



Repositorio gráfico digital de la Iglesia de Santa María de Tobed

Marta Quintilla Castán
Luis Agustín Hernández

Resumen

La Iglesia de Santa María de Tobed es uno de los edificios más representativos del estilo mudéjar en Aragón, y es ejemplo de la tipología de iglesia-fortaleza característica de este territorio. Durante la investigación se ha procedido a realizar la caracterización geométrica y formal del bien patrimonial mediante la combinación de técnicas fotogramétricas y de escaneado láser, con el objetivo de obtener un modelo volumétrico que actúe como soporte para la inclusión de información adicional referida al bien. El modelo 3D generado de nube de puntos es un producto útil para mostrar la información volumétrica del edificio a través de visores web como Potree, que emplean el estándar WebGL para compartir modelos complejos 3D. Utilizando el modelo de nube de puntos y la tecnología WebGL, se pueden generar grandes repositorios de información útiles como fuente de información en los inventarios de arquitectura.

Palabras clave

Repositorio digital, nube de puntos, webGL, visor, patrimonio histórico.

Topic

Documenting



Vista aérea del exterior de la Iglesia de Santa María de Tobed (Zaragoza). Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Introducción

El proceso de conocimiento completo del edificio incluye el trabajo colaborativo de diversas disciplinas. La documentación recopilada, generará una base de datos que integrará toda la información del edificio, resultando una herramienta para la gestión y difusión del conocimiento obtenido. En el caso del patrimonio arquitectónico, el conocimiento se adquiere tras la realización del levantamiento gráfico de los edificios.

A través del levantamiento gráfico de los bienes patrimoniales, se obtiene una representación a escala reducida del objeto arquitectónico, mediante la obtención de sus proyecciones o a través de la creación de un modelo volumétrico digital. La información gráfica resultante formará parte de los estudios previos que permitirán alcanzar un conocimiento profundo y extenso del mismo, extendido a todos sus aspectos, materiales e inmateriales.

La metodología propuesta para la elaboración del registro de la documentación gráfica se va a aplicar sobre uno de los bienes de mayor interés del Mudéjar en Aragón, como es la Iglesia de Santa María de Tobed, ejemplo de la tipología de iglesia-fortaleza, característica de este territorio (fig. 01).



Fig. 01. A la izq, portada principal de la Iglesia con muros de ladrillo colocados a soga y tizón. A la dcha. interior de la nave principal y vista del presbiterio. Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Iglesia de Santa María de Tobed

Tobed es un municipio de la comarca de Calatayud (Zaragoza), con una población de 225 habitantes, ubicada en el valle del río Grío y a los pies de la Sierra del Vico. La localidad posee dos templos, la iglesia de San Pedro y la iglesia de Santa María, representante del mudéjar aragonés, declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en diciembre de 2021.

La construcción del actual edificio fue iniciada en 1356, año en el que también dio inicio la Guerra de los Pedros y se finalizó durante las dos primeras décadas del siglo XV. Se distinguen tres fases de construcción, la primera entre 1356-1359 erigió los dos primeros tramos de la iglesia y el presbiterio con sus tres capillas, incluyendo los seis ventanales con características formales similares al palacio de la Aljafería de Zaragoza.

En una segunda fase iniciada en 1385 y finalizada a finales del siglo XIV, siendo Prior de la Orden Don Juan Pérez de Torres, se construye el tercer tramo de la iglesia, el claustro, las torres, la fachada occidental y la pintura interior. La tercera fase se inicia a partir de 1410 con

el patrocinio de Benedicto XIII y culmina en la segunda década del siglo XV. Durante este periodo se ejecutaron los ventanales del último tramo, parte de la decoración interior y el alfarje que sostiene el coro [Condor 2010].

La iglesia de Santa María de Tobed forma parte de la tipología de iglesias-fortaleza de nave única y planta rectangular. En la cabecera se encuentra el presbiterio, formado por tres capillas de planta cuadrada abiertas a la nave mediante tres arcos apuntados (fig. 02).

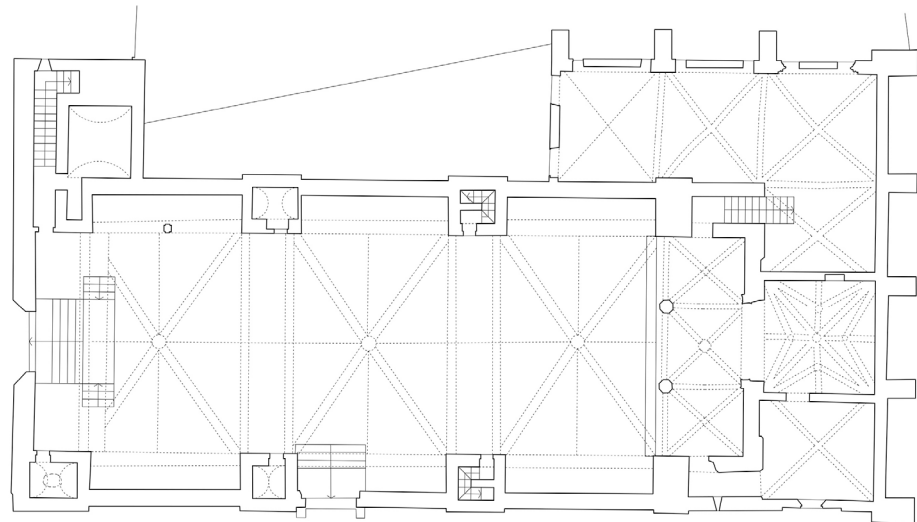
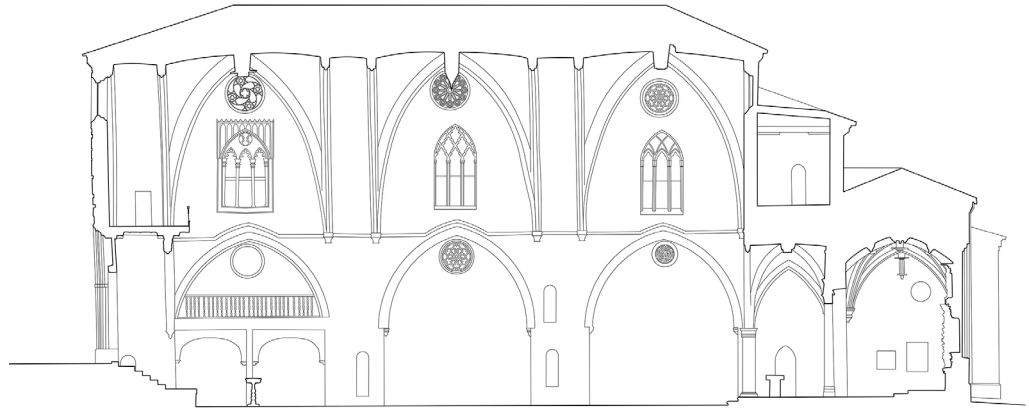


Fig. 02. Planta principal y sección longitudinal de la Iglesia de Santa María de Tobed, obtenido tras el delineado de secciones de la nube de puntos. Elaborado por el Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Las capillas se comunican entre sí, y están cubiertas con bóvedas de crucería sencilla. Tal como describe Gonzalo Borrás en su obra "Arte Mudéjar Aragonés", la nave consta de tres tramos rectangulares cubiertos por bóvedas de crucería sencilla de arcos diagonales. Los tramos principales alternan con otros más cortos compuestos por bóvedas de cañón apuntado con arcos transversales, contrarrestados al exterior por torres-contrafuerte insertadas entre las capillas laterales. Estas capillas, seis en total, tres a cada lado de la nave, están cubiertas con bóveda de cañón apuntado que cumplen la función de arriostramiento entre las torres-contrafuerte. Por encima de las capillas laterales y del presbiterio, se alza una galería o tribuna que conecta el perímetro del edificio atravesando las torres-contrafuerte. Ésta ilumina a través de ventanales el interior de la iglesia y se abre al exterior mediante arcos apuntados. Al exterior, el edificio es un volumen compacto por sus muros de ladrillo colocados a soga y tizón, y de aire militar debido a las torres-contrafuerte. La fachada principal orientada al

oeste está decorada al estilo almohade con ladrillo y azulejería. Los motivos ornamentales se disponen componiendo bandas o frisos horizontales y son sucesiones de arcos mixtilíneos y composiciones geométricas de lacería con formas hexagonales, estrellas de seis y ocho puntas, labores de cuatro octogonal, enriquecidos con pinturas murales y azulejos vidriados en verde, negro y blanco (fig. 03).



Fig. 03. Detalle de la ornamentación de la fachada principal y textura fotogramétrica del alzado sur. Iglesia de Santa María de Tobed. Elaborado por el Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Adquisición de la información

Una vez finalizada la fase inicial de definición del objeto y alcance, se deben considerar los aspectos necesarios para organizar el proceso de documentación y la recopilación de información necesaria para llevar a cabo un eficiente registro gráfico. Este procedimiento se compone de distintas fases que organizan el proceso de documentación, mediante la búsqueda de fuentes de información, la definición de las consideraciones técnicas para llevar a cabo el levantamiento, la previsión de resultados y la toma de datos.

La documentación geométrica de un bien patrimonial está relacionada con las necesidades de los distintos usuarios que van a acceder a la información. Esta vinculación condiciona las características de los productos a obtener, así como la selección de metodologías y equipamiento para adquirir los resultados requeridos, según los recursos disponibles. En el caso de la Iglesia de Santa María, se considera necesario generar un modelo geométrico tridimensional a partir del cual se elaborarán otros productos métricos, que deben cumplir una serie de características.

El modelo debe incluir todos los alzados exteriores de los muros, algunos de difícil acceso al tener edificación cercana, además de las cubiertas y aleros. En su interior, se debe contemplar la información de todas las capillas y bóvedas, así como de espacios estrechos de difícil modelado, como el interior de las torres-contrafuerte, y la galería que conecta el perímetro del edificio atravesando las torres-contrafuerte.

Los productos a obtener deben tener el nivel de detalle adecuado para registrar elementos constructivos como las lacerías, huecos y demás ornamentación, así como apreciar las patologías que pueda poseer. Como ejemplo, se debe poder percibir el desgaste pictórico de los muros.

El modelo requiere estar posicionado en un sistema de referencia, con el propósito de ponerlo en relación con el resto de bienes inventariados. Todos los edificios que componen el inventario del mudéjar en Aragón se encuentran en el mismo sistema de coordenadas UTM ETRS89 Huso 30N. El posicionamiento facilitará la interoperabilidad y difusión posterior de la información al integrarse en sistemas de información geográfica.

La información debe poder ser utilizada para múltiples usos, por lo que requerirá alcanzar un nivel de detalle que permita profundizar en los detalles del bien y que a su vez favorezca una visión integral de este. La documentación obtenida registra la configuración física y las características necesarias para poder redactar proyectos de intervención y diseño. La preci-

sión aproximada es de ± 2 mm y 5 mm para detalles constructivos y entre ± 10 mm y 25 mm para planimetría de construcción.

Tras el análisis de los datos obtenidos, se adquirió el conocimiento necesario para proceder a la planificación del trabajo de campo. Este se estructuró en dos fases, una primera que comprendía la captura de datos y el levantamiento del edificio y una segunda de trabajo de gabinete para la obtención del modelo volumétrico e incorporación de información sobre este (fig. 04). Para llevar a cabo el trabajo de campo fue necesario planificar las campañas de toma de

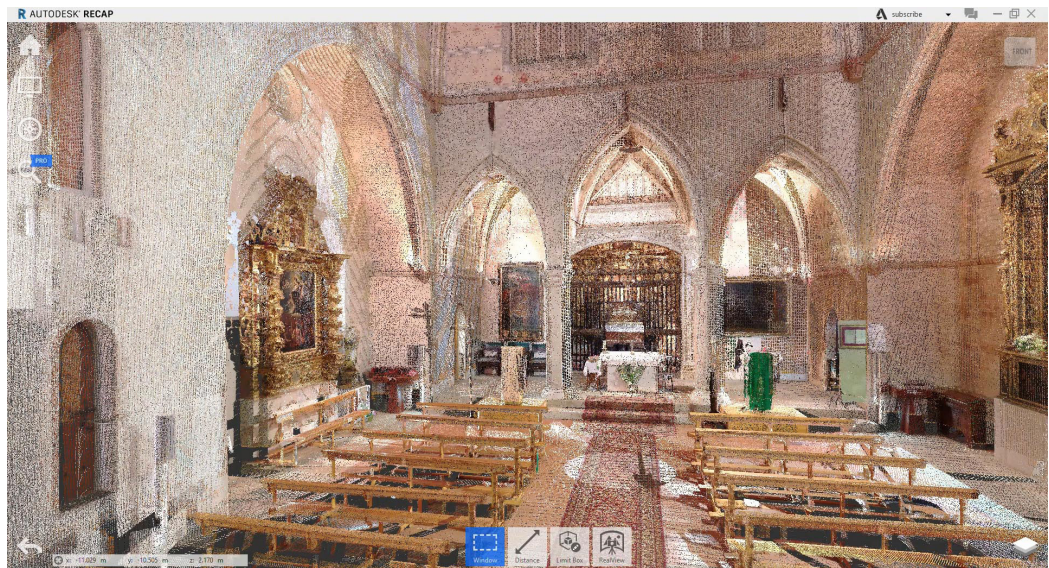


Fig. 04. Nube de puntos de alta densidad del exterior de la Iglesia de Santa María. Toma fotográfica se completó con la realizada mediante un dron Phantom 3. Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

datos, puesto que el emplazamiento dificultaba la captura de los alzados laterales. La accesibilidad al bien en la fachada principal sur y lateral este era adecuado, sin embargo, los alzados norte y oeste presentan dificultades al localizarse en calles estrechas y con edificación que obstaculizaba la toma de mediciones. La elección del método de levantamiento para la realización de la toma de datos se ejecutó teniendo en cuenta el tipo de edificio, la accesibilidad y nivel de detalle requerido, por ello se seleccionó una combinación de técnicas de adquisición como escáner láser y fotogrametría para la obtención del modelo completo del edificio tanto por el exterior como el interior.

La toma de datos se realizó en dos campañas, con el fin de obtener una nube de puntos completa del edificio. Con el fin de obtener texturas y mapeados foto realísticos, se utilizó un escáner láser Faro Focus 150 que posibilita una precisión de ± 2 mm y un rango de alcance entre 0,6 y 130 m. Se obtuvo una nube de puntos de densidad 6 mm con información volumétrica y colorimétrica, que permitió registrar los materiales y las pinturas del edificio tanto del interior como de las fachadas. Posteriormente se realizó una segunda toma de datos mediante fotogrametría, tomada mediante una cámara de fotos Nikon F-810 y una distancia focal comprendida entre 17 y 24 mm (gran angular). A su vez, la toma fotográfica se completó con la realizada mediante un dron Phantom 3, que incluye una cámara de 12 megapíxeles y GPS que geolocaliza las fotografías obtenidas, y facilitó la captura de datos de la cubierta y de las fachadas desde una cota alta. El procesado fotogramétrico se realizó mediante el software Photoscan, del cual se obtuvo una nube de puntos que se completó con la información recogida por el escáner láser. La combinación de información de ambos se procesó con el software Autodesk Recap (fig. 05).

Fig. 05. Nube de puntos del interior de la nave principal, con vistas a la Capilla Mayor y Capilla de la Virgen del Rosario. Procesado de la nube realizado con Autodesk Recap. Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.



Instrumentos de registro del bien patrimonial

El modelo geométrico tridimensional obtenido tras la combinación de fotogrametría y escáner láser ha permitido obtener toda la información geométrica del edificio y su correcta caracterización formal.

En el modelo, se volcará todo tipo de datos provenientes de la investigación de cualquiera de los agentes implicados permitiendo la interoperabilidad entre las disciplinas intervinientes en el Patrimonio, evitando duplicidad de la información y siendo accesible en todo momento a todos los implicados. Además, permitirá organizar información de los sistemas constructivos, características físicas de los elementos, la evolución histórica y patologías detectadas, a la vez que se dispondrá de una representación gráfica fiel a la realidad de la forma real de la edificación histórica.

Para poder gestionar la información, una vez obtenido el modelo 3D con la información geométrica completa del edificio, este se utiliza como base sobre la que volcar los datos provistos por los distintos técnicos que participan en el proceso de documentación. Por ello, previamente a la integración del modelo 3D en un sistema de información, es necesario realizar una serie de acciones que favorecen una administración eficiente de la información,

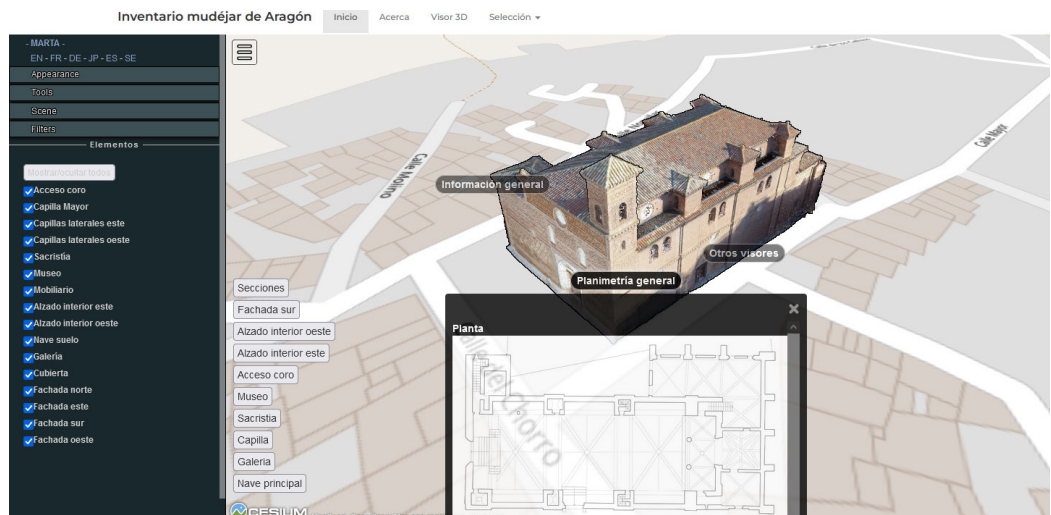


Fig. 06. Interfaz principal del visor Potree, compuesto por una barra de herramientas y la vista principal de acceso a la información gráfica, gracias al uso de anotaciones sobre el modelo. Elaborado por M. Quintilla

la accesibilidad y la interoperabilidad entre bases de datos. Mediante la utilización de métodos de segmentación y clasificación se puede crear una estructura de relaciones jerárquicas enriquecida semánticamente.

Posteriormente, en el sistema de información utilizado para la difusión de los resultados, se empleará el método de anotación para convertir el marco sintáctico en la estructuración del conocimiento (fig. 06). La información complementaria al modelo geométrico será enlazada a él para a continuación poder ser analizada a través de la creación de capas temáticas de información.

A partir de la toma de datos mediante fotogrametría y escaneado láser, se ha obtenido un modelo de puntos de alta densidad de la Iglesia de Santa María de Tobed, con información en bruto que es necesario gestionar mediante el empleo de aplicaciones informáticas. El procesado del modelo permite obtener distintos productos métricos tanto bidimensionales como tridimensionales, útiles para la definición gráfica del elemento patrimonial.

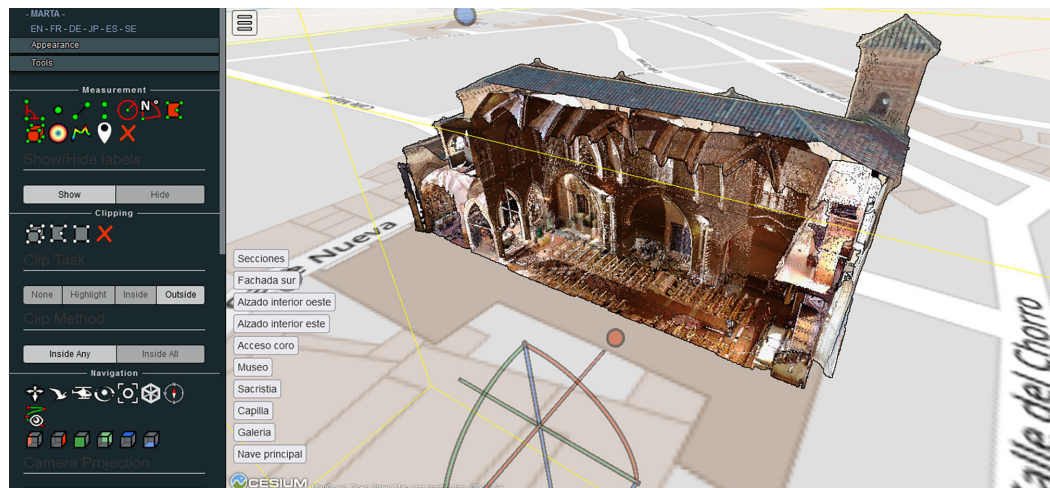


Fig. 07. El visor de nubes de puntos, emplea tecnología WebGL, para representar información geométrica de los bienes patrimoniales. Sección longitudinal por la nave. Elaborado por M. Quintilla

Visualización de la información geométrica

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 [Di Benedetto et al. 2014], la distribución de contenido 3D a través de navegadores web se ha vuelto cada vez más popular. Ha evolucionado hasta convertirse en un estándar compatible de forma nativa con todos los dispositivos.

Dentro de los visores WebGL, se puede optar por representar los modelos, mediante nubes de puntos densos o en una malla triangular texturizada. En este último caso, para poder ser representado en un entorno web, es necesario crear un modelo con menor resolución, con la consiguiente pérdida de información, para reducir los tiempos de carga y visualización a través del navegador. Por este motivo, se ha elegido un visor que permite procesar y generar grandes conjuntos de datos en un entorno de ejecución menor y con recursos de memoria limitados, como los navegadores web estándar (fig. 07).

El modelo 3D generado de nube de puntos es un producto útil para mostrar la información volumétrica del edificio a través de visores web como Potree [Schütz 2016], 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. Utilizando el modelo de nube de puntos y la tecnología WebGL, se pueden generar grandes repositorios de información útiles como fuente de información en los inventarios de arquitectura. Este tipo de modelo sirve para hacerse una idea de las formas y volúmenes, pero al aproximarse se pier-

de legibilidad y no se reconocen los elementos. Por ello, también se realiza el procesado de la nube para obtener otro tipo de modelos tridimensionales como los modelos de superficies o mallas. Los modelos 3D generados son creados en formatos estándares de intercambio (ply y obj), con el objetivo de favorecer la interoperabilidad de los datos, y no depender de software específico.

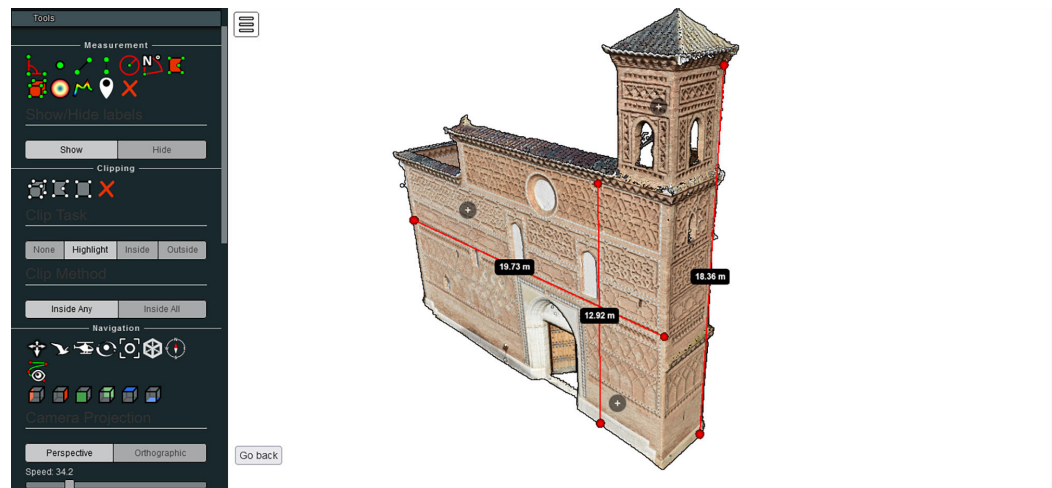


Fig. 08. El visor dispone de una barra de herramientas con funcionalidades para la realización de medidas sobre el modelo de nube de puntos. Elaborado por M. Quintilla

Conclusiones

El resultado es un repositorio digital con 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 (fig. 08) 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.

Referencias

- 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.
<<http://www.unizar.es/artigrama/pdf/02/4critica/critica.pdf>>
(consultato il 2 gennaio 2022).
- Borrás Gualis, G.M. (2006). Estructuras mudéjares aragonesas. In Del Carmen Lacarra Ducay, M. (a cura di). *Arte mudéjar en Aragón, León, Castilla, Extremadura y Andalucía*, pp. 297-314. Zaragoza: Institución Fernando El Católico.
- Condor Abanto, L. (2010). La iglesia de Santa María de Tobed. In *Cuadernos de Aragón*, n. 45. Zaragoza: Institución Fernando El Católico.
<https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/30/43/_ebook.pdf> (consultato il 12 febbraio 2022).
- Di Benedetto, M. et al. (2014). Web and Mobile Visualization for Cultural Heritage. In M. Ioannides & E. Quak (Eds.), *3D Research Challenges in Cultural Heritage. Lecture Notes in Computer Science*, vol 8355, pp. 18–35. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pieper, K. (2000). La Virgen de Tobed. Estructuración de la Iglesia. En: *El icono de la Virgen de Tobed. VI Centenario*. Zaragoza: Centro de Estudios de la Orden del Santo Sepulcro.
- Schütz, M. (2016). *Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*. Tesi di laurea in Visual Computing, relatore Wimmer, M. Faculty of Informatics, Vienna, University of Technology.
< <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2016/SCHUETZ-2016-POT/SCHUETZ-2016-POT-thesis.pdf>> (consultato il 18 febbraio 2022).
- Scopigno, R. et al. (2017). Delivering and using 3D models on the web: are we ready?. In *Virtual Archaeology Review*, vol. 8, n.17, pp. 1-17.
<<https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/6405/8084>> (consultato il 18 febbraio 2022).

Autores

Marta Quintilla Castán, Universidad de Zaragoza, mquintilla@unizar.es
Luis Agustín Hernández, Universidad de Zaragoza, lagustin@unizar.es

Para citar este capítulo: Quintilla Castán Marta, Hernández Luis Agustín (2022). Repositorio gráfico digital de la Iglesia de Santa María de Tobed/ Digital graphic repository of the Church of Santa María de Tobed. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 980-997.



Digital graphic repository of the Church of Santa María de Tobed

Marta Quintilla Castán
Luis Agustín Hernández

Abstract

The Church of Santa María de Tobed is one of the most representative buildings of the Mudejar style in Aragon, and is an example of the church-fortress typology characteristic of this territory. During the investigation, the geometric and formal characterization of the heritage asset has been carried out by combining photogrammetric and laser scanning techniques, with the aim of obtaining a volumetric model that acts as a support for the inclusion of additional information regarding the asset. The generated point cloud 3D model is a useful product for displaying building volumetric information through web viewers such as Potree, which use the WebGL standard to share complex 3D models. Using the point cloud model and WebGL technology, large repositories of useful information can be generated as a source of information in architecture inventories.

Keywords

Graphic repository, pointcloud, webGL, viewfinder, cultural heritage.

Topic

Documenting



Aerial view of the exterior of the Church of Santa María de Tobed (Zaragoza). Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Introduction

The process of complete knowledge of the building includes the collaborative work of various disciplines. The collected documentation will generate a database that will integrate all the information on the building, resulting in a tool for managing and disseminating the knowledge obtained. In the case of architectural heritage, knowledge is acquired after carrying out the graphic survey of the buildings.

Through the graphic survey of heritage assets, a reduced-scale representation of the architectural object is obtained, by obtaining its projections or through the creation of a digital volumetric model. The resulting graphic information will be part of the previous studies that will allow a deep and extensive knowledge of it to be achieved, extended to all its aspects, material and immaterial.

The proposed methodology for the elaboration of the graphic documentation record will be applied to one of the most interesting assets of the Mudejar in Aragon, such as the Church of Santa María de Tobed, an example of the church-fortress typology, characteristic of this territory (fig. 01).



Fig. 01. To the left main portal of the Church with brick walls placed with rope and stick; to the right interior of the main nave and view of the chancel. Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Church of Santa Maria de Tobed

Tobed is a municipality in the region of Calatayud (Zaragoza), with a population of 225 inhabitants, located in the Grío river valley and at the foot of the Sierra del Vico. The town has two temples, the church of San Pedro and the church of Santa María, representative of the *Aragonese Mudejar*, declared a World Heritage Site by UNESCO in December 2021.

The construction of the current building began in 1356, the year in which the War of the Pedros also began, and was completed during the first two decades of the 15th century. Three phases of construction are distinguished, the first between 1356-1359 erected the first two sections of the church and the presbytery with its three chapels, including the six windows with formal characteristics similar to the Aljafería palace in Zaragoza.

In a second phase, begun in 1385 and completed at the end of the 14th century, with Don Juan Pérez de Torres as Prior of the Order, the third section of the church, the cloister, the towers, the western façade and the interior painting were built. The third phase begins

in 1410 with the patronage of Benedict XIII and culminates in the second decade of the fifteenth century. During this period the windows of the last section, part of the interior decoration and the alfarje that supports the choir were executed. [Condor 2010].

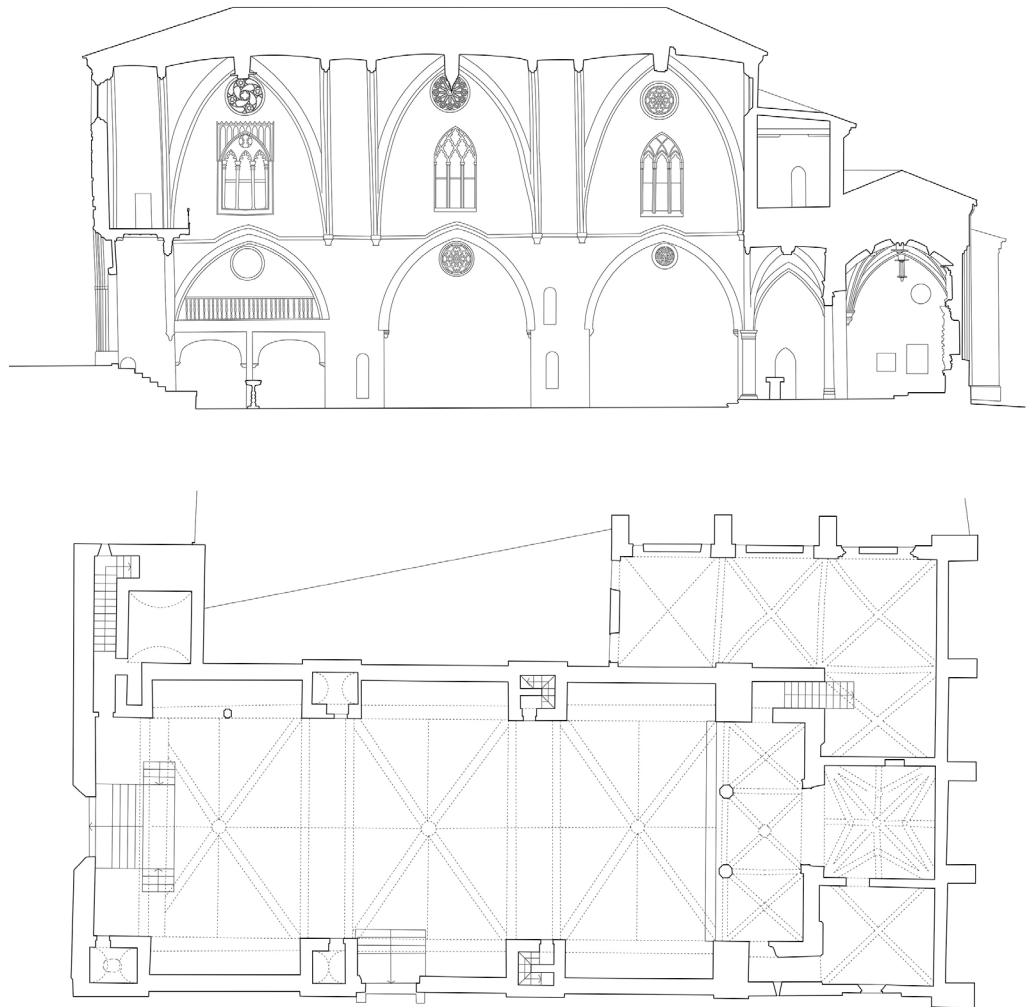


Fig. 02. Main plan and longitudinal section of the Church of Santa María de Tobed, obtained after delineating sections of the point cloud. Prepared by the Architecture Research Group (GIA) T37_17R.

The church of Santa María de Tobed is part of the typology of fortress-churches with a single nave and a rectangular floor plan. At the head is the presbytery, made up of three square chapels open to the nave through three pointed arches (fig. 02). The chapels communicate with each other and are covered with simple ribbed vaults.

As described by Gonzalo Borrás in his work *"Arte Mudéjar Aragonés"*, the nave consists of three rectangular sections covered by simple ribbed vaults with diagonal arches. The main sections alternate with shorter ones made up of pointed barrel vaults with transverse arches, counteracted on the outside by buttress-towers inserted between the side chapels. These chapels, six in total, three on each side of the nave, are covered with a pointed barrel vault that serves as a bracing between the buttress-towers. Above the side chapels and the presbytery, there is a gallery or tribune that connects the perimeter of the building through the buttress-towers. This illuminates the interior of the church through windows and opens to the outside through pointed arches.

On the outside, the building is a compact volume due to its brick walls placed with rope and stick, and with a military air due to the buttress-towers. The main façade facing west is decorated in the Almohad style with brick and tilework. The ornamental motifs are arranged com-

posing horizontal bands or friezes and are a succession of mixtilinear arches and geometric compositions of lacework with hexagonal shapes, six- and eight-pointed stars, four-octagonal work, enriched with mural paintings and glazed tiles in green, black and white (fig. 03).



Fig. 03. Detail of the ornamentation of the main façade and photogrammetric texture of the south elevation. Church of Santa Maria de Tobed. Prepared by the Architecture Research Group (GIA) T37_17R.

Information Acquisition

Once the initial phase of defining the object and scope has been completed, the necessary aspects must be considered to organize the documentation process and the collection of information necessary to carry out an efficient graphic record. This procedure is made up of different phases that organize the documentation process, through the search for sources of information, the definition of the technical considerations to carry out the survey, the forecast of results and the collection of data.

The geometric documentation of a heritage asset is related to the needs of the different users who are going to access the information. This link determines the characteristics of the products to be obtained, as well as the selection of methodologies and equipment to acquire the required results, according to the available resources. In the case of the Church of Santa María, it is considered necessary to generate a three-dimensional geometric model from which other metric products will be elaborated, which must meet a series of characteristics. The model must include all the exterior elevations of the walls, some of which are difficult to access due to nearby buildings, as well as the roofs and eaves. Inside, the information on all the chapels and vaults must be considered, as well as narrow spaces that are difficult to model, such as the interior of the buttress-towers, and the gallery that connects the perimeter of the building through the buttress-towers.

The products to be obtained must have the appropriate level of detail to register construction elements such as lacework, holes and other ornamentation, as well as to appreciate the pathologies that it may have. As an example, you should be able to perceive the pictorial wear of the walls.

The model needs to be positioned in a reference system, in order to put it in relation to the rest of the inventoried goods. All the buildings that make up the inventory of the Mudejar in Aragon are found in the same coordinate system UTM ETRS89 Huso 30N. The positioning will facilitate the interoperability and subsequent dissemination of information when integrated into geographic information systems.

The information must be able to be used for multiple uses, so it will require reaching a level of detail that allows delving into the details of the asset and that in turn favors a comprehensive view of it. The documentation obtained registers the physical configuration and the necessary characteristics to be able to write intervention and design projects. The approximate accuracy is ± 2 mm and 5 mm for construction details and between ± 10 mm and 25 mm for construction planimetry.

After analyzing the data obtained, the necessary knowledge was acquired to proceed with the planning of the field work. This was structured in two phases, a first one that included data capture and survey of the building and a second one of office work to obtain the volumetric model and incorporation of information about it. (fig. 04).

To carry out the field work, it was necessary to plan the data collection campaigns, since the location made it difficult to capture the side elevations. Accessibility to the property on the main south façade and on the east side was adequate, however, the north and west



Fig. 04. High density point cloud of the exterior of the Church of Santa María. Photographic taking was completed with the one made by means of a Phantom 3 drone. Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

elevations present difficulties as they are located in narrow streets and with buildings that hindered taking measurements. The choice of the survey method to carry out the data collection was carried out taking into account the type of building, accessibility and level of detail required, for this reason a combination of acquisition techniques such as laser scanner and photogrammetry was selected to obtain of the complete model of the building both on the outside and inside.

The data collection was carried out in two campaigns, in order to obtain a complete point cloud of the building. In order to obtain photo-realistic textures and mapping, a Faro Focus 150 laser scanner was used, which allows a precision of ± 2 mm and a range between 0.6 and 130 m. A cloud of 6 mm density points was obtained with volumetric and colorimetric information, which allowed the materials and paints of the building to be recorded, both inside and on the façades. Subsequently, a second data collection was carried out using photogrammetry, taken using a Nikon F-810 photo camera and a focal length between 17 and 24 mm (wide angle). In turn, the photographic capture was completed with that carried out using a Phantom 3 drone, which includes a 12-megapixel camera and GPS that geolocates the photographs obtained, and facilitated the capture of data on the roof and façades from a high level. The photogrammetric processing was carried out using the Photoscan software, from which a cloud of points was obtained that was completed with the information collected by the laser scanner. The combination of information from both was processed with Autodesk Recap software (fig. 05).



Fig. 05. Point cloud of the interior of the main nave, with views of the Main Chapel and Chapel of the Virgen del Rosario. Cloud processing done with Autodesk Recap. Grupo de Investigación en Arquitectura (GIA) T37_17R.

Registration instruments of the patrimonial asset

The three-dimensional geometric model obtained after the combination of photogrammetry and laser scanner, has allowed to obtain all the geometric information of the building and its correct formal characterization.

In the model, all kinds of data from the investigation of any of the agents involved will be dumped, allowing interoperability between the disciplines involved in Heritage, avoiding duplication of information and being accessible at all times to all those involved. In addition, it will allow the organization of information on the construction systems, physical characteristics of the elements, the historical evolution and detected pathologies, while at the same time providing a graphic representation faithful to reality of the real form of the historical building. In order to manage the information, once the 3D model with the complete geometric information of the building has been obtained, it is used as a base on which to dump the data provided by the different technicians involved in the documentation process. Therefore, prior to the integration of the 3D model in an information system, it is necessary to carry out a series of actions that favor efficient administration of information, accessibility and interoper-

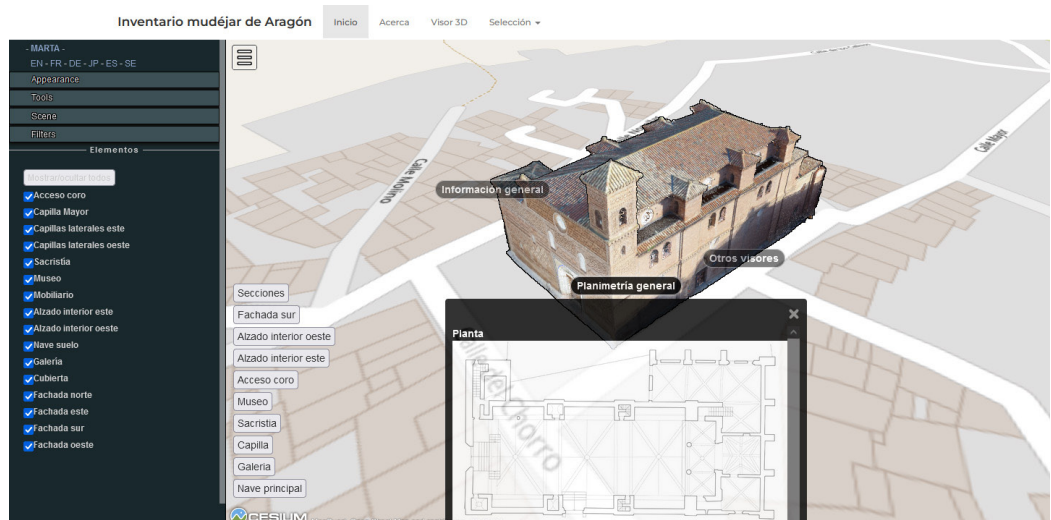


Fig. 06. Main interface of the Potree viewer, consisting of a toolbar and the main view for access to graphic information, thanks to the use of annotations on the model. Prepared by M. Quintilla

erability between databases. By using segmentation and classification methods, a semantically enriched structure of hierarchical relationships can be created. Subsequently, in the information system used for the dissemination of the results, the annotation method will be used to convert the syntactic framework into the structuring of knowledge (fig. 06). The complementary information to the geometric model will be linked to it so that it can then be analyzed through the creation of thematic layers of information. From the data collection by means of photogrammetry and laser scanning, a high-density point model of the Church of Santa María de Tobed has been obtained, with raw information that must be managed through the use of computer applications. The processing of the model allows obtaining different metric products, both two-dimensional and three-dimensional, useful for the graphic definition of the heritage element.

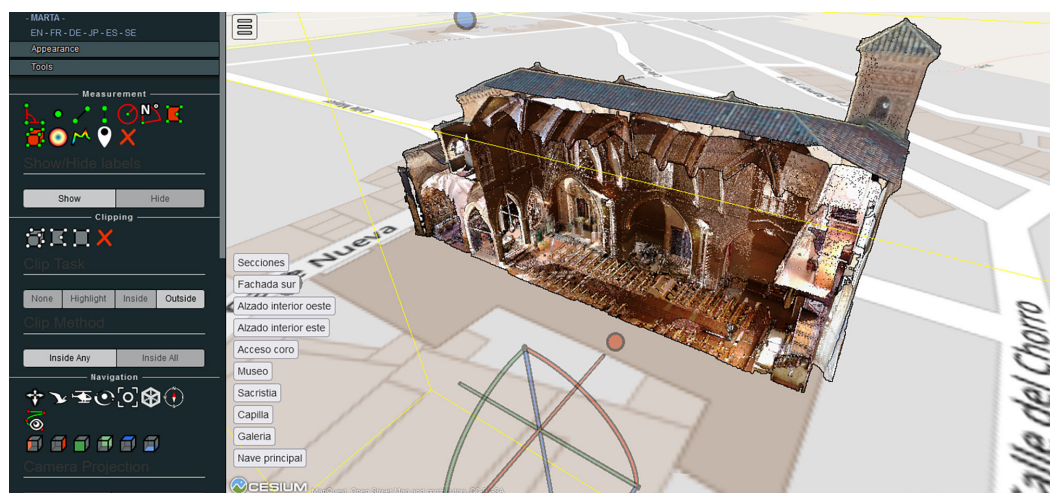


Fig. 07. The point cloud viewer uses WebGL technology to represent geometric information on heritage assets. Longitudinal section through the ship. Prepared by M. Quintilla

Visualization of geometric information

Traditionally, presenting models to the end user required transferring large amounts of data and installing third-party applications to view it. However, with the release of WebGL [Di Benedetto et al. 2014], the distribution of 3D content through web browsers has become increasingly popular. It has evolved into a standard that is natively supported by all devices. Within the WebGL viewers, you can choose to render the models, using dense point clouds or in a textured triangular mesh. In the latter case, in order to be represented in a web environment, it is necessary to create a model with lower resolution, with the consequent loss of information, to reduce loading and display times through the browser. For this reason, a viewer has been chosen that allows processing and generating large data sets in a smaller execution environment and with limited memory resources, such as standard web browsers (fig. 07). The generated 3D model of the point cloud is a useful product to display the volumetric information of the building through web viewers such as Potree [Schütz 2016], which use the WebGL standard to share complex 3D models. Potree allows you to analyze and validate point cloud data without the need to go to the mesh and be processed, favoring interaction and navigation, in addition to the inclusion of information in it. Using the point cloud model and WebGL technology, large repositories of useful information can be generated as a source of information in architecture inventories. This type of model serves to get an idea of the shapes and volumes, but when approaching it, legibility is lost and the elements are not recognized. For this reason, cloud processing is also carried out to obtain other types of three-dimensional models such as surface or mesh models. The generated 3D models are created in standard exchange formats (ply and obj), with the aim of favoring data interoperability, and not depending on specific software.

Conclusions

The result is a digital repository with graphic material of a diverse nature, made up of photographic, three-dimensional and two-dimensional volumetric information, which forms a complete documentation of the geometry of the building, achieving a correct formal characterization for a metric (fig. 08) or informative use. As a consequence of the proposed methodology for the geometric documentation of the building, valuable information is obtained that provides greater graphic and documentary resources with respect to traditional inventories of architectural heritage.



Fig. 08. The viewer has a toolbar with functionalities for carrying out measurements on the point cloud model. Prepared by M. Quintilla

References

- 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.
<<http://www.unizar.es/artigrama/pdf/02/4critica/critica.pdf>>
(consultato il 2 gennaio 2022).
- Borrás Gualis, G.M. (2006). Estructuras mudéjares aragonesas. In Del Carmen Lacarra Ducay, M. (a cura di). *Arte mudéjar en Aragón, León, Castilla, Extremadura y Andalucía*, pp. 297-314. Zaragoza: Institución Fernando El Católico.
- Condor Abanto, L. (2010). La iglesia de Santa María de Tobed. In *Cuadernos de Aragón*, n. 45. Zaragoza: Institución Fernando El Católico.
<https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/30/43/_ebook.pdf> (consultato il 12 febbraio 2022).
- Di Benedetto, M. et al. (2014). Web and Mobile Visualization for Cultural Heritage. In M. Ioannides & E. Quak (Eds.), *3D Research Challenges in Cultural Heritage. Lecture Notes in Computer Science*, vol 8355, pp. 18–35. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pieper, K. (2000). La Virgen de Tobed. Estructuración de la Iglesia. En: *El icono de la Virgen de Tobed. VI Centenario*. Zaragoza: Centro de Estudios de la Orden del Santo Sepulcro.
- Schütz, M. (2016). *Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*. Tesi di laurea in Visual Computing, relatore Wimmer, M. Faculty of Informatics, Vienna, University of Technology.
< <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2016/SCHUETZ-2016-POT/SCHUETZ-2016-POT-thesis.pdf> > (consultato il 18 febbraio 2022).
- Scopigno, R. et al. (2017). Delivering and using 3D models on the web: are we ready?. In *Virtual Archaeology Review*, vol. 8, n.17, pp. 1-17.
<<https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/6405/8084>> (consultato il 18 febbraio 2022).

Authors

Marta Quintilla Castán, Universidad de Zaragoza, mquintilla@unizar.es
Luis Agustín Hernández, Universidad de Zaragoza, lagustin@unizar.es

To cite this chapter: Quintilla Castán Marta, Hernández Luis Agustín (2022). Repositorio gráfico digital de la Iglesia de Santa María de Tobed/Digital graphic repository of the Church of Santa María de Tobed. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visibilità. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visibility. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 980-997.