

TRABAJOS de Arqueología Navarra

2015

Nº 27
SEPARATA

Algunos aspectos de la
construcción y
funcionamiento del depósito
regulador de la ciudad
romana de Andelo (Navarra)

Jesús Sesma Sesma
Pablo Gil García

TRABAJOS DE ARQUEOLOGÍA NAVARRA

SUMARIO

MEMORIAS

- Nicolás Zuazúa Wegener, María García-Barberena Unzu, Mercedes Unzu Urmeneta, Carlos Zuza Astiz**
Memoria de la intervención arqueológica en el número 12 de la calle Herreñas de Tudela 7

ARTÍCULOS

- María García-Barberena, Mercedes Unzu, Nicolás Zuazúa, Carlos Zuza, Iratxe Boneta**
El mundo funerario en *Pompelo*. Necrópolis y enterramientos singulares . 65

- Iratxe Boneta**
Anexo: Informe arqueozoológico de los restos óseos asociados al enterramiento hallado en el solar de la calle Leyre y Teobaldos 101

- Javier Nuin Cabello, María del Rosario Mateo Pérez**
El yacimiento romano de Oioz (Urraúl Bajo, Navarra). Evolución y originalidad de un establecimiento destinado a la producción agrícola..... 109

- Pedro Castaños, Jone Castaños**
Estudio arqueozoológico de la fauna del yacimiento romano de Oioz (Urraúl Bajo, Navarra)..... 135

- Juan José Bienes Calvo, Oscar Sola Torres, Roger Sala, Ekhine García García, Robert Tamba**
El Villar de Ablitas. Campañas arqueológicas 2010-2014 y prospección geofísica..... 153

- Mikel Ramos Aguirre**
Intervenciones arqueológicas en el castillo de Estella (2001-2010)..... 185

NOTICIAS

- M.ª Rosario Mateo Pérez, Alexandre Duró Cazorla**
Hallazgo de una infraestructura viaria en Tafalla, Navarra..... 221

Carlos Zuza, María García-Barberena, Mercedes Unzu, Nicolás Zuazúa Una ocultación de materiales tardorromanos en El Salobral I (Tafalla, Navarra)	229
Jesús Sesma Sesma, Pablo Gil García Algunos aspectos de la construcción y funcionamiento del depósito regulador de la ciudad romana de Andelo (Navarra)	237
Ande Erce Domínguez, Raquel Unanua González Enterramientos de época romana en la calle Labrit 33, Pamplona.....	247
Juan José Bienes Calvo, Óscar Sola Torres La torre mayor del castillo de Ablitas. Marcas de cantería	257
M.^a Rosario Mateo Pérez, Alexandre Duró Cazorla La ermita de San Roque de Pamplona y su necrópolis	269



Número 27
2015

Algunos aspectos de la construcción y funcionamiento del depósito regulador de la ciudad romana de Andelo (Navarra)

Jesús SESMA SESMA¹
Pablo GIL GARCÍA²

Han transcurrido treinta años desde la finalización de las excavaciones arqueológicas que, promovidas por la Institución Príncipe de Viana del Gobierno de Navarra y dirigidas por M.^a Á. Mezquíriz, sacaron a la luz los restos del depósito regulador de Andelo (Mendigorría, Navarra) (Mezquíriz, 1988). Salvo en aspectos puntuales, los trabajos de consolidación acometidos en su día han cumplido adecuadamente su función, lo que unido a la solidez estructural de la obra ha hecho que a lo largo de estas tres décadas no resultaran precisas actuaciones más allá del mantenimiento continuado. La puesta en valor de las ruinas de la ciudad, que concluyeron en 2012 precisamente en este punto, ha permitido además una visita organizada y documentada al lugar. Sin embargo, en el transcurso de estos años han salido a la luz algunos problemas de funcionamiento de la obra que a la larga podrían repercutir en su conservación, razón por la cual se decidió llevar a cabo en 2015 una pequeña intervención, en la que se han aunado criterios de conservación preventiva e investigación arqueológica³.

Situado a poco más de 300 m al oeste de la ciudad romana de Andelo, el depósito regulador es una gran obra de 85 por 37 m de ejes máximos con forma de polígono irregular sobre una superficie de 2273 m². La altura de sus muros es desigual: el occidental, para soportar el importante desnivel del

¹ Sección de Arqueología. Dirección General de Cultura-Institución Príncipe de Viana, jsesmase@cfnavarra.es.

² pabloanja@gmail.com.

³ La iniciativa partió de Pablo Gil, Ignacio Lerga y Jesús Irurtia, entusiastas y buenos conocedores de Andelo.

contraterreno en el que se excavó, alcanza los 3,20 metros de alzado total; el oriental tenía una altura original de 1,85 m. En la obra actualmente visible se reconocen dos fábricas:

- Un muro de sillarejo forrado por una gruesa capa de *opus caementicium* aplicada en tongadas y careada con mortero hidráulico, provisto de una moldura de cuarto de bocel en la junta con el suelo. Está presente en la parte oriental de la estructura.

- Un paramento de mampostería con grandes bloques en los ángulos y cumbreras, provisto de un refuerzo interior de treinta y siete contrafuertes regularmente distribuidos, que se extiende por todo el perímetro, excepto por la zona nororiental.

El pavimento del depósito cuenta a su vez con dos fábricas diferentes, separadas en planta por un murete que atraviesa la obra de lado a lado. En la parte occidental el firme lo constituye el propio terreno natural; en la oriental tiene un suelo de argamasa de *opus caementicium* con abundante piedra caliza machacada.

En la publicación de síntesis de M.^a Á. Mezquíriz sobre el sistema hidráulico de la ciudad se diferenciaron en el depósito dos fases constructivas, que se hacen paralelas a las reconocidas en la presa de Iturranduz. En la original el depósito era más pequeño (con una superficie de 1380 m²), contaba con un muro de fábrica del primer tipo descrito y pavimento de *opus caementicium*. El depósito se ampliaría en una segunda fase hacia el oeste en fábrica del segundo tipo y suelo sin acondicionar, añadiéndose en este momento la escalera de acceso situada en el ángulo noroeste y la arqueta de salida de agua en el centro de la pantalla occidental, donde el muro forma un ligero quiebro para acoger la embocadura de salida.

Esta arqueta es una estructura de mampostería de morfología turriforme y planta rectangular (2,70 x 2 m de lados y 1,70 de alzado) situada al interior del depósito y provista de un suelo de hormigón. Para mantener limpia la estructura, que tendría la función de filtrar el agua acumulada en el depósito, se dispusieron dos losas salientes en su muro norte, a modo de peldaños. Desde esta arqueta y mediante una tubería de plomo, el agua atravesaría el muro occidental del depósito. Iría así canalizada hacia la cámara de llaves situada en el mismo punto del muro pero al exterior, desde donde se regularía el flujo de salida del agua. La existencia de esta tubería era conocida porque en la cámara de llaves y adosada al muro existe un sillar prismático con perforación en T invertida, en cuya hendidura horizontal existe un tubo de plomo encastrado. A partir de él arrancaba el *specus* del acueducto que conducía el agua a la ciudad.

En la actualidad el sistema de evacuación del agua del depósito no resulta funcional. La impermeabilidad del terreno y la calidad general de la obra y del *opus caementicium* del suelo del depósito han hecho que en períodos de lluvias éste siga acumulando un importante volumen de agua de lluvia que no puede circular y que únicamente va decreciendo lentamente por evaporación (fig. 1). Esta situación ha estado repercutiendo negativamente en la conservación de la obra, porque el agua estancada facilita la proliferación de plantas acuáticas, que dañan con sus potentes raíces el pavimento y el recubrimiento hidrófugo de la pared septentrional. A ello hay que sumar la costumbre de algunos visitantes de arrojar piedras al agua estancada, llegando a



Figura 1. Embalsamiento del agua en el depósito tras de unos días de lluvia.

arrancar para ello los mampuestos de la cumbrera de los muros del depósito. Para evita/mitigar estos problemas, se ha hecho necesario recuperar el drenaje del depósito por su pie. La actuación se ha acompañado de la eliminación de la vegetación, la retirada del lodo depositado, la limpieza del pavimento y la consolidación del enlucido hidrófugo de la pared norte.

Con este fin se abrió una cata de un metro de anchura en el muro occidental del depósito, entre la arqueta de salida y la cámara de llaves, situada en el punto hipotético de interconexión entre ambas, donde, como se ha señalado, se preveía encontrar la canalización de salida (fig. 2).

Los cortes abiertos permitieron apreciar la técnica constructiva empleada. Se retiró primeramente una capa de 20-30 cm de tierra marrón amarillenta, arcillosa y sin piedras, producto de la alteración del subsuelo y del aporte de material reciente (UE 1). Bajo ésta y pegados respectivamente a los muros de mampostería, se reconocieron los rellenos en zanja resultantes de la consolidación contemporánea de la estructura del depósito (UU. EE. 2 y 3). Entre ambos se individualizaron de este a oeste tres unidades verticales:

- UE 4. Paquete de 50 cm de altura y 40 de anchura compuesto de caliza picada con algunos cantos rodados y una matriz arcillosa. Se trataría de una



Figura 2. Ubicación de la cata.

capa de *opus caementicium* disgregado, cuya función sería impermeabilizar la cara interior del muro anexo a la cámara de llaves.

- UE 5. Paquete también vertical de arcilla muy plástica y pura de marrón color amarillento. Su anchura oscilaba desde la base (en torno a 10 cm) hasta la parte más alta (50 centímetros), llegando a alcanzar una altura de 1,35 m.

- UE 6. Paquete de factura similar a la UE 4, aunque más compacto, con calizas de mayor tamaño y presencia de fragmentos de *tegulae* y algún canto rodado. Conservaba una anchura máxima de 85 cm y una altura de 1,45 m. Tendría una función análoga a la UE 4, en este caso impermeabilizando la cara exterior del muro de la arqueta de salida.

La UE 4 reposaba sobre un bloque prismático, muy compacto, de aspecto similar al *opus caementicium*. aplicado en tres tongadas y provisto de un recubrimiento hidrófugo de tonalidad rosácea, producto de la abundancia de cerámica machacada, similar al *opus signinum* (UE 7) (fig. 3).

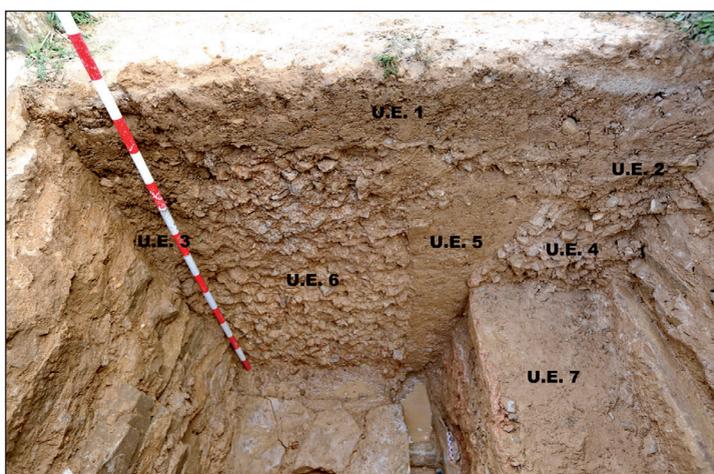


Figura 3. Corte estratigráfico de la cata en su lado septentrional.

En la base de la cata se descubrió una atarjea construida mediante mampuestos de arenisca local trabados con mortero. Constaba de tres losetas a modo de tapa y dos paredes de una única cara que definían una canaleta de 95 cm de longitud, 14 cm de anchura y similar profundidad. En su interior, dentro de una masa de arcilla con algunos fragmentos de *tegulae*, albergaba una tubería de plomo (*fistula plumbea*), en cuya descripción nos vamos a detener por sus interesantes características técnicas (figs. 4 y 5).



Figura 4. Atarjea con la *fistula* encastrada.



Figura 5. La conducción de plomo liberada de la estructura que la protegía.

Las tuberías de plomo romanas se elaboraban según la técnica de «*coulée sur la table*» o fundición de mesa. Se obtenían a partir de una plancha de plomo (*plumbum nigrum*), que en estado maleable se doblaba sobre sí misma alrededor de un mandril calibrado de madera para crear un cilindro, según indican Vitruvio y Frontino. Posteriormente los bordes se soldaban longitudinalmente. La tipología de referencia para este tipo de artefactos, establecida por C. Cochet, no se basa en la estandarización de las dimensiones de la conducción, sino en la forma de efectuar la soldadura, que podía ser de dos tipos: añadiendo un cordón de plomo (tipo I con cinco variantes) o soldadura autógena sin metal añadido (tipo II). En el primero queda un cordón en resalte en la parte superior (Cochet, 2000: 59). La soldadura se realizaba utilizando como material una aleación de ochenta y cuatro partes de plomo y sesenta de estaño (*plumbum album*). Las tuberías se colocaban siempre con las juntas hacia arriba, puesto que eran las partes más frágiles y así resultaba más sencilla su reparación sin necesidad de mover los encañados (González y Velázquez, 2004: 166-167).

La pieza de Andelo se elaboró según el primer tipo y su resalte con sección trapezoidal invertida lo incluye dentro de la variante IC de Cochet. Presenta al interior una rebaba de la soldadura de estaño usada para la unión longitudinal de la lámina de plomo. La parte conservada no presenta estampilla de fabricación. Abundan las concreciones calcáreas sobre todo al exterior. Se aprecia un hundimiento puntual en la zona superior, producto probablemente de su manipulación en época antigua (fig.6).



Figura 6. La conducción descubierta.

Los romanos concedían gran importancia a la normalización del calibre (*lumen*) de las *fistulae*. Al no ser capaces de calcular los caudales, por carecer de instrumental para determinar la presión y la velocidad de circulación del flujo, el cobro de la tasa (*vectigal*) a los usuarios particulares estaba en función de la sección contratada a la administración. M. Vitrubio, a finales del siglo I a. C., recoge diez calibres, que van desde la *fistula quinaria* a la *centenaria*. Frontino, ya en época Flavia, habla de veinticinco valores normalizados, expresados en *quadrantes* (cuartos de dedo) y *digitti* (dedos), que van desde las *fistula quinaria* (diámetro 2,3 cm y perímetro 7,2 cm) a la *centenum vicenum* (diámetro 15,84 y perímetro 48,64) (Peña Olivas, 2010: 270).

Dada la maleabilidad del plomo y su interés económico, no es extraño que en las excavaciones arqueológicas las tuberías de plomo aparezcan deformadas y troceadas.

La conducción descubierta en Andelo tiene una forma cilíndrica ligeramente apuntada en la zona del cordón. Su anchura máxima es 9,1 cm y su altura 10,6 cm. Dado que el grosor de sus paredes es de 0,7 cm, el diámetro interior oscila entre 8,1 y 8,4 cm. Por lo tanto se trata de una *fistula vicenaria*. Este calibre resulta pequeño si se compara con las indicaciones –tuberías *nonagenaria* y *centenum vicenum*, equivalente *grosso modo* a 20 y 23 cm de diámetro– dadas por Frontino en su «*De aquaeductu urbis Romae*» (XXXII, 6) para las conducciones principales de Roma. En Hispania este módulo está bien documentado para el servicio hídrico principal de las ciudades y por tanto con carácter público. Así lo vemos en el *castellum aquae* del Molinete,

que abastecía a *Carthago Nova* (Egea Vivancos, 2002, pp. 175-176) o el acueducto de la Fuente de la Mar, que suministraba a Segóbriga (Cebrián y Hortelano, 2014: 152).

El empleo de tuberías de plomo en el sistema hidráulico de Andelo ya fue testimoniado en las excavaciones llevadas a cabo entre 1980 y 2000 (Mezquíriz y Unzu, 1988: 241 y 245). El hallazgo presente viene a sumarse a los efectuados en la cámara de llaves del depósito regulador, del que apenas puede advertirse poco más que su presencia, y en la arqueta de toma de agua de la presa. En ambos la *fistula* también se encuentra embutida en un sillar de perforación en T y tiene forma ovoide con la unión en la parte superior. Se desconocen sus dimensiones y calibre. En las termas de la ciudad el único sistema conocido es el de tuberías cerámicas (*tubuli fictiles*), que se emplearon en el sistema de desagüe (Mezquíriz, 2009: 72). El uso de cada tipo de conducción se establecía en función del coste y la resistencia del material empleado en su construcción, que los hacía más o menos aptas para soportar determinados esfuerzos. Las tuberías de plomo con cordón destacado eran las más resistentes, aunque también precisaban mayor cantidad de metal.

Continuando con la descripción de la conducción, hay que señalar que la tubería de plomo había sido expoliada de antiguo, razón por la cual se hallaba rota en su extremo occidental, junto a la arqueta de toma. Se conserva por lo tanto un tramo de 80,5 cm pero se desconoce la longitud original. Han quedado en el plomo abundantes marcas del instrumento afilado empleado para seccionar el plomo (fig. 7).



Figura 7. Marcas del instrumento empleado en el espolio de la pieza.

El otro extremo de la conducción se ha conservado íntegro y adosado al muro occidental del depósito (UE 7) en un rebaje irregular abierto en la pared. Para posibilitar el empalme e inmovilización con el tramo de tubería siguiente, se dispuso una segunda pieza o tubo, en el que se pueden diferenciar dos elementos actuantes:

- Un cuello macho de empalme. En forma de tubo sin cordón de unión, que adquiere una morfología apuntada a lo largo de 5,5 cm. Se va estrechando hasta alcanzar los 7 cm de diámetro por el progresivo adelgazamiento de la lámina de plomo.

- Una gran pletina de morfología ovalada muy irregular (35 x 26 cm de ejes) que funcionaba como placa de fijación a la pared. Se obtuvo por martilleado del tubo. Carece de resaltes o rebajes para facilitar la adhesión. Dada su finura, especialmente en su periferia, se encuentra afectada por abundantes fisuras y dobleces ⁴.

De todo esto se deduce que la tubería descubierta fue elaborada en dos partes, la *fistula* por un lado y la pletina con el cuello macho por otro, que en último término se soldaron. El ensamblaje lo realizaría el fontanero (*plumbarius*) en el taller, no en obra, según se deduce del perfecto acabado interior de la unión entre ambas partes. Sin embargo, dada la maleabilidad del metal, han quedado bien visibles las huellas de su trabajo en la superficie exterior de unión entre la *fistula* y la placa. Unas marcas tienen forma de surcos longitudinales y otras forman series paralelas de estrías transversales (fig. 8).

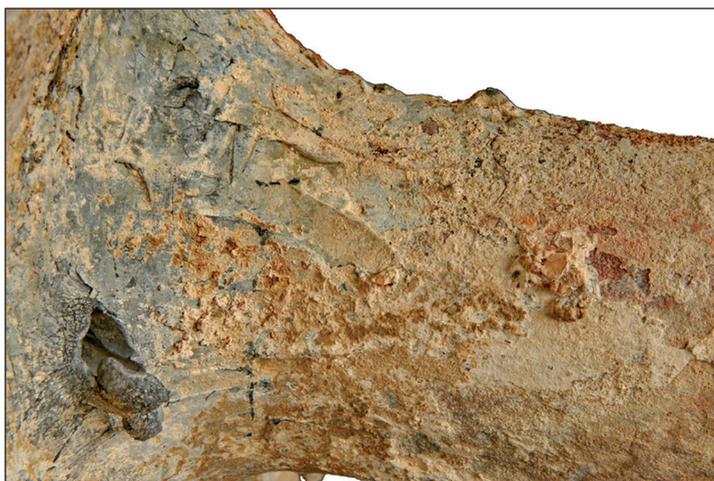


Figura 8. Huellas del trabajo en la soldadura.

Al extraer la tubería, quedó a la vista el extremo de la conducción de plomo proveniente de la cámara de llaves. Se abrió entonces una pequeña cata en la pared UE 7, en un revoco de *opus signinum* de unos 4 cm de espesor, para comprobar cómo aquella podía atravesar el muro exterior del depósito. Se descubrió así que esta segunda *fistula* se hallaba empotrada en una perforación horadada en un gran sillar, de tal forma que la UE 7 en realidad era un recricido de *caementicium* sobre un bloque pétreo forrado con *signinum*. La tubería de plomo se alojaba en la base de la perforación, mientras que el resto del

⁴ La pletina presenta dos perforaciones una actual y otra antigua, fruto de los intentos de desbloquear el drenaje del depósito introduciendo una barra metálica alargada por el encañado.

huevo se rellenaba mediante una fina argamasa de cal rica en polvo de cerámica y una acumulación de cenizas y carbones en la parte más alta (fig. 9).



Figura 9. Segundo tramo de la conducción empotrado en un sillar.

En la zona de contacto entre los dos tramos de la conducción se apreciaba una capa de cenizas, carbón y arcilla, restos de una combustión cuyo origen resulta difícil de precisar, quizás relacionada con el calentamiento para el soldado de los dos tramos de tubería.

Una vez retirada la *fistula* en la cata, apareció el suelo de argamasa hidrófuga sobre el que se asentaba. El pavimento se prolongaba bajo el muro occidental de la arqueta de toma de agua. Debajo de este muro se descubrió una hendidura en el pavimento, de la que apenas se pudo apreciar una longitud de 15 cm y su sección en V (fig. 10) Esta hendidura correspondería a algún tipo de reja de filtrado o compartimentación a modo de barrera de conten-



Figura 10. Hendidura en el suelo de hormigón.

ción (*cataracta*), al estilo de los existentes en los *castella aquarum* y piscinas limarias (González y Velázquez, 2004: 150).

Acabada la cata, se volvió a tapar el espacio excavado. Para ello se acondicionó una cubierta mediante tablero prefabricado de hormigón armado, provista de una trampilla. De esta forma la excavación ha quedado practicable para su mantenimiento y visita.

BIBLIOGRAFÍA

- CEBRIÁN, R.; HORTELANO, I., 2014, «El agua en Segóbriga (Saelices, Hispania Citerior): las *fistulae plumbeae*», *Archivo Español de Arqueología*, 87, pp. 141-156.
- COCHET, A., 2000, *Le plomb en Gaule romaine. Techniques de fabrication et produits*, «Monographies instrumentum», 13.
- EGEA VIVANCOS, A., 2002, «Ingeniería hidráulica de *Carthago Nova*: las tuberías de plomo», *Mastia*, 1, pp. 167-178.
- GONZÁLEZ, I.; VELÁZQUEZ, I., 2005, *Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas*.
- MEZQUÍRIZ, M.^a Á., 2009, *Andelo, ciudad romana*.
- MEZQUÍRIZ, M.^a Á.; UNZU, M., 1988, «De hidráulica romana: El abastecimiento de agua a la ciudad romana de Andelos», *Trabajos de Arqueología Navarra*, 7, pp. 237-266.
- PEÑA OLIVAS, J. M. de la (2010), «Sistemas romanos de abastecimiento de agua», en *V Congreso de las Obras Públicas Romanas. Las técnicas y las construcciones en la Ingeniería Romana*, pp. 249-282.

RESUMEN

Algunos aspectos de la construcción y funcionamiento del depósito regulador de la ciudad romana de Andelo (Navarra)

Se presentan los resultados de un sondeo realizado en el depósito regulador de la ciudad romana de Andelo (Navarra). Como consecuencia, se descubrió su conducción de evacuación mediante una tubería de plomo.

Palabras clave: hidráulica romana; tubería de plomo; Navarra.

ABSTRACT

Some aspects of the construction and operation of the water reservoir tank of the Roman city of Andelo (Navarre)

This article presents the results of a survey on the water reservoir tank of the Roman city of Andelo (Navarre). The result has been the discovery of its discharge line through a lead pipe.

Keyword: Roman hydraulic; lead pipe; Navarre.