

DESARROLLO DE UN REPOSITORIO GRÁFICO PARA EL INVENTARIO VIRTUAL DEL PATRIMONIO

DEVELOPMENT OF A GRAPHIC REPOSITORY FOR THE VIRTUAL INVENTORY OF HERITAGE

Marta Quintilla Castán; orcid 0000-0002-2308-752X

Luis Agustín Hernández; orcid 0000-0002-0397-9766

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

doi: [10.4995/ega.2024.17448](https://doi.org/10.4995/ega.2024.17448)



El inventario del patrimonio arquitectónico debe enfrentarse a problemas de gestión y almacenamiento de grandes cantidades de información en formatos heterogéneos, además de la necesidad de organizar y administrar la información generada por el trabajo colaborativo entre los diferentes técnicos que participan en el proceso de documentación. La solución implica la creación de una base normalizada para planificar y ejecutar el registro digital de la documentación gráfica. Con este fin, se presenta un Sistema de Información del Patrimonio Arquitectónico Mudéjar de Aragón, con el propósito de integrar bajo un soporte común, toda la documentación e información gráfica disponible del elemento patrimonial, con el propósito de elaborar un inventario para su

La catalogación del patrimonio arquitectónico

Desde los primeros intentos de catalogación del patrimonio, ha habido una constante que se repite hasta la actualidad respecto a las necesidades y problemas en la producción de registros documentales y gráficos. Se considera necesario realizar una revisión conceptual del término patrimonio debido a su ambigüedad y a la multitud de materias que abarca (Azkárate et al. 2003). A lo largo del progreso de las diferentes leyes relacionados con el Patrimonio Arquitectónico, se puede observar cómo los cambios realizados en la definición del concepto de patrimonio cultural, los cambios legislativos introducidos en los instrumentos de protección del patrimonio, así como los cambios en el método de elaboración de catálogos e inventarios, han influido en el fracaso de gran parte de los registros durante el siglo xx. Desde los prime-

ros intentos de creación de registros monumentales (Fig. 1), el resultado es la “suma de inventarios y catálogos de ámbito regional, elaborados con criterios y métodos muy diferentes” (Muñoz Cosme 2012) con información disgregada, en distintos formatos y poco accesibles.

PALABRAS CLAVE: INVENTARIO, PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, WebGIS, WebGL

The inventory of architectural heritage must deal with problems of managing and storing large amounts of information in heterogeneous formats, in addition to the necessity to organize and manage the information generated by the collaborative work between the different technicians involved in the documentation process. The solution involves the creation

ros intentos de creación de registros monumentales (Fig. 1), el resultado es la “suma de inventarios y catálogos de ámbito regional, elaborados con criterios y métodos muy diferentes” (Muñoz Cosme 2012) con información disgregada, en distintos formatos y poco accesibles.

Como consecuencia de esta situación, para abordar el desarrollo del inventario gráfico digital del patrimonio es requisito indispensable la elaboración de una metodología que organice el proceso de captura y tratamiento de la información, para asegurar un correcto almacenamiento y la accesibilidad a la información. Por esta razón, es fundamental la normalización y sistematización de la información procedente de distintas fuentes.

Los avances en el desarrollo de la fotogrametría digital y la instrumentación de escaneado láser, han constituido una revolución en los procedimientos de captación de da-

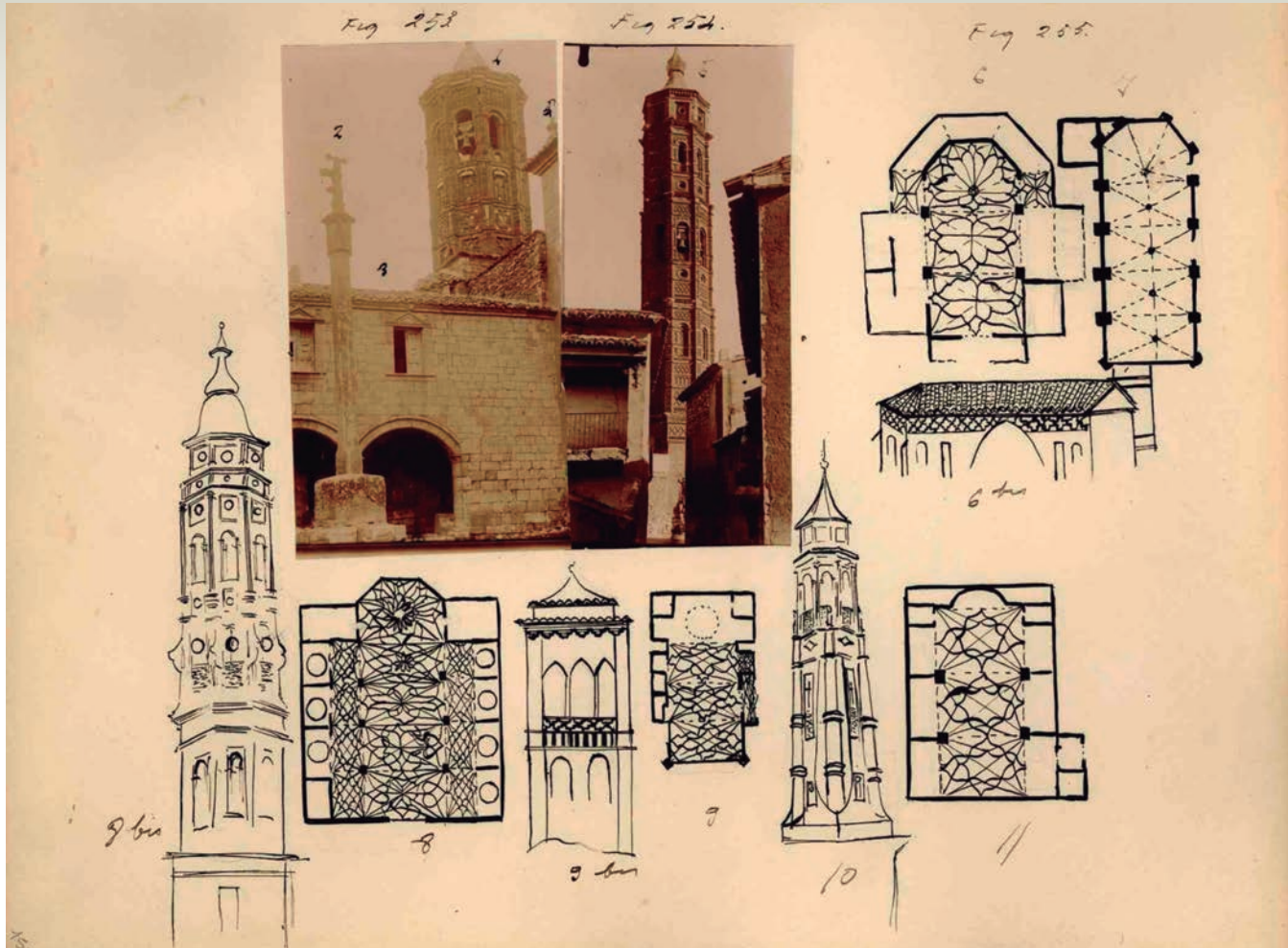
of a standardized base to plan and execute the digital recording of graphic documentation. To this end, an Information System of the Mudéjar Architectural Heritage of Aragón is presented, with the purpose of integrating under a common support, all the documentation and graphic information available on the heritage element, with the purpose of preparing an inventory for its conservation and dissemination. The implementation of a tool that allows the dissemination and exploitation of information by different users through a web portal that integrates a cartographic viewer (WebGIS) and access to a point cloud manager based on WebGL is proposed.

KEYWORDS: INVENTORY, ARCHITECTURAL HERITAGE, WebGIS, WebGL

The cataloguing of architectural heritage

Since the first attempts to catalogue heritage, there has been a constant challenge to address the needs and problems in the production of documentary and graphic records. There is a need to carry out a conceptual review of the term heritage due to its ambiguity and the multitude of subjects it covers (Azkárate et al. 2003). Throughout the progress of the various laws related to Architectural Heritage, it can be observed how the changes made in the definition of the concept of cultural heritage, the legislative changes introduced in the instruments of heritage protection, as well as changes in the method of compiling catalogues and inventories, contributed to the failure of much of the records during the twentieth century. From the first attempts to create monument records (Fig. 1), the result is the “sum of inventories and catalogues of regional scope, drawn up with very different criteria and methods” (Muñoz Cosme 2012) with disaggregated information, in different formats and not very accessible.

As a consequence of this situation, to address the development of the digital graphic heritage inventory, it is an essential requirement to



1

develop a methodology that organises the process of capturing and processing information, to ensure efficient storage and accessibility to information. For this reason, it is essential to standardise and systematise information from different sources. Advances in the development of digital photogrammetry and laser scanning instrumentation have revolutionised data collection procedures; they can obtain a large amount of very accurate information, very quickly. Similarly, as this technology evolves, information processing programs have been updated and numerous programs specialised in processing very specific fragments of information have emerged. In conjunction with the volumetric information, the numerous documentation associated with the property generated by the various professionals who participate in recording it, results in products that contain a large amount of heterogeneous information and documentation, which must be managed to avoid its loss and enable its accessibility over time in an efficient, fast and accurate way (Franco and Tarrío 2021, pp. 51-52).

This ability to generate information has benefited the evolution of heritage records

tos, pudiéndose obtener gran cantidad de información muy precisa, con gran rapidez. Del mismo modo, a la vez que esta tecnología evoluciona, los programas de procesado de la información han ido actualizándose y surgiendo numerosos programas especializados en el tratamiento de fragmentos muy específicos de información. En conjunto con la información volumétrica, la numerosa documentación asociada al bien generada por los diferentes profesionales que participan en su registro, da como resultado productos que contienen gran cantidad de información y documentación heterogénea, que debe ser administrada y gestionada para evitar su pérdida y accesibilidad en el tiempo de un modo eficaz, rápido y preciso (Franco y Tarrío 2021, p. 51-52).

Esta capacidad de generar información ha favorecido la evolución

de los registros de patrimonio, al incorporar documentación gráfica más completa y precisa con respecto a los tradicionales inventarios de arquitectura. El mecanismo para solucionar los problemas derivados de la necesidad de gestión de la información, es el desarrollo de una base de datos gráfica con el fin de representar mediante el empleo de un modelo 3D la documentación relativa al patrimonio arquitectónico. La comunicación entre las diferentes disciplinas, con campos altamente especializados que intervienen en los procesos de documentación del patrimonio y el almacenaje de esta, afecta a la comunicación entre los técnicos y requiere de una representación ordenada de la información.

Ante esta situación, el trabajo plantea el desarrollo de una propuesta con el fin de proporcionar una base normalizada para planifi-



1. Catálogo Monumental de España, provincia de Teruel. Autor: Juan Cabré y Aguiló, 1909-1911
2. Parte del listado de edificios que forman parte del inventario del patrimonio arquitectónico mudéjar de Aragón
3. Ficha tipo de inventario elaborada según el estándar "Core Data Index to Historic Buildings and

- Monuments of the Architectural Heritage". Ejemplo de la Iglesia de Santa María de Tobed, Zaragoza
1. Monument Catalogue of Spain, Teruel Province. Author: Juan Cabré y Aguiló, 1909-1911
 2. Part of the list of buildings included in the inventory of the Mudejar

3. Standard inventory sheet prepared according to the standard "Core Data Index to Historic Buildings and Monuments of the Architectural Heritage". Example of the Church of Santa María de Tobed, Zaragoza

car y ejecutar el registro digital de la documentación gráfica del patrimonio arquitectónico mudéjar en Aragón que permita su inventario. El objetivo, es la consecución de una documentación más completa de los bienes a catalogar, ya que el modelo 3D generado permite incorporar documentación adicional relativa al bien sobre un soporte común.

Desarrollo de la base de datos gráfica para el inventario del patrimonio mudéjar

El inventario desarrollado queda delimitado por la selección de patrimonio inmueble de estilo mudéjar, comprendido en los límites de la

Comunidad de Aragón. El ámbito de estudio concentra un numeroso listado de bienes (Fig. 2) que por su singularidad histórico-artística son representantes de la arquitectura mudéjar, característica de la península ibérica, cuyo periodo comprende desde las primeras muestras del siglo XII, hasta las últimas reminiscencias del siglo XVII (Borrás 1985).

Se trata de un registro documental que abarca más allá del mero inventario sintético que recoge un listado de bienes o del inventario administrativo que recoge los bienes del patrimonio declarados de interés histórico-artístico con protección jurídica. El elemento diferenciador del inventario propuesto, es la inclusión de documentación gráfica bidimen-

by incorporating more complete and accurate graphic documentation than traditional architectural inventories. The mechanism to solve the problems that arise from the need for information management is the development of a graphic database in order to represent, through the use of a 3D model, the documentation related to the architectural heritage. Communication among the different disciplines, with highly specialised fields involved in the processes of heritage documentation and storage, affects communication between technicians and requires an orderly representation of information. Faced with this situation, this study proposes the development of a proposal in order to provide a standardised basis for planning and carrying out the digital recording of the graphic documentation of the Mudejar architectural heritage in Aragon that will enable it to be inventoried. The aim is to achieve a more complete documentation of the properties to



7-INM-ZAR-020-255-001

01_IDENTIFICACIÓN

Denominación: Iglesia de Santa María

Código: 7-INM-ZAR-020-255-001

Categoría: Religiosa

Tipología: Iglesias



02_LOCALIZACIÓN

Provincia: Zaragoza

Comarca: Comunidad de Calatayud

Municipio: Tobed

Localidad: Tobed

Dirección: Plaza la Virgen, 16

Coordenadas geográficas: 41,33852; -1,40056

Catastro: 3977303XL3737H

03_DESCRIPCIÓN

Iglesia de nave única de tres tramos y testero recto con capillas abiertas a la nave mediante arcos ojivales y capillas entre las torres-contrafuertes con estructura de alminar almohade. Los tramos principales se cubren con bóvedas de crucería mientras que los de separación se cubren con cañón apuntado que apoyan en las torres-contrafuertes. Estas torres son, junto a la tribuna o andador, los elementos que dan el carácter defensivo-militar a la Iglesia. La decoración exterior se compone de paños de ladrillo resaltado formando bandas con motivos geométricos y bandas de azulejos en punta de flecha. La decoración interior es a base de pintura y agramitados en los muros y celosías muy elaboradas en los vanos y oculos.

04_DATACIÓN E HISTORIA

Construcción: Edad Media-S. XIV-1356-1385, Mudéjar.

Restauración: Desde Edad Contemporánea-S. XX-1996-1991, fachada oeste del templo, saneamiento y drenaje. 2001-2004, restauración integral. 2006, retablo de la Virgen, en la capilla mayor, el retablo de Cristo y el retablo de San José.

05_PROTECCIÓN

Clase: Bien de Interés Cultural

Categoría: Monumento

Patrimonio Mundial de la UNESCO

Historial administrativo: Declaración Resolución: 03/06/1931. Publicación: 04/06/1931

Número de expediente:



4

be catalogued, since the 3D model generated allows additional documentation related to the property to be incorporated in the same medium.

Development of the graphic database for the Mudéjar heritage inventory

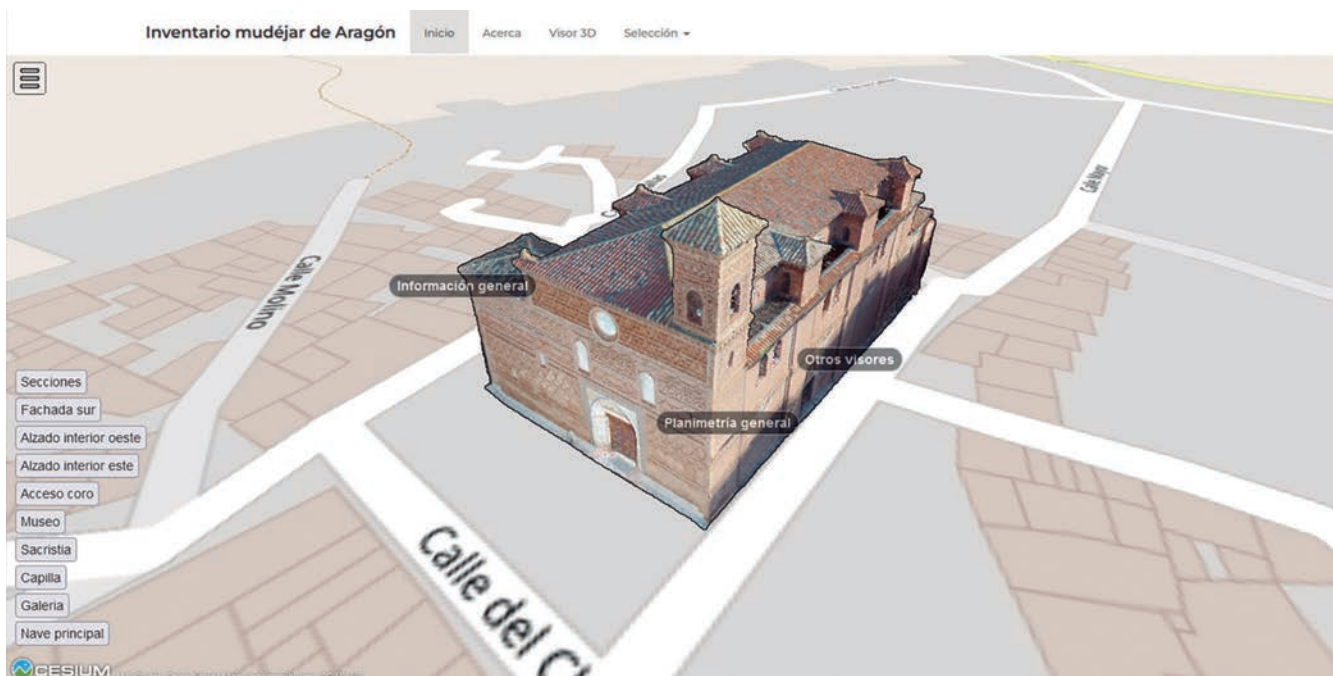
The inventory developed is delimited by the selection of Mudéjar style immovable heritage within the boundaries of the Community of Aragón. The field of study concentrates a large list of properties (Fig. 2) that due to their historical-artistic singularity are representative of Mudéjar architecture, characteristic of the Iberian Peninsula, whose period ranges from the first samples of the twelfth century, to the last reminiscences of the seventeenth century (Borrás 1985). It is a documentary record that goes beyond the mere synthetic inventory that compiles a list of properties or the official inventory that compiles the heritage properties declared of historical-artistic importance with legal protection. The differentiating element of the proposed inventory is the inclusion of two-dimensional and three-dimensional graphic documentation, in addition to the descriptive and complementary information associated with them, which will provide more information regarding the buildings recorded in a digital and accessible medium. The design of the record is conceived to go beyond the level of inventory description and to constitute a highly descriptive instrument that is capable of housing the maximum graphic information of cultural property.

sional y tridimensional, además de la descriptiva y la información complementaria asociada a ellos, que aportará mayor información respecto a los edificios registrados en un entorno digital y accesible. El diseño del registro se ha concebido para superar el nivel de descripción de inventario y obtener un instrumento de descripción alto que sea capaz de albergar la máxima información gráfica de los bienes culturales.

Para el desarrollo adecuado de un registro documental, se ha considerado la adopción de estándares relacionados con: la estructura y contenido de los datos, estándares de intercambio de información y metadatos, estándares relacionados con los sistemas de información geográfica y estándares de documentación. Estos estándares definen la estructura y especifican el contenido de los campos de datos que se emplean para registrar la información recopilada de los inmuebles, que se integra en fichas de documentación, analógicas o digitales (Fig 3). Gracias a estos registros, es posible promover la armonización de la captura y presentación de datos y realizar análisis relacionados con la identificación, planificación

y protección. Además, la propuesta de desarrollo de un inventario gráfico digital mediante la elaboración de protocolos para la creación de una estructura de la información, asegura su perdurabilidad a lo largo del tiempo y la estandarización de procesos y resultados.

El objetivo principal es proporcionar una base normalizada para planificar y ejecutar el registro digital de la documentación gráfica, para posteriormente ordenar y emplear de forma comprensible y coherente la información (Fig. 4 y 5). Se plantea la implementación de una herramienta que permita la difusión y explotación de la información por parte de diferentes usuarios a través de un portal web que integre un visor cartográfico (WebGIS) y el acceso a un gestor de nube de puntos basado en WebGL (Di Benedetto et al. 2014). Dada la función principal del inventario mudéjar de divulgación de conocimiento, sin requerir necesidades de gestionar información relativa a la conservación o intervención, provee el soporte indicado para la creación de un repositorio de información geométrica de los bienes patrimoniales registrados (Molero et al. 2016, p. 237).



5

Como característica a destacar de la aplicación desarrollada, es la utilización de herramientas y software libre y de código abierto durante todas las fases del proceso de documentación y difusión. Se demuestra que los problemas relacionados con la recopilación, procesamiento e intercambio de datos pueden gestionarse mediante el uso de código abierto. A excepción de algunos programas de procesamiento de la nube de puntos, todas las herramientas se han desarrollado con software de código abierto, demostrándose como su aplicación aporta componentes maduros con los que desarrollar aplicaciones útiles y con capacidad suficiente para obtener los resultados adecuados a los diferentes usos del patrimonio. Su utilización, asegura la máxima interoperabilidad y accesibilidad a la información y su permanencia y mantenimiento en el tiempo, pese a los constantes avances tecnológicos.

Fase I. WebGIS del patrimonio arquitectónico

La relación del patrimonio arquitectónico con el entorno en el que se implanta, aporta una visión glo-

bal a diferentes escalas y perspectivas (ambientales, territoriales, económicas, urbanísticas, sociales, etc.). Se crean una serie de relaciones históricas, espaciales, territoriales y visuales entre el patrimonio y su contexto que ayudan a considerar el patrimonio como un elemento integral e integrado, dentro de un sistema cultural (López Sánchez et al. 2022). En este contexto, para llevar a cabo el inventario del Patrimonio Mudéjar de Aragón, se ha recopilado información relativa a la normativa urbanística y la relación de los propios edificios con su entorno. La información gráfica que aporta esta información y su relación con el patrimonio, favorece la ejecución de análisis espaciales para su divulgación y conservación (Atanasio et al. 2020).

La información es accesible a través de un WebGIS que permite acceder a los datos desde cualquier ubicación, visualizar, consultar, analizar o exportar información en distintos formatos. La herramienta está compuesta por una base de datos que comprende información heterogénea, como: localización, identificación, protección, histórica, geométrica, constructiva, del

4. Interfaz principal del WebGIS del inventario del patrimonio arquitectónico mudéjar de Aragón.

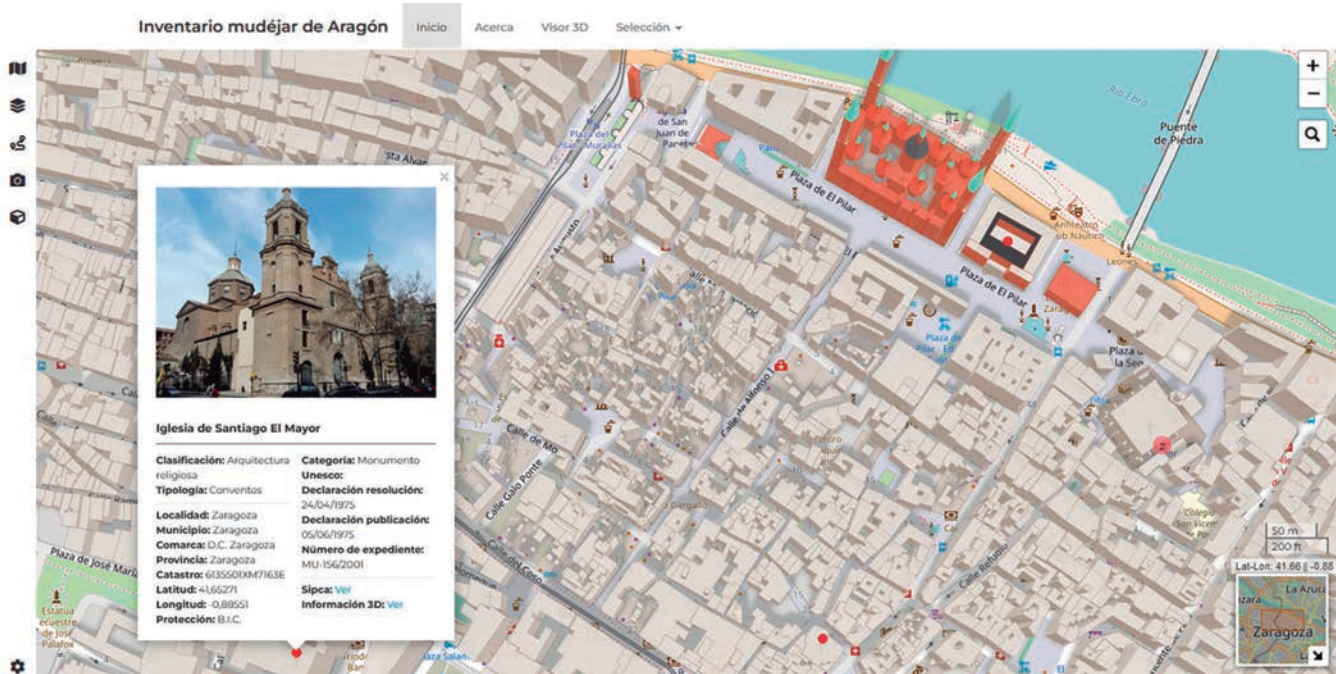
Acceso a información básica de las fichas de cada elemento patrimonial

5. Vista del visor de nube de puntos basado en WebGL utilizado para representar la información gráfica del patrimonio mudéjar de Aragón

4. Main interface of the WebGIS of the inventory of the Mudéjar architectural heritage of Aragón. Access to basic information of the files of each heritage element

5. View of the WebGL-based point cloud viewer used to represent the graphic information of the Mudéjar heritage of Aragón

For the proper development of a documentary record, the adoption of standards related to: the structure and content of the data, standards for the exchange of information and metadata, standards related to geographic information systems and documentation standards have been considered. These standards define the structure and specify the content of the data fields used to record the information collected from the properties, which is integrated into documentation sheets that may be analogue or digital (Fig 3). Thanks to these records, it is possible to promote the harmonisation of data capture and presentation and to carry out analyses related to identification, planning and protection. In addition, the proposal to develop a digital graphic inventory through the design of protocols for the creation of an information structure, ensures its durability over time and the standardisation of processes and results.



6

The main aim is to provide a standardised basis for planning and executing the digital record of graphic documentation, to subsequently order and use the information in an understandable and coherent way (Fig. 4 and 5). The implementation of a tool is proposed that allows the dissemination and exploitation of information by different users through a web portal that integrates a cartographic viewer (WebGIS) and access to a point cloud manager based on WebGL (Di Benedetto et al. 2014). Given the main function of the Mudejar inventory of knowledge dissemination, without requiring the need to manage information related to conservation or intervention, it provides the indicated means for the creation of a repository of geometric information of the recorded heritage properties (Molero et al. 2016, p. 237).

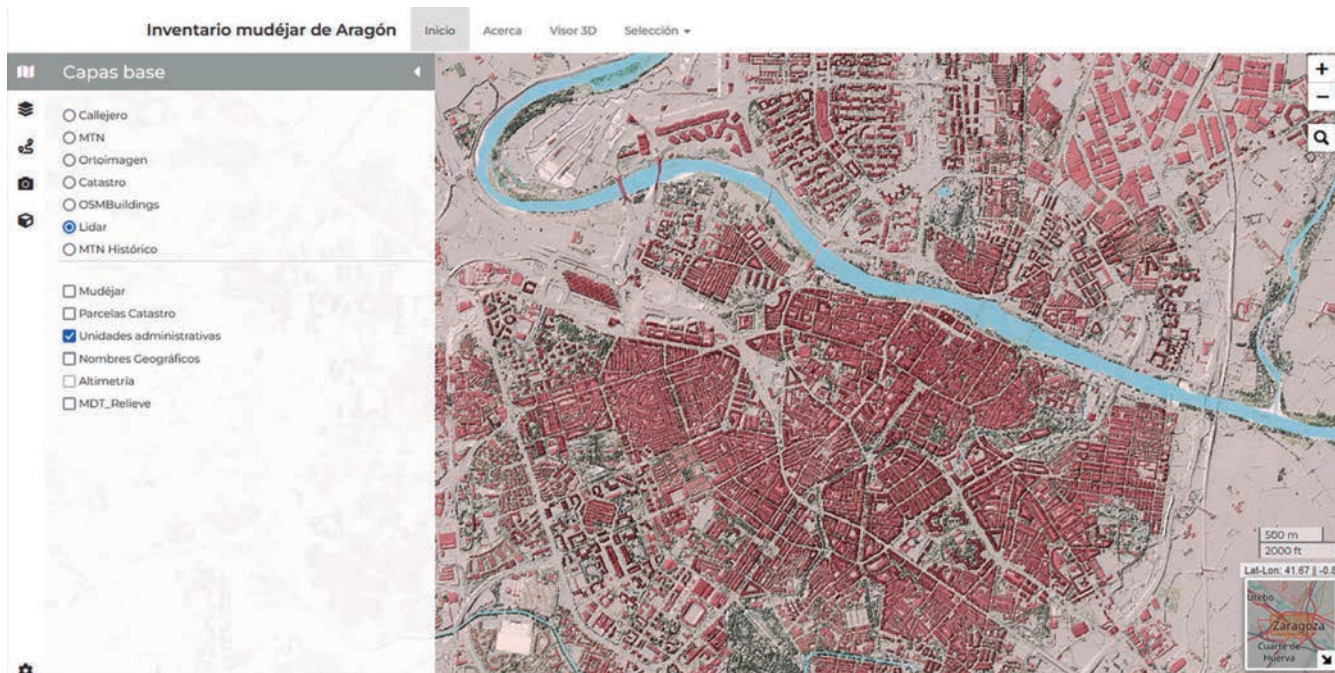
A notable feature of the application developed is the use of freeware and open-source tools and software during all phases of the documentation and dissemination process. It demonstrates that problems related to the collection, processing and exchange of data can be managed through the use of open source. With the exception of some point cloud processing programs, all the tools were developed with open source software, demonstrating how its application provides mature components with which to develop useful applications with sufficient capacity to obtain the appropriate results for the different uses of heritage. Their use ensures maximum interoperability and accessibility to information and its permanence and maintenance over time, despite constant technological advances.

estado de conservación o intervenciones. Posibilita el acceso a datos estructurados que son accesibles a través de una interfaz con distintos estilos de visualización que son adaptables en función del uso que se haga de la información, pudiendo ser más técnica o de carácter divulgativo, abriendo el ámbito de posibilidades de utilización.

Para crear la aplicación WebGIS la arquitectura del sistema emplea el software de escritorio QGIS y una base de datos PostgreSQL para gestionar sistemas de bases de datos relacionales orientados a objetos. A través de su extensión PostGIS, se accede a través de servicios web normalizados a servidores de mapas que utilizan los servicios de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) ofrecidos por diferentes organizaciones para obtener información geoespacial que es catalogada utilizando metadatos. Finalmente, la información se visualiza mediante un cliente web que utiliza la librería JavaScript "Leaflet" para ser ejecutado sobre el navegador (Fig. 6).

Para representar la documentación del patrimonio, se utilizan diferentes niveles de detalle (LoD), que permiten la visualización y

análisis de un mismo objeto a distintas escalas y grados de resolución simultáneamente, proporcionando un acceso eficiente y fluido a los datos, condensando los tiempos de compresión y latencia (Scopigno et al. 2017). La información es estructurada desde lo más genérico hasta la escala más pequeña de detalle (Fig. 6). La escala del territorio y urbana está representada mediante información gráfica provista por el IGN (Instituto Geográfico nacional), el Catastro e IDEARAGON (Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón), y corresponde con información Cartográfica, ortofotos, Modelos Digitales de Elevación, información parcelaria, así como información respecto a figuras de planeamiento urbanístico, clases de suelo y la normativa urbanística. Las capas de información han sido añadidas mediante una petición WMS (Web Map Service) y WMTS (Web Map Tile Service) a las respectivas infraestructuras de datos espaciales (Fig. 7). Todos los productos cartográficos han sido georreferenciados a un Sistema de Referencia expresado en un sistema de coordenadas oficiales. En el caso de España, se toma la referencia



7

ETRS89, y el huso de proyección UTM 30, que corresponde con la zona de estudio, de modo que el CRS planimétrico adoptado es el código EPSG 25830.

Posteriormente, la información referente al listado de edificios que componen el inventario del patrimonio ha sido diseñada para favorecer la interoperabilidad de los datos y promover la normalización. La información de la identificación de cada elemento patrimonial se almacena en la Geo-DB en una tabla de atributos que concentra todos los registros relevantes de las entidades del proyecto, de modo que los datos son almacenados según una estructura de campos estandarizado para asegurar la armonización de los datos y la interoperabilidad de estos. Se emplea el estándar “Core Data Index to Historic Buildings and Monuments of the Architectural Heritage”, que ofrece una definición de los datos mínimos y la sintaxis común que es preciso utilizar para realizar una ficha de inventario para el registro del patrimonio arquitectónico. Finalmente, al incorporar la base catastral y asociar la tabla de atributos de los edificios registrados,

así como la información relativa a la geolocalización, el SIG permite vincular ambas tablas mediante la referencia catastral y de este modo asociar el objeto espacial a la información de planeamiento urbano (Fig. 8 y 9), favoreciendo la creación de relaciones entre el edificio y su entorno.

Fase II. Visualización de la información geométrica

La elección de la herramienta adecuada para representar la información geométrica de los bienes inventariados se ha realizado tras la definición de la finalidad del proyecto de registro, el alcance y los recursos personales y materiales disponibles. Asimismo, efectuado el análisis de las distintas tecnologías disponibles para la gestión del patrimonio arquitectónico, como los visores basados en la WebGL, la tecnología BIM, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y programas específicos de inventariado, se ha considerado adecuado el empleo de un visor de nube de puntos que se basa en la tecnología WebGL. Dada la función principal del inventario mudéjar de divulgación de conocimiento, sin requerir necesidades de gestionar in-

6. Vista con la capa OSM Buildings que muestra la edificación en 2,5D. Se aprecian activas funcionalidades javascript de Leaflet, como: Minimap, Search, Sidebar o Graphicscale

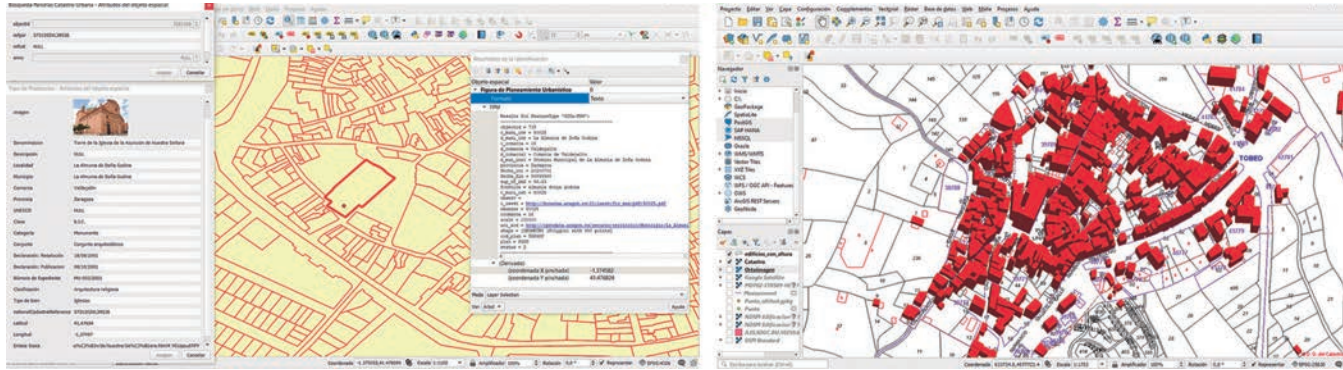
7. Vista de las capas de información añadidas mediante una petición WMS (Web Map Service) y WMTS (Web Map Tile Service) a las respectivas infraestructuras de datos espaciales. En el visor, vista de capa de información LIDAR de Zaragoza

6. View with the OSM Buildings layer showing the building in 2.5D. Active Javascript functionalities of Leaflet are evident, such as: Minimap, Search, Sidebar and Graphicscale

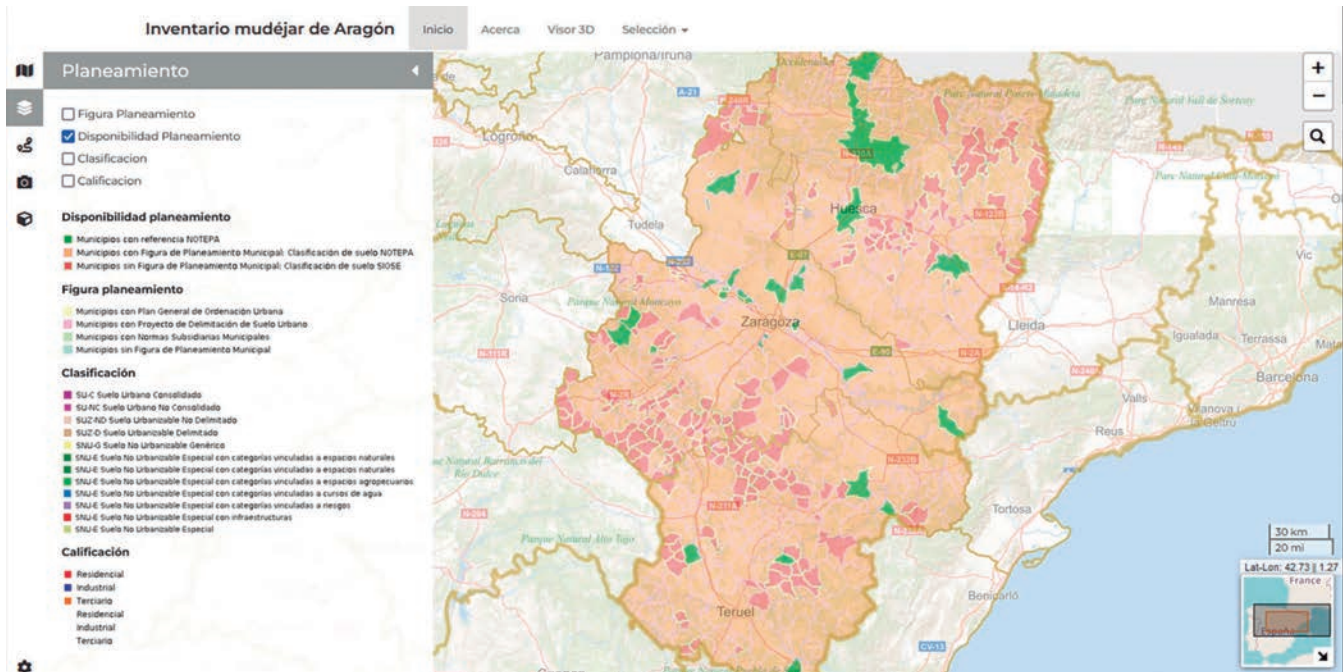
7. View of the information layers added by a WMS (Web Map Service) and WMTS (Web Map Tile Service) request to the respective spatial data infrastructures. In the viewer, LIDAR information layer view of Zaragoza

Phase I. WebGIS of architectural heritage

The relationship of the architectural heritage with its surrounding environment provides a global vision at different scales and perspectives (environmental, territorial, economic, urban, social, etc.). A series of historical, spatial, territorial and visual relationships are created between heritage and its context that help to consider heritage as an integral and integrated element, within a cultural system (López Sánchez et al. 2022). In this context, to carry out the inventory of the Mudejar Heritage of Aragon, information was collected regarding urban planning regulations and the relationship of the buildings themselves with their surroundings. The graphic data provided by this information and its relationship with heritage contribute to the performing



8



9

8. El software de escritorio QGIS permite incorporar capas desde Servicios de Infraestructuras de Datos Espaciales. A la izq. Se muestran capas temáticas de información catastral y normativa urbanística relacionada con el edificio inventariado. A la dcha. se utiliza la capa de catastro y la información que contiene relativa a la altura de los edificios, para simular una visión en 2,5D de los edificios

9. Información de planeamiento provista por IDEARAGON (Infraestructura de datos Espaciales de Aragón)

10. El visor Potree de nubes de puntos, emplea tecnología WebGL, para representar información geométrica de los bienes patrimoniales

11. El visor dispone de una barra de herramientas con funcionalidades para la realización de medidas sobre el modelo de nube de puntos

12. Representación de la sección longitudinal del edificio y de la elevación a través de una escala de colores

8. QGIS desktop On the left: software allows layers to be incorporated from Spatial Data Infrastructure Services. On the left, thematic layers of cadastral information and urban planning regulations related to the inventoried building are shown. On the right: the cadastre layer and the information it contains regarding the height of the buildings are used to simulate a 2.5D view of the buildings

9. Planning information provided by IDEARAGON (Spatial Data Infrastructure of Aragón)

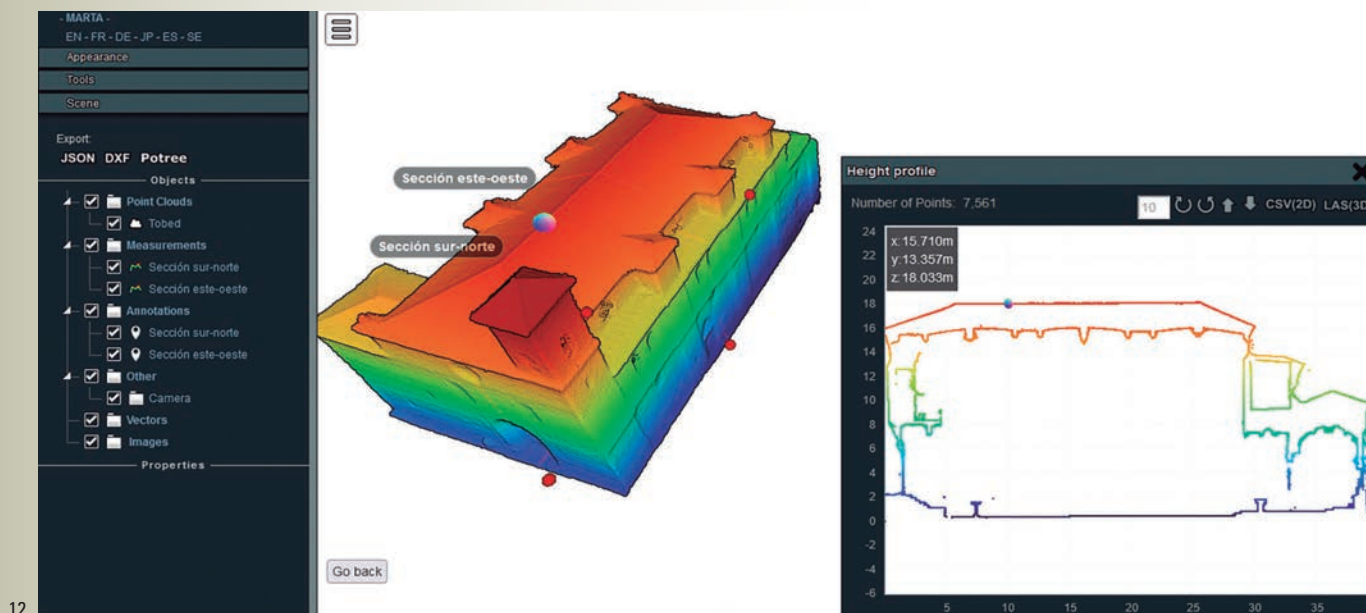
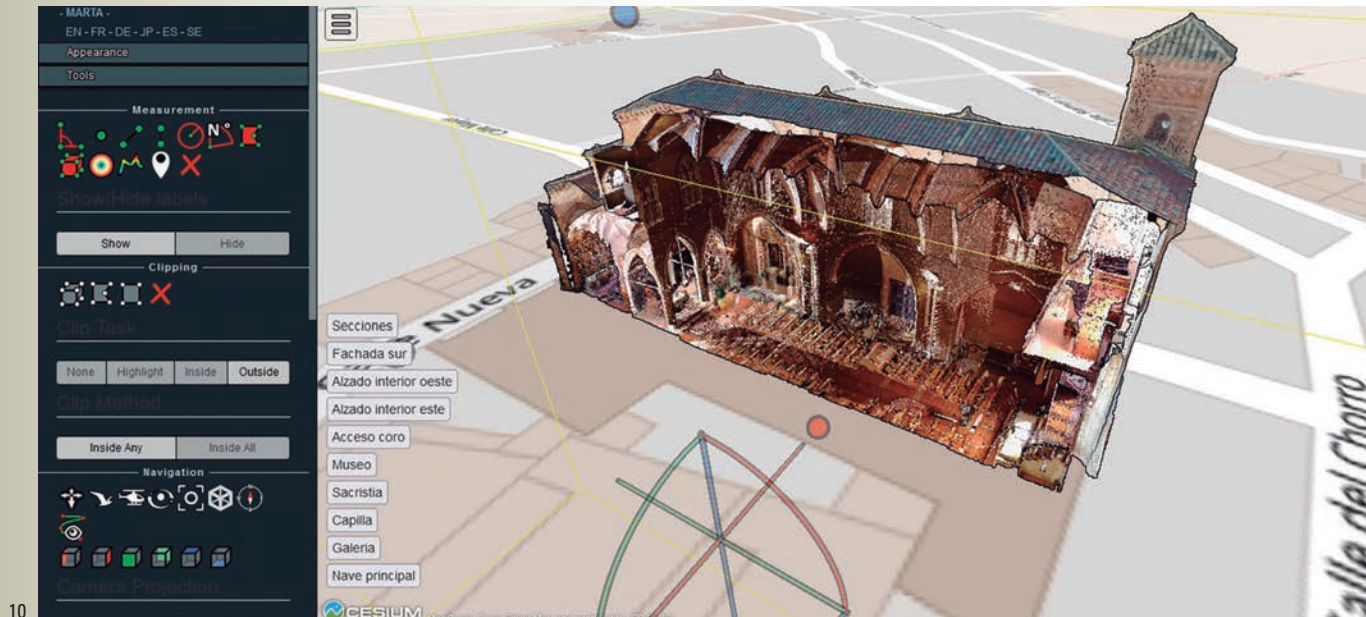
10. The Potree point cloud viewer uses WebGL technology to represent geometric information of heritage properties

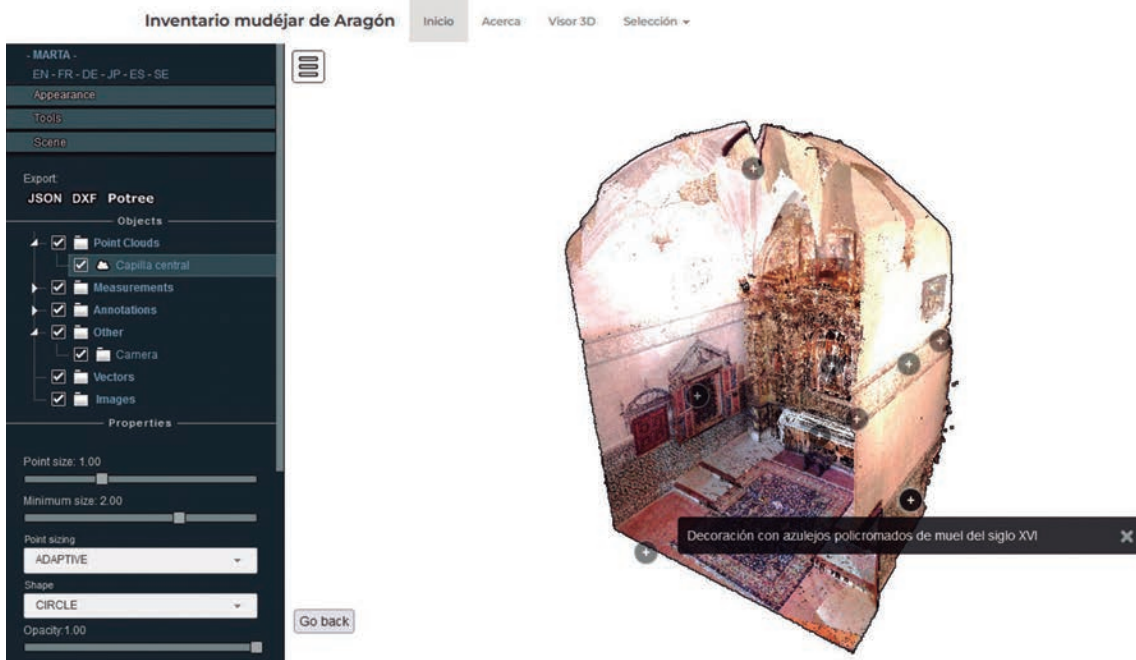
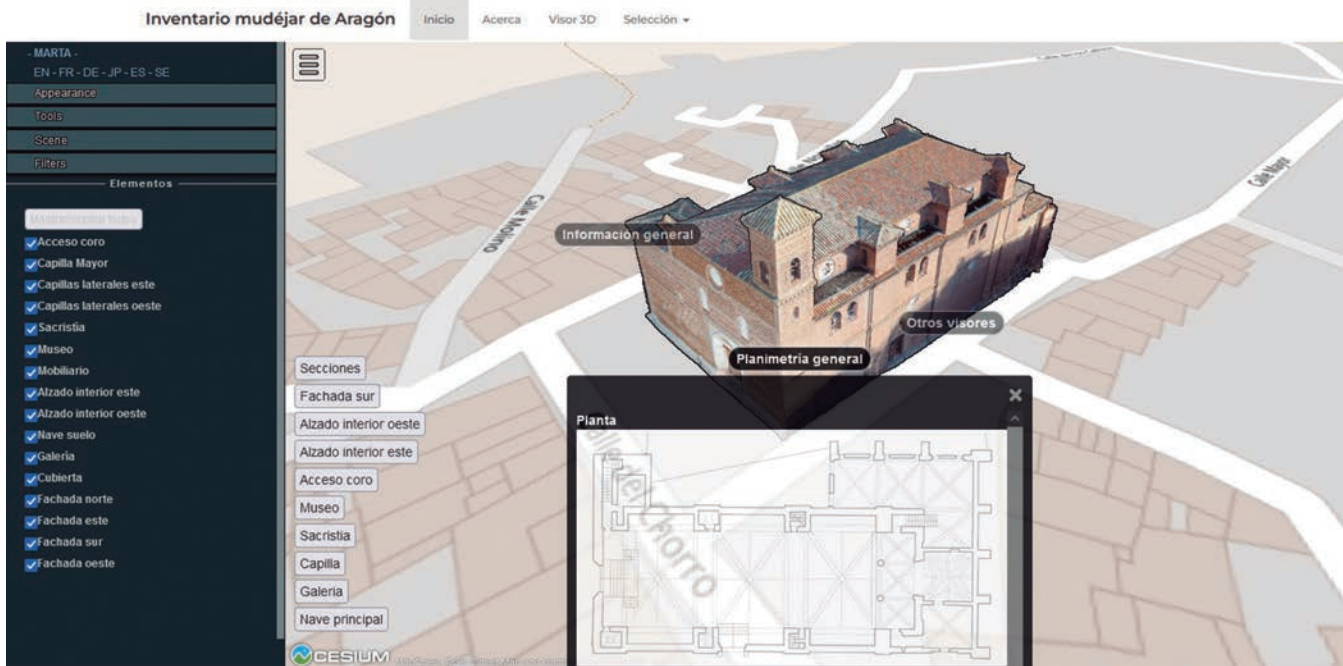
11. The viewer has a toolbar with functionalities for measuring the point cloud model

12. Representation of the longitudinal section of the building and the elevation through a colour scale

formación relativa a la conservación o intervención, provee el soporte indicado para la creación de un repositorio de información geométrica de los bienes patrimoniales registrados, ya que permite incluir documentación gráfica bidimensional y tridimensional con el fin de aportar una representación fiel a la forma real de la edificación histórica, en un entorno digital y accesible (Fig. 10).

Tradicionalmente, para presentar los modelos al usuario final, era necesario transferir grandes cantidades de datos e instalar aplicaciones de terceros para visualizarlos. Sin embargo, con el lanzamiento de WebGL, la distribución de contenido 3D a través de navegadores web se ha vuelto cada vez más popular. Ha evolucionado hasta convertirse





13

of spatial analyses for its dissemination and conservation (Atanasio et al. 2020). The information is accessible through a WebGIS that allows access to the data from any location, to view, consult, analyse or export information in different formats. The tool consists of a database that includes heterogeneous information, such as: location, identification, protection, historical, geometric, construction, state of conservation or interventions. It allows access to structured data that are accessible through an interface with different viewing styles that are adaptable depending on the use made of the information; they can be more technical or informative,

en un estándar compatible de forma nativa con todos los dispositivos, ya que permite nativamente renderizar modelos 3D sin la necesidad de utilizar extensiones o plugins complementarios, obteniendo mayor velocidad de visualización y una ejecución de recursos más efectiva (Apollonio et al., 2011).

Como base para la gestión de la información se utilizan modelos de nubes de puntos de alta densidad que se visualizan gracias a la utilización del visor de código

abierto Potree, cuya característica principal es que ha sido especialmente desarrollado para visualizar en tiempo real grandes cantidades de puntos usando tecnologías estándar basadas en web que funcionan dentro de un navegador web. Se basa en la API de JavaScript WebGL y la biblioteca three.js, para analizar y validar datos de nubes de puntos sin la necesidad de pasar a malla y ser procesados. La información es almacenada bajo una estructura octree de datos que al-



13. Anotaciones realizadas sobre el modelo de nube de puntos. La información que puede contener texto, hipervínculos, imágenes, planos, etc.

13. Annotations made on the point cloud model. Information that may contain text, hyperlinks, images, plans, etc.

macena submuestras de datos originales en diferentes resoluciones, permitiendo seleccionar regiones de la nube de puntos que están fuera de la vista y renderizar regiones distantes con un nivel de detalle más bajo, reduciendo de este modo el tiempo (Schütz 2016).

Previamente a la conversión e inclusión del modelo de nube de puntos en el visor, es preciso procesar la nube para gestionar el modelo y agrupar datos con propiedades similares, para ello es necesario realizar la segmentación y el submuestreo de la nube, así como la clasificación de los distintos grupos de nubes. Esta clasificación previa es importante, puesto que se utilizará posteriormente en el visor para mostrar u ocultar los distintos conjuntos de nubes en que se ha segmentado el modelo, facilitando así la gestión de la información. El resultado es un modelo de nube de puntos de alta densidad del edificio que se utiliza como base sobre la que volcar los datos provistos por los distintos técnicos que participan en el proceso de documentación. Una vez obtenido el modelo en el formato final, mediante programación, se incorporarán las funcionalidades necesarias para la difusión de resultados.

El modelo 3D generado de nube de puntos es un producto útil para mostrar la información volumétrica del edificio a través de visores web que emplean el estándar WebGL para compartir modelos complejos 3D. Potree permite analizar, y validar datos de nubes de puntos sin la necesidad de pasar a malla y ser procesados, favoreciendo la interacción y navegación, además de la inclusión de información en él. La plataforma es sencilla de utilizar y facilita la interacción con el mode-

lo 3D gracias a la visualización del modelo desde distintos puntos de vista ya preconfigurados o a la navegación libre, además de permitir la realización de mediciones generales (Fig. 11 y 12) del edificio (Senderos 2022). Adicionalmente, mediante el acceso a las anotaciones enlazadas sobre el modelo (Ponchio et al. 2020), se puede acceder a información que completa el registro gráfico 3D, como texto, imágenes, documentos, enlaces, etc (Fig. 13).

El resultado es un material gráfico de diversa naturaleza, compuesto de información fotográfica, volumétrica tridimensional y bidimensional, que conforma una documentación completa de la geometría del edificio, consiguiendo una correcta caracterización formal para un uso métrico o divulgativo. Como consecuencia de la metodología propuesta para la documentación geométrica del edificio, se obtiene información valiosa que aporta mayores recursos gráficos y documentales respecto a los tradicionales inventarios del patrimonio arquitectónico. La versión final del inventario digital puede consultarse en <https://www.inventariomudejar.es/>

Conclusiones

La aplicación web desarrollada para visualizar el inventario gráfico digital del patrimonio arquitectónico mudéjar en Aragón, muestra las posibilidades de empleo de esta herramienta como medio de difusión e investigación de este estilo arquitectónico. El listado de edificios que componen el inventario, aporta información de su localización, descripción o datación que ayudan a conocer su valor y sirven como medio para promover su protección y divulgación.

which broadens the scope of possibilities of use. To create the WebGIS application, the system architecture uses QGIS desktop software and a PostgreSQL database to manage object-oriented relational database systems. Through its PostGIS extension, map servers that use the Spatial Data Infrastructures (SDI) services offered by several organisations to obtain geospatial information that is catalogued using metadata are accessed through standardised web services. Finally, the information is viewed by a web client that uses the JavaScript library "Leaflet" to be executed in the browser (Fig. 6). Different levels of detail (LoDs) are used to represent the heritage documentation, which allow the viewing and analysis of the same object at different scales and degrees of resolution simultaneously, providing efficient and fluid access to the data, and condensing the compression and latency times (Scopigno et al. 2017). The information is structured from the most generic to the smallest scale of detail (Fig. 6). The scale of the territory and urban environment is represented by graphic information provided by the IGN (National Geographic Institute), the Cadastre and IDEARAGON (Spatial Data Infrastructure of Aragon), and encompasses cartographic information, orthophotos, Digital Elevation Models, land plot information, as well as information regarding urban planning figures, land categories and urban planning regulations. The information layers have been added by means of a WMS (Web Map Service) and WMTS (Web Map Tile Service) request to the respective spatial data infrastructures (Fig. 7). All cartographic products have been georeferenced to a Reference System expressed in an official coordinate system. In the case of Spain, the reference ETRS89 is taken, and the projection spindle UTM 30, which corresponds to the study area, so the planimetric CRS adopted is the EPSG code 25830. Subsequently, the information regarding the list of buildings that make up the heritage inventory was designed to promote data interoperability and facilitate standardisation. The identification information of each heritage element is stored in the Geo-DB in an attribute table that consolidates all the relevant records of the project bodies, so that the data is stored according to a standardised field structure to ensure data harmonisation and interoperability. The standard "Core Data Index of Historic



Buildings and Monuments of Architectural Heritage” is used, which provides a definition of the minimum data and common syntax that must be used to make an inventory sheet for the recording of architectural heritage. Finally, by incorporating the cadastral database and linking the attribute table of the recorded buildings, as well as the information related to geolocation, the GIS allows both tables to be linked through the cadastral reference and thus link the spatial object with the urban planning information (Fig. 8 and 9), which facilitates the creation of relationships between the building and its surroundings.

Phase II. Display of geometric information

The choice of the appropriate tool to represent the geometric information of the inventoried properties was made after the definition of the purpose of the recording project, the scope and the personnel and material resources available. In addition, after analysing the different technologies available for the management of architectural heritage, such as WebGL-based viewers, BIM technology, Geographic Information Systems (GIS) and specific inventory programs, it was considered appropriate to use a point cloud viewer based on WebGL technology. Given the main function of the Mudejar inventory of knowledge dissemination, without the need to manage information related to conservation or intervention, it provides the indicated medium for the creation of a repository of geometric information of the recorded heritage properties, since it makes it possible to include two-dimensional and three-dimensional graphic documentation in order to provide a faithful representation of the real form of the historic building, in a digital and accessible environment (Fig. 10). Traditionally, to present models to the end user, it was necessary to transfer large amounts of data and install third-party applications to view them. However, with the launch of WebGL, the distribution of 3D content through web browsers has become increasingly popular. It has evolved to become a standard natively compatible with all devices, since it allows 3D models to be natively rendered without the need to use extensions or complementary plugins, obtaining greater viewing speed and a more effective use of resources (Apollonio et al., 2011).

El uso de visores webGL supone un gran avance tecnológico para la visualización 3D del patrimonio a través de la web, permitiendo la interacción y navegación de un modo sencillo e intuitivo, además de la inclusión de información en él. Permiten la creación de grandes repositorios de objetos con una información adecuada para un uso divulgativo, turístico o incluso profesional, pero tienen limitaciones para un uso más específico orientado a áreas del patrimonio histórico que requieren de mayor información como serían la conservación o restauración. Para ellos existen otras tecnologías capaces de administrar elevadas cantidades de información como los Sistemas de Información Geográfica o la tecnología BIM (*Building Information Modelling*), que trabajando conjuntamente son capaces de gestionar todas las necesidades del patrimonio. ■

Referencias

- APOLLONIO, F. I., BENEDETTI, B., GAIANI, M., BALDISSINI, S., 2011. Construction, Management and Visualization of 3D Models of Large Archeological and Architectural Sites for E-Heritage GIS Systems. En: *XXIIIrd International CIPA Symposium, September 12 - 16, 2011*. Prague, Czech Republic.
- ATANASIO GUIASADO, A., ARÉVALO RODRÍGUEZ, F., y MOLINA ROZALEM, J. F., 2020. Recursos gráficos para el posicionamiento SIG y análisis de la fortificación del siglo XX. Búnkeres en el entorno del peñón de Gibraltar. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 25, no. 40, pp. 134–145. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2020.13698>
- AZKARATE, A., RUIZ DE AEL, M. J., SANTANA, A., 2003. El Patrimonio Arquitectónico. En: *Plan vasco de cultura*. Vitoria: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- BORRÁS GUALIS, G.M., 1985. *Arte Mudejar Aragonés*. Zaragoza: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza, Caja de Ahorros y Monte Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- DI BENEDETTO, M., PONCHIO, F., MALOMO, L., CALLIERI, M., DELLEPIANE, M., CIGNONI, P., SCOPIGNO, R., 2014. Web and Mobile Visualization for Cultural Heritage. En: Ioannides, M., Quak, E. (eds.), *3D Research Challenges in Cultural Heritage. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8355, pp. 18–35. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-44630-0_2
- FRANCO TABOADA, J. A., TARRÍO CARRODEGUAS, S., 2021. Arqueología de la arquitectura oculta: el caso del conjunto arquitectónico de San Martín Pinario de Santiago de Compostela. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 26, no.43, pp. 38–55. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2021.16618>
- LÓPEZ SÁNCHEZ, M., LINARES GÓMEZ DEL PULGAR, M., y TEJEDOR CABRERA, A., 2022. Definición de un método cartográfico para intervenir en paisajes patrimoniales periurbanos. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 27, no. 44, pp. 136–147. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2022.15354>
- MOLERO ALONSO, B., BARBA, S., y ÁLVARO TORDESILLAS, A., 2016. Documentación del patrimonio cultural. Método basado en la fusión de técnicas fotogramétricas y de escaneado óptico de triangulación. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 21, no. 28, pp. 236–245. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2016.6308>
- MUÑOZ COSME, A., 2012. Catálogos e inventarios del patrimonio en España. En: *El catálogo monumental de España (1900-1961): investigación, restauración y difusión*, pp. 13–36. Secretaría General Técnica.
- PONCHIO, F., CALLIERI, M., DELLEPIANE, M., SCOPIGNO, R., 2020. Effective Annotations Over 3D Models. *Computer Graphics Forum*, vol. 39, pp. 89–105. DOI: <https://doi.org/10.1111/cgf.13664>
- SENDEROS LAKA, M., LEÓN CASCANTE, I., & PÉREZ MARTÍNEZ, J. J., 2022. Representación gráfica, presentación y visualización del paisaje lineal. Estudio evolutivo de la relación autor/presentador/observador. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 27, no. 44, pp. 124–135. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2022.15533>
- SCHÜTZ, M., 2016. *Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*. Viena: Faculty of Informatics at the Vienna University of Technology. <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2016/SCHUETZ-2016-POT/>
- SCOPIGNO, R., CALLIERI, M., DELLEPIANE, M., PONCHIO, F., POTENZIANI, M., 2017. Delivering and using 3D models on the web: are we ready?. *Virtual Archaeology Review*, vol. 8, no. 17, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.4995/var.2017.6405>



As a basis for information management, high-density point cloud models are used that are viewed thanks to the use of the open source Potree viewer, whose main feature is that it has been specially developed to view in real time large numbers of points using standard web-based technologies that work within a web browser. It relies on the WebGL JavaScript API and three.js library, to analyse and validate point cloud data without the need to mesh screen and process them. The information is stored using an octree data structure that stores sub-samples of original data in different resolutions, allowing us to select regions of the point cloud that are out of sight and render distant regions with a lower level of detail, thus saving time (Schütz 2016).

Prior to the conversion and inclusion of the point cloud model in the viewer, one needs to process the cloud to manage the model and group data with similar properties, to do so, segmentation and sub-sampling of the cloud is necessary, as well as classifying the different groups of clouds. This previous classification is important, since it will be used later in the viewer to reveal or conceal the different sets of clouds in which the model has been segmented, thus facilitating the management of the information. The result is a high-density point cloud model of the building that is used as a basis on which to dump the data provided by the different technicians involved in the documentation process. Once the model has been obtained in the final format, programmatically, the necessary functionalities for the dissemination of results will be incorporated. The generated point cloud 3D model is a useful product for viewing volumetric building information through web viewers that employ the WebGL standard to share complex 3D models. Potree makes it possible to analyse and validate data from point clouds without the need to mesh screen and process them, facilitating interaction and navigation, in addition to the inclusion of information therein. The platform is simple to use and facilitates interaction with the 3D model thanks to the viewing of the model from different points of view already pre-set or free navigation, in addition to enabling general measurements to be made (Fig. 11 and 12) of the building (Senderos 2022). Additionally, by accessing the linked annotations on the model (Ponchio et al. 2020), information that completes the 3D

graphic record can be accessed, such as text, images, documents, links, etc. (Fig. 13). The result is a graphic material of varied nature, composed of photographic information as well as three-dimensional and two-dimensional volumetric data, which forms a complete documentation of the geometry of the building, achieving an efficient formal characterisation for a metric or informative use. As a result of the proposed methodology for the geometric documentation of the building, valuable information is obtained that provides greater graphic and documentary resources compared to the traditional architectural heritage inventories. The final version of the digital inventory can be found in <https://www.inventariomudejar.es/>

Conclusions

The web application developed to view the digital graphic inventory of the Mudejar architectural heritage in Aragon demonstrates the possibilities of using this tool as a means of dissemination of and research on this architectural style. The list of buildings that make up the inventory provides information on their location, description and dating that help to assess their value and serve as a means to promote its protection and dissemination. The use of webGL viewers is a great technological advance for the 3D viewing of heritage via the web, allowing interaction and navigation in a simple and intuitive way, in addition to the inclusion of information in it. They make it possible to create large repositories of objects with suitable information for informative, tourism or professional use, but have limitations for a more specific use oriented to areas of historical heritage that require more information such as conservation or restoration. For the latter, there are other technologies capable of managing large amounts of information such as Geographic Information Systems or BIM (Building Information Modelling) technology, which working in tandem are able to manage all the needs of the heritage. ■

References

- APOLLONIO, F. I., BENEDETTI, B., GAIANI, M., BALDISSINI, S., 2011. Construction, Management and Visualization of 3D Models of Large Archeological and Architectural Sites for E-Heritage GIS Systems. En: *XXIIIrd International CIPA Symposium, September 12-*

- 16, 2011. Prague, Czech Republic.*
- ATANASIO GUIASADO, A., AREVALO RODRÍGUEZ, F., & MOLINA ROZALEM, J. F., 2020. Recursos gráficos para el posicionamiento SIG y análisis de la fortificación del siglo XX. Búnkeres en el entorno del peñón de Gibraltar. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 25, no. 40, pp. 134–145. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2020.13698>
- AZKARATE, A., RUIZ DE AEL, M. J., SANTANA, A., 2003. El Patrimonio Arquitectónico. En: *Plan vasco de cultura*. Vitoria: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- BORRÁS GUALIS, G.M., 1985. *Arte Mudéjar Aragonés*. Zaragoza: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza, Caja de Ahorros y Monte Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- DI BENEDETTO, M., PONCHIO, F., MALOMO, L., CALLIERI, M., DELLEPIANE, M., CIGNONI, P., SCOPIGNO, R., 2014. Web and Mobile Visualization for Cultural Heritage. En: Ioannides, M., Quak, E. (eds.), *3D Research Challenges in Cultural Heritage. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8355, pp. 18-35. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-44630-0_2
- FRANCO TABOADA, J. A., TARRÍO CARRODEGUAS, S., 2021. Arqueología de la arquitectura oculta: el caso del conjunto arquitectónico de San Martín Pinario de Santiago de Compostela. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 26, no.43, pp. 38–55. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2021.16618>
- LÓPEZ SÁNCHEZ, M., LINARES GÓMEZ DEL PULGAR, M., & TEJEDOR CABRERA, A., 2022. Definición de un método cartográfico para intervenir en paisajes patrimoniales periurbanos. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 27, no. 44, pp. 136–147. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2022.15354>
- MOLERO ALONSO, B., BARBA, S., & ÁLVARO TORDESILLAS, A., 2016. Documentación del patrimonio cultural. Método basado en la fusión de técnicas fotogramétricas y de escaneado óptico de triangulación. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 21, no. 28, pp. 236–245. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2016.6308>
- MUÑOZ COSME, A., 2012. Catálogos e inventarios del patrimonio en España. En: *El catálogo monumental de España (1900-1961): investigación, restauración y difusión*, pp. 13–36. Secretaría General Técnica.
- PONCHIO, F., CALLIERI, M., DELLEPIANE, M., SCOPIGNO, R., 2020. Effective Annotations Over 3D Models. *Computer Graphics Forum*, vol. 39, pp. 89-105. DOI: <https://doi.org/10.1111/cgf.13664>
- SENDEROS LAKA, M., LEÓN CASCANTE, I., & PÉREZ MARTÍNEZ, J. J., 2022. Representación gráfica, presentación y visualización del paisaje lineal. Estudio evolutivo de la relación autor/presentador/observador. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 27, no. 44, pp. 124–135. DOI: <https://doi.org/10.4995/ega.2022.15533>
- SCHÜTZ, M., 2016. *Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*. Viena: Faculty of Informatics at the Vienna University of Technology. <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2016/SCHUJETZ-2016-POT/>
- SCOPIGNO, R., CALLIERI, M., DELLEPIANE, M., PONCHIO, F., POTENZIANI, M., 2017. Delivering and using 3D models on the web: are we ready?. *Virtual Archaeology Review*, vol. 8, no. 17, pp. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.4995/var.2017.6405>