

# Documentación, valorización y difusión del patrimonio hidráulico romano en el Valle medio del Ebro.

Uribe, Paula <sup>1</sup>; Angás, Jorge <sup>2</sup>; Magallón, María Ángeles <sup>1</sup>; Miranda, Jorge Víctor <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Antigüedad. Área de Arqueología. Universidad de Zaragoza. España.

<sup>2</sup> Scanner Patrimonio e Industria, *Spin-Off* Universidad de Zaragoza. España.

<sup>3</sup> Tecnitop S. A. España.

## Resumen

*Actualmente, enfocar nuevas técnicas de documentación geométrica del patrimonio cultural con fines didácticos resulta un proceso complejo. El desarrollo de estos fines debe equilibrar los procesos de investigación con la difusión social de los conocimientos científicos. El siguiente proyecto emerge con esta inquietud y tiene como finalidad la documentación geométrica -acompañada de una valorización y difusión en un entorno web- de una selección representativa de estructuras hidráulicas romanas. Esta elección se ha centrado en los hallazgos arqueológicos del Valle medio del Ebro, concretamente en monumentos ubicados en La Rioja, Navarra y Aragón. De este modo, el proyecto pretende documentar y difundir con un nexo didáctico: acueductos, presas, cloacas, depósitos y cisternas romanas, fundamentales para entender el ciclo del agua en la época romana.*

**Palabras Clave:** PATRIMONIO HIDRÁULICO ROMANO, ESCÁNER 3D, DIDÁCTICA, DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA.

## Abstract

*Nowadays, how to focus the last geometric documentation techniques applied to cultural heritage, aiming a didactic application, is being a complex process. The development of this purpose must balance research process with the social spreading of the scientific knowledge. Based on this concern, the aim of this research project is the geometric documentation - accompanied by a highlighting and spreading on a web environment - of a representative selection of Roman hydraulic structures. The choice of the sites has been done focusing on archaeological discovers in the Ebro's Valley, concretely in monuments located in La Rioja, Navarra and Aragon. In this way, the purpose of the project is to document the sites and spread the knowledge about Roman aqueducts, dam, sewers, tanks and cisterns, which is essential to understand the water cycle during the Roman period.*

**Key words:** ROMAN HYDRAULIC HERITAGE, 3D SCANNER, DIDACTIC, GEOMETRIC DOCUMENTATION.

## 1. Definición de objetivos y revisión historiográfica del proyecto.

Los métodos de documentación del patrimonio evolucionan rápidamente en la sociedad de la información actual, no permitiendo -en la mayoría de los casos- una reflexión clara sobre cómo y con qué finalidad administrar o gestionar la cantidad de información adquirida. La velocidad es tal, que en pocos meses pensamos que la tecnología -y con ello la técnica- ya está obsoleta. Llegado a este punto se sule por otra cuando, desgraciadamente, todavía no se ha integrado dentro de un proceso metodológico la técnica anterior. De esta manera, asistimos a un diálogo diacrónico e infrautilizado entre tecnología y procesos con el fin de aprovechar o gestionar toda la información disponible (ANGÁS, 2011:160). Por ello, en la mayoría de los casos el verdadero avance no se encuentra en la propia técnica utilizada, sino en la conjugación de ambos objetivos para obtener una optimización de los resultados. Estos deben ser útiles para la extensa gama de posibles aplicaciones derivadas; sin caer en el error de enfatizar más la tecnología o técnica utilizada que el propio objetivo científico.



Figura 1. Detalle del modelo 3D del acueducto de "Los Pilarones" del yacimiento de Los Bañales (Uncastillo, Zaragoza).

Con este proyecto hemos intentado orientar una congruencia metodológica a través del trinomio documentación-valorización-difusión a través del nexo de la propia didáctica. En primer lugar, buscamos una documentación válida, en muchos casos ausente para el conjunto de investigadores que estudian cada uno de los yacimientos que integran este proyecto. Pero, al mismo tiempo, toda esta información generada por la documentación geométrica tiene que ser filtrada y organizada desde un punto de vista didáctico (valorización). A través de estos filtros se obtiene una continuidad en el proceso final de transmisión de los conocimientos a la sociedad que en una época determinada los generó.

La utilización de técnicas de documentación patrimonial a través de tecnología láser escáner 3D es sin duda una de las soluciones que más información puede aportar a los investigadores y al público en general. Pero, al mismo tiempo, se trata de uno de los procesos más complicados de gestionar por la propia heterogeneidad del patrimonio. Como comentábamos con anterioridad, debido a las modas tecnológicas en las que nos vemos inmersos, en algunos casos se desvía el fin propio de un proyecto al sensacionalismo que produce el medio tecnológico con el que se realiza. Desde luego, pensamos que no caer en la novedad del momento resulta prácticamente inevitable.

De este modo, en el planteamiento del proyecto que presentamos hemos querido conjugar racionalmente el trinomio anteriormente citado, aportando en cada una de las etapas, todas aquellas demandas o carencias que existían. Así mismo, hemos enfocado el proceso hacia un único fin: la armonía entre los datos científicos aportados y la propia divulgación, siempre con un marcado componente didáctico como nexo entre la difusión y la investigación.

## 2. Documentación, valorización y difusión del patrimonio hidráulico romano en el Valle medio del Ebro.

La temática que vertebra el proyecto se centra en el proceso denominado “ciclo del agua” -captación, distribución y evacuación- dentro de la arquitectura romana. De este modo, hemos seleccionado cada uno de los yacimientos siguiendo dos criterios fundamentales: los modelos arquitectónicos y el estado de conservación. Todo ello con el fin de poder transmitir a la sociedad con mayor claridad cómo los romanos aprovecharon sus recursos hídricos.

El trabajo (todavía en proceso de desarrollo), comenzó a finales del 2010 y tiene previsto finalizarse en septiembre de 2011. Ha sido dirigido por la *Spin Off* de la Universidad de Zaragoza Scanner Patrimonio e Industria junto con el asesoramiento técnico del grupo investigación de excelencia URBS de la Universidad de Zaragoza. Además, han colaborado diferentes organismos autonómicos del Gobierno de Navarra, Gobierno de La Rioja, Gobierno de Aragón y organismos locales Ayuntamiento de Zaragoza y Museo de Teruel, encargados de la gestión de los yacimientos.

El ámbito geográfico abarca un grupo de ciudades o municipios que en época romana -a partir de Augusto- conformaron el *Comentus Caesaraugustanus*. Este hecho ha proporcionado al proyecto un carácter interterritorial entre La Rioja, Navarra,

Zaragoza y Teruel, hecho que enriquece todavía más la investigación y su posterior difusión nacional.

La propia documentación topográfica mediante láser escáner 3D de cada uno de los yacimientos añade, además, un componente métrico muy útil para los responsables científicos de los yacimientos, a la vez que suple grandes carencias en yacimientos donde todavía no existía una topografía suficientemente detallada de la arquitectura hidráulica.

Los monumentos documentados se estructuran en tres ejes principales según el ciclo del agua:

### 1. Sistemas de abastecimiento del agua.

El abastecimiento de las ciudades romanas estuvo influido, tal y como sucede en la actualidad, por la situación de las ciudades respecto a los cursos de agua, sumados a la incidencia del clima en general y de las variantes locales. Estos condicionantes ponen de manifiesto la adaptación de la sociedad a los medios disponibles y el desarrollo que alcanzaron las construcciones hidráulicas en el Valle medio del Ebro.

La experiencia adquirida con la práctica y los conocimientos previos de otras civilizaciones hizo a los romanos solucionar este problema a través de dos estructuras hidráulicas bien conocidas en el Valle medio del Ebro: las cisternas y las presas. De este modo los yacimientos representados son los siguientes:

1.1 *Las cisternas del municipio romano de Bilbilis*. Calatayud, Zaragoza. (MARTIN-BUENO, 1975b:205-222).

1.2 *La presa romana de Muel*. Muel, Zaragoza. (URIBE *et alii*, 2010: 333-345).

1.3 *El complejo hidráulico de Andelos*. Navarra. (MEZQUÍRIZ, 1988:237-266).

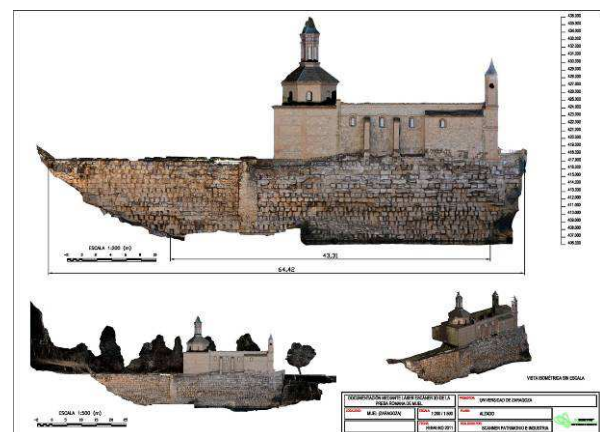


Figura 2. Ortofoto y modelo 3D de la Presa romana de Muel y su entorno. Utilización métrica de la información procesada.

### 2. Distribución del agua a las ciudades.

Realizada a través de acueductos, se han documentado tres tipologías diferentes de acueductos: con *arquationes* (2.1), pilares con un canal de madera (2.2) y acueducto excavado en la roca (2.3).

2.1 *Acueducto "Puente de los Moros". Lodosa-Alcanadre.* Navarra - La Rioja. (MEZQUÍRIZ, 1979:139-147).

2.2 *Acueducto de Los Bañales.* Uncastillo, Zaragoza. (BELTRAN-MARTÍNEZ, 1977:91-127).

2.3 *Acueducto de Albarracín-Gea-Cella.* Teruel. (ALMAGRO, 2002:213-237); (EZQUERRA, 2008:175-188).

### 3. Evacuación de las aguas residuales.

El proceso final del ciclo del agua se resuelve deshaciéndose de las aguas usadas o aguas fecales. Al igual que las aguas limpias discurrían por el *specus* o canal del acueducto, las aguas sucias eran arrastradas por las cloacas al mar o, en el caso del Valle medio del Ebro, al río.

3.1 *Cloacas de Caesarangusta.* Zaragoza. (AGUAROD *et alii*, 2010).

### 3. Técnicas aplicadas

La aplicación de la metodología láser escáner 3D se plantea como nexo que conjuga e integra otras técnicas de documentación (fotogrametría, topografía, geodesia, fotografía), constituyendo un mismo esquema metodológico.



Figura 3. Ejemplo de las diferentes técnicas empleadas en la documentación gráfica y geométrica de cada estructura hidráulica.

Para la correcta elección de la técnica utilizada, existen unos factores heterogéneos dependiendo de las características particulares de cada objeto a documentar. Por ello resulta necesario distinguir diferentes técnicas empleadas, escáner láser (utilizando equipos de tiempo de vuelo o diferencia de fase dependiendo del yacimiento, distancia al objeto y entorno inmediato), escáner de luz blanca estructurada (para representar los detalles más significativos en cada monumento, como el caso de inscripciones epigráficas en la presa de Muel), GPS bifrecuencia (para georreferenciar la localización) y encaje final del modelo con una estación total. A pesar de que la aplicación del escáner 3D permite generar una textura original de cada estructura arquitectónica, se ha optimizado el resultado de renderización del valor RGB de cada punto agregando una capa

de texturas, al modelo tridimensional, obtenida a partir de la toma de imágenes con una cámara métrica.

Las diferentes fases establecidas en el proyecto han quedado divididas en:

Fase I. Estudio previo y recopilación de la información existente. Asesoramiento técnico por el grupo de investigación de excelencia URBS de la Universidad de Zaragoza.

Fase II. Documentación mediante el conjunto de técnicas anteriormente citadas.

Fase III. Postproceso de la información.

Fase IV. Valorización y difusión de los datos obtenidos.

### 4. La divulgación del Patrimonio cultural a través de aplicaciones láser escáner 3D.

La línea de desarrollo del método postprocesual tiene como objetivo final una "democratización" del resultado tridimensional en cada uno de los yacimientos registrados (ROECKER, 2008: 341-355). Así, del mismo modo que se genera un *corpus* métrico con los datos obtenidos, se obtiene información accesible al resto del público. Para ello se pretende proporcionar una serie de documentos, en formatos asequibles y fáciles de manejar por cualquier usuario mediante el empleo de software libre, que permitan obtener una mayor difusión del monumento, así como facilitar una mayor comprensión del yacimiento al gran público.

El proyecto estará accesible a partir de septiembre de 2011 en la siguiente dirección:

[www.3dscanner.es/Patrimonio\\_hidraulico\\_romano](http://www.3dscanner.es/Patrimonio_hidraulico_romano)

Debido a la propia heterogeneidad de cada uno de los yacimientos documentados, existen varios puntos que requieren una atención especial:

1. Registro de cada yacimiento en su estado actual. Prescindiendo, si es el caso, de otros elementos externos o arquitecturas modernas, con el fin de entender la relación existente entre la arquitectura romana con el medio natural. Para la fase de registro se han establecido criterios de interacción con procesos relacionados con otras disciplinas exógenas como la ingeniería, industria y medio ambiente. Todo esto supone un nuevo lenguaje que nos permite registrar la realidad; estableciendo puntos de contacto con otros sectores se contribuye a la adquisición de una visión global en cómo organizar y gestionar la información tridimensional adquirida. Por ello, entendemos que intercambiar metodologías de trabajo para la divulgación del patrimonio cultural de los yacimientos será uno de los objetivos en los próximos años, sobre todo a nivel de gestión y divulgación de la información.

2. Estandarización de procesos. Control de calidad y comprobación a través de procedimientos. Asegurando la interoperabilidad y comunicación de la información a través de la unificación, especificación y simplificación. Con ello se facilita la comprensión de la cadena de procesos que corroboran el resultado final, pudiendo analizar de manera individual cada uno de ellos.

3. Proceso de "democratización" de resultados 3D que proporcionen una difusión y divulgación, utilizando formatos



compatibles con software libre y fácil de gestionar. Con este proceso se consigue completar un grado mínimo de acceso y comprensión de la información al resto de la sociedad.



Figura 4. Vista isométrica del modelo 3D exenta del resto de estructuras y detalle de la malla triangulada. Cloaca de Caesarangusta.

4. Metodología interdisciplinar en el proceso de estudio coordinada por un técnico, en este caso, arqueólogo. La finalidad fundamental es facilitar la gestión a través de entornos web fácilmente configurables con diferentes grados de acceso, con el objetivo de alcanzar una mayor divulgación del yacimiento arqueológico de manera gráfica y, sobre todo, geométrica.

Esto posibilita, de un modo rápido y preciso, la visualización de cualquier elemento o parte de su estructura. De este modo, se ha logrado un desarrollo combinado, válido para una mayor valorización y divulgación de la información obtenida. Además de contribuir a la propia investigación transdisciplinar, resolviendo los diferentes vacíos metodológicos y de conceptualización tridimensional, contribuyendo a una perspectiva integradora, que evita la segmentación de la cadena informativa.



Figura 5. Imagen extendida de 360°. Optimización de la textura de cada escaneado con una finalidad didáctica. (Los Bañales, Uncastillo. Zaragoza).

## Agradecimientos

Este proyecto, todavía en fase de desarrollo, ha sido posible gracias a la financiación de la Subdirección General de Protección del Patrimonio Histórico, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Cultura. Además queremos agradecer la colaboración y amabilidad del personal científico de todos los organismos que han colaborado en el desarrollo del mismo: Gobierno de Navarra, Gobierno de La Rioja, Gobierno de Aragón, Ayuntamiento de Zaragoza, y Museo de Teruel.

## Bibliografía

- ALMAGRO GORBEA, A. (2002): "El Acueducto de Albarrarín a Cella (Teruel)". *Artifex. Ingeniería romana en España*. Madrid 2002, pp. 213-237.
- ANDREU, J., GONZÁLEZ SOUTELO, S., GARCÍA-ENTERO, V., LASUÉN, M., y JORDÁN, Á. A. (2008): "Cuestiones urbanísticas en torno a la ciuitas de Los Bañales (Uncastillo, Zaragoza)", *SPAL*, n° 17, pp. 233-266
- ANGÁS, J. (2011): "Valorización, difusión y estandarización de la documentación geométrica del patrimonio", en *Documentación gráfica del Patrimonio, (Publicación digital)* Ministerio de Cultura, pp. 154-163.
- ANGÁS, J.; SERRETA, A. (2010): "Assessment, dissemination and standardization of geometric data recording of Archaeological Heritage obtained from 3D laser scanning". *Virtual Retrospect 2009*. CNRS Bordeaux, pp. 190-195.
- AGUAROD, C. (ED.) (2010): *Ayer y hoy del foro de Caesarangusta*.
- ARENILLAS, M. (2003): "Presas romana en España". *Ingeniería y territorio*. n° 62, pp. 72-78.
- BELTRÁN LLORIS, F. (2006): "An Irrigation Decree from Roman Spain: The *Lex Rivi Hiberiensis*", *Journal of Roman Studies* n° 96, pp. 147-197.
- BELTRÁN MARTÍNEZ, A. (1977): "Las obras hidráulicas de Los Bañales". *Simposio Segovia y la arqueología romana*. Barcelona, pp. 91-127.

- EZQUERRA LEBRÓN, B. (2008): El acueducto romano de Albarracín-Gea-Cella. *Comarca de La Sierra de Albarracín*, pp. 175-180.
- MARTÍN-BUENO, M. (1975 b): "El abastecimiento y distribución de aguas al *Municipium Augusta Bilbilis*", *H.A. V*, Valladolid, pp. 205-222.
- MEZQUÍRIZ, M. A. (1979): 'El acueducto de Alcanadre-Lodosa', *Trabajos de Arqueología Navarra* 1, pp. 139-147.
- MEZQUÍRIZ, M. A.; UNZU, M. (1988): "De hidráulica romana: el abastecimiento de agua a la ciudad romana de Andelos". *Trabajos de Arqueología Navarra* 7, pp. 237-266.
- ROECKER, I. (2008): "Democratizing the Process of Heritage Conservation, Research, and Practice: An Internet-based Knowledge Assembly and Visualization Tool", *Digital Media and its Applications in Cultural Heritage*, pp. 341-355.
- URIBE, P.; FANLO, J.; MAGALLÓN, A.; BEA, M.; MARTÍNEZ, R.; REKLAITYTE, I.; LAMBÁN, F. (2010): "La presa romana de Muel: novedades de hidráulica romana en el Valle del Ebro". *Aquam perducendam curavit*, pp. 333-345.
- VALLE, J. M. (2007): *Documentación Geométrica del Patrimonio: propuesta conceptual y metodológica*. Tesis doctoral inédita. Universidad de La Rioja.