realizado y la calidad de la documentación elaborada para el estudio científico de la obra ejecutada.

Ante la imposibilidad de actuar por emergencia y para justificar la urgente necesidad de ejecutar obras, participaron un elenco de empresas especializadas que, bajo un prisma multidisciplinar, científicamente formalizaron el diagnóstico del estado del Monumento. Se obtuvo un estudio geométrico del Monumento, documentado a la perfección, se certificaron las características físicas y mecánicas de todos los materiales, se dimensionó la oquedad formada por la erosión de las aguas del río Ebro en el subsuelo de la primera pila y se elaboró un informe con el diagnóstico de evaluación de cargas, estado mecánico y propuesta de actuación de las obras necesarias para garantizar la eficaz consolidación estructural del Puente Mantible.

El reto que suponía enfrentarse a la complejidad de la reconstrucción del arco y la singularidad de realizarlo por anastilosis, recuperando el material acumulado en el cauce del río, fue asumido formalizando un equipo técnico multidisciplinar para efectuar el control de la ejecución. Justo es anotar los créditos de quienes participaron: ARENAS Y ASOCIADOS, INGENIERIA DE DISEÑO, S.L.P. puso al frente de este proyecto a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos D. Guillermo Capellán Miguel y D. Javier Martínez Aparicio y el también ingeniero, colaborador en la dirección, D. Eduardo Rojo Vélez; en apoyo a la dirección estuvo el Arqueólogo D. José Manuel Martínez Torrecilla; la empresa adjudicataria de las obras Técnicas para la Restauración y Construcciones, S.A., TRYCSA, especializada en la restauración de Patrimonio Cultural, designo Jefe de Obra a la Arquitecta D^a. Carmen Molina Barrerio, Aparejador a D. Ignacio García Álvarez y Arqueólogo D. Ignacio Murillo Fragero de Urbe pro Orbe Patrimonio Cultural, corresponde también destacar la importante labor realizada a pie de obra por todos los operarios que participaron en la ejecución de los trabajos y en representación de todos ellos y por méritos propios reconocer a su encargado D. Julio González Rodríguez la permanente dedicación a la obra y un ejemplar compromiso para estar pendiente de la calidad con la que se ejecutaban cada uno de los trabajos, TÜV SÜD IBERIA SAU encargado de la Coordinación de la Seguridad y Salud en obra designó a los técnicos D^a Gemma Álvarez Fernández, D. Sergio Muga Lope y D. José Ignacio Rodríguez Rodero, y, por parte del Ayuntamiento de Logroño los Arquitectos D. Jesús M^a González Menorca y D^a. Sonia Martínez Martínez, responsables del contrato, junto al personal de la Oficina Municipal de Rehabilitación y Centro Histórico.

Una anécdota que acompañará a esta actuación en el Puente Mantible fue comprobar como en esta ocasión “se alinearon los astros” para lograr la colaboración administrativa que a priori, por su complejidad, parecía una utopía. Al decidir actuar en el Puente Mantible, a iniciativa del Alcalde de Logroño, se efectuó una visita oficial a la Diputación Foral de Álava, yendo a Vitoria y estableciendo el primer contacto personal ente los Servicios Técnicos de ambas instituciones. A partir de ese momento el compromiso de aunar esfuerzos a beneficio del Puente Mantible se hizo realidad.

Simultáneamente a la ejecución de las obras los Servicios Técnicos de la Diputación Foral realizaron varias actuaciones de interés: analizaron los componentes para facilitar la delimitaron el entorno del Monumento, caracterizando y evaluando sus contenidos y cualificando sus elementos singulares; ampliaron los estudios arqueológicos en la margen izquierda, realizando la excavación de las pilas cuatro y cinco del puente; realizaron estudios petrológicos e investigaron las canteras apropiadas para el suministro de materiales; asistieron a varias visitas de obra colaborando en la toma de decisiones y, finalmente, programaron la ejecución de obras de restauración del arco de la margen izquierda alineados a los criterios establecidos en la margen derecha, y, en estos momentos, redactado el proyecto de ejecución están a la espera de resolver la financiación para licitar las obras, que esperemos puedan estar finalizadas la próxima anualidad.

Los trabajos correspondientes a esta singular colaboración administrativa fueron directamente coordinados por el Jefe del Servicio de Patrimonio Histórico–Arquitectónico de la Diputación Foral de Álava, el Arquitecto D. José María Villanueva Saiz, quien nos tendrá siempre a su disposición para cuantas actuaciones se realicen en un futuro en defensa, conservación y difusión del patrimonio cultural, histórico y artístico, manteniendo el compromiso de recíprocas relaciones de plena cooperación, comunicación, asistencia mutua, e intercambio de información, así como en estimular la participación de la sociedad en aquellas tareas dirigidas en poner en valor las cualidades singulares del Puente Mantible. Colaboración administrativa dictada en la Ley 7/2004 de Patrimonio Cultural Histórico Artístico de La Rioja que, por compleja y difícil que sea, en esta ocasión para el Puente Mantible se ha hecho realidad.

Acabada la obra, procedería continuar la actuación acondicionando su entorno, facilitando su divulgación, disponiendo buenos accesos y zonas de ocio próximas para que ciudadanos y visitantes disfruten del Monumento y disponiendo los recursos apropiados para el correcto mantenimiento del Puente Mantible que garantice su conservación para ser transmitido en condiciones apropiadas a las generaciones futuras.

PARTICIPANTES

Nº	NOMBRE	INTERVENCIÓN	CONTACTO
1	Ayuntamiento de Logroño	Promotor	941277000 transparencia@logrono.es
2	Dirección General de Arquitectura, Regeneración Urbana y Vivienda D. Jesús Mª González Menorca Dª.Sonia Martínez Martínez	Dirección del contrato	941277000 rehabilitacion@logrono.es
3	ARENAS & ASOCIADOS S.L.P D. Guillermo Capellán Miguel D. Javier Martínez Aparicio D. Eduardo Rojo Vélez	Proyecto y dirección de obra	942319960 info@arenasing.com
4	TÜV SÜD IBERIA S.A.U. Dña. Gemma Álvarez Fernández D. Sergio Burga López	Coordinación de seguridad y salud	941248490 larioja@tuvsud.com
5	QARK Arqueología D. Jose Manuel Martínez Torrecilla D. Leandro Sánchez Zufiaurre	Asesoramiento al proyecto y a la dirección de obra	945155027 qark@qark.es
6	Técnicas Para la Restauración y Construcciones S.A. –TRYCSA Dña. Carmen Molina Barreiro D. Ignacio García Álvarez D. Julio González Rodríguez	Contratista principal	983393444 trycsa@trycsa.com
7	URBE PRO ORBE Patrimonio Cultural S.L. D. José Ignacio Murillo Fragero	Arqueología	info@urbeproorbe.com
8	D. José Carlos Sanz Velasco	Restaurador	restcarlossanz@telefonica.net
9	ITC VÉRTICE S.C.P.	Topografía	itcvertice@itcvertice.com
10	Construcciones y Obras marítimas CIOMAR	Trabajos subacuáticos	942 679 387 ciomar@ciomar.es
11	INCYE, Estabilizadores, Acodalamientos y Cimbras S.A.U.	Cimbra metálica	915556104 info@incye.com
12	Montajes Leoneses S.L. BLAPE	Andamios y plataformas	983360432 andamios@blape.com
13	TÜV SÜD IBERIA S.A.U.	Control de calidad	941248490 larioja@tuvsud.com
14	PINACAS Piedras Naturales de Castilla	Suministro de piedra nueva	947395800 pincas@pinacas.es
15	Grupo ACERINOX	Armado estructural	913985100 prensa@acerinox.com
16	Hormigones VALER S.A.	Hormigones	941340310 valer@hormigonesvaler.com
17	Grúas y Transportes GARTE S.A.	Auto grúas	941228608 gruas@garte.es
18	COSLOZA S.L.	Grúa Torre	941286900 Cosloza@fer.es
19	GEA Geólogos S.L.	Estudios geotécnicos	941509482 aquintanar@geea.es.
20	Instituto Universitario de Geología “Isidro Parga Pondal” D. Jorge Sanjurjo Sánchez	Ensayos de datación de los materiales arqueológicos	981167000 xeologia@udc.es

