

# Valorización y difusión del patrimonio arqueológico mediante un entorno web 3D.

## Documentación de Santa María de Iguacel (XI d.C.) mediante láser escáner 3D.

Jorge Angás Pajas<sup>1</sup> y Alfredo Serreta Oliván<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Scanner Patrimonio e Industria, Spin-Off Universidad de Zaragoza. España.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería diseño y fabricación, EPSH, Universidad de Zaragoza. España.

### Resumen

*El desarrollo en el último decenio de la tecnología láser escáner 3D ha supuesto una innovación en cuanto método y resultados en el registro, documentación y análisis geométrico del patrimonio arqueológico, a través de una recogida y almacenaje de datos operativos generado por un barrido láser. La documentación del patrimonio a través de la tecnología láser escáner 3D constituye una pieza clave en la fiel representación y caracterización de cualquier monumento, además de constituir un verdadero archivo documental geométrico totalmente reproducible diacrónicamente. El objetivo de este trabajo es la creación de un entorno web 3D, que permita la estandarización de resultados y difusión a través de una organización y selección de la información tridimensional para que incentive una investigación científica interdisciplinar.*

**Palabras Clave:** ENTORNO WEB 3D, LÁSER ESCÁNER 3D, BASE DE DATOS, DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO, VALORIZACIÓN Y DIFUSIÓN.

### Abstract

*Nowadays, the introduction of the pioneer laser scanning 3D technology has turn into a revolution in the methods used and results obtained in the documentation and geometric analysis of Archaeological Heritage, through the collection and mass storage of data generated by a laser scanner. The documentation of the Cultural Heritage through the 3D laser scanning technology is a key element in the reliable representation of a monument. As well as forming an exact geometric documentary file, which is totally diachronically reproducible, it serves as a control tool for monitoring any type of change in the structure of the monument. Using a methodological approach, this work is focused on the creation of a 3D web server which will process the 3D file in a more agile way, and through html it will arrive to a wider and more diverse public.*

**Key words:** 3D WEB SERVER, LASER SCANNING 3D, DATA BASE, CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION, SPREADING.

### Un cambio metodológico en el registro y documentación del patrimonio arqueológico.

Una de las ya conocidas dificultades que representa la tecnología láser escáner es el postproceso y gestión de los datos brutos que genera. Este hecho, sin duda, es uno de los factores que frena una mayor divulgación de la tecnología láser escáner como herramienta científica. La propia forma de representar el espacio de manera tridimensional constituye un cambio conceptual y metodológico de la clásica visión bidimensional del patrimonio (FORTE, 2006:23-40). Si bien, resulta un largo proceso discordante entre tecnología y metodología donde las posibilidades de aplicación únicamente vienen establecidas por una estandarización metodológica y la capacidad de interrelación con otras disciplinas. El desarrollo tecnológico ha ido un paso por delante de cualquier nueva implantación metodológica, por esta razón la mayor dificultad ha consistido en el tratamiento postprocesal y en la gestión de las nubes de puntos generadas por el barrido láser. Por ello, es preciso un trabajo combinado y relacionado

con diferentes programas informáticos y sus respectivas técnicas (topografía, geodesia, fotogrametría, termografía, infografía, etc.). A través de esta valiosa información tridimensional se obtienen modelados y visualizaciones 3D imprescindibles como una eficaz herramienta para cualquier estudio o análisis más exhaustivo, con el fin de establecer una precisa documentación, registro y análisis exacto, de cualquier tipo de estructura ya sea mueble o inmueble, además de su valor como documentación gráfica.

Al mismo tiempo, permite crear por primera vez dentro del campo patrimonial un verdadero archivo documental geométrico totalmente objetivo, desligado de cualquier tipo de interpretación por parte del técnico, generando un modelado totalmente reproducible a cualquier escala, de manera eficaz y sobre todo de manera fiel al elemento, pudiéndose detectar sincrónica o diacrónicamente cualquier tipo de alteración o patología milimétrica en su morfología.

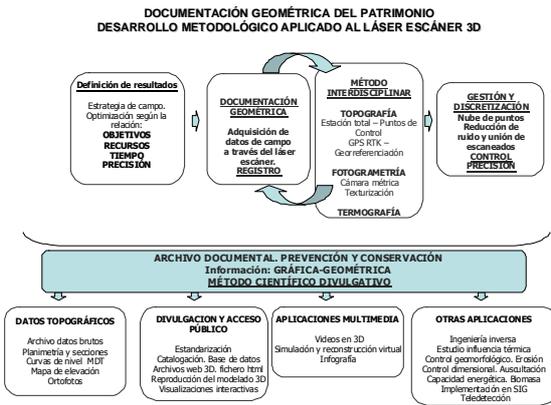


Figura 1. Esquema metodológico desarrollado con el láser escáner y sus aplicaciones como un método científico-divulgativo.

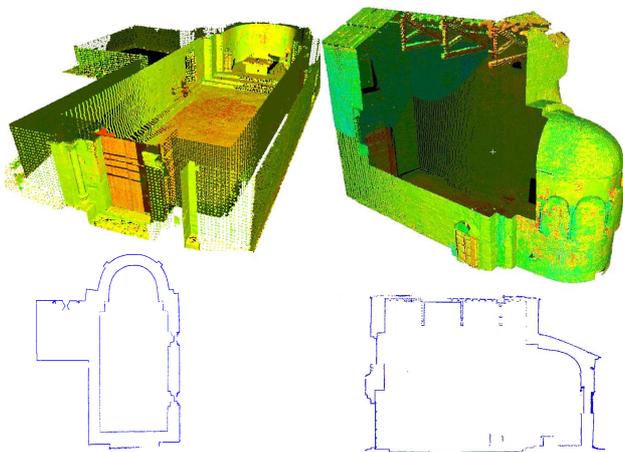


Figura 2. Planta y sección longitudinal (abajo) de Santa María de Iguacel (Jaca). Parte superior: nube de puntos en intensidad o reflectancia con diferentes secciones efectuadas para un análisis estructural.

Uno de los objetivos de este trabajo trata de organizar y seleccionar el tipo de información bajo un entorno web 3D, dirigido a una mayor divulgación del documento métrico que posibilite de manera rápida y ágil la visualización gráfica de cualquier yacimiento o estructura. Por un lado, se pretende un desarrollo paralelo que sirva tanto para una mayor divulgación de la información obtenida, como para un estudio científico de toda esa información. De este modo, se desarrolla un tratamiento dirigido a la documentación de geométrica a través de una tecnología láser escáner combinada y asociada a otras disciplinas, en beneficio de un análisis científico más completo que permita una rica documentación gráfica texturizada, y un control anual de las estructuras que prevenga cualquier tipo de patología.

En resumen, se trata de una búsqueda de procesos estandarizados que ayuden a gestionar y vertebrar unos resultados con el objetivo de facilitar una investigación interdisciplinar.

## 1. Implantación y desarrollo metodológico.

Santa María de Iguacel (1040-1050 d.C.) representa uno de los primeros templos del románico altoaragonés que por su singularidad artística, dentro del Valle pirenaico de la Garcipollera (Jaca. Huesca), le confiere una monumentalidad que se ha preservado casi de manera íntegra a lo largo del último milenio, declarado Bien de Interés Cultural por Real Decreto 731/1990, (LACARRA 1994: 605-615).

### 1.1 Tratamiento topográfico.

La topografía clásica en todo el proceso adquiere una importancia vital, que fundamenta todo el trabajo posterior del escáner (georreferencia, registra y controla la precisión del modelo). Representa la base de todo el proceso metodológico. El carácter relevante del proceso previo de topografía clásica se establece al proporcionar los diferentes puntos de control (normalmente dianas o esferas) para unir los diferentes escaneados dentro de un mismo sistema de coordenadas; además sirve también de referencia externa que permite controlar la precisión y ampliar, con la toma de más datos, diacrónicamente la estructura o cualquier fase de excavación arqueológica, lo que implica un control dimensional sobre el modelo previo; por esta razón es el elemento prioritario que garantiza la precisión final del modelado obtenido.

TARGET	Modelo 1	Modelo 2	Estado	Error	Vector de error
Diana 2	arriba 1	arriba 2	On	0.001 m	( 0.001, 0.000, 0.000) m
Diana 3	Exterior	Interior	On	0.001 m	( 0.000, -0.001, 0.000) m
Diana 6	Exterior	Interior	On	0.001 m	( 0.000, 0.000, 0.000) m
Diana 8	Exterior	Interior	On	0.001 m	( 0.000, 0.001, 0.000) m
Diana 1	Exterior	Dianas	On	0.001 m	(-0.001, 0.000, 0.001) m
Diana 2	Exterior	Dianas	On	0.002 m	(-0.001, 0.002, 0.000) m
Diana 3	Exterior	Dianas	On	0.002 m	(-0.002, 0.000, 0.000) m
Diana 4	Exterior	Dianas	On	0.002 m	(-0.002, 0.000, 0.000) m
Diana 6	Exterior	Dianas	On	0.000 m	( 0.000, 0.000, 0.000) m
Diana 7	Exterior	Dianas	On	0.002 m	( 0.002, 0.000, 0.001) m
Diana 8	Exterior	Dianas	On	0.004 m	( 0.003, -0.002, -0.001) m
Diana 2	Exterior	Dianas	On	0.003 m	(-0.002, 0.002, 0.000) m

Tabla 1. Ejemplo de un control de calidad a través del encaje topográfico del modelo con el vector de error generado.

La información y datos generados tienen que estar estrechamente relacionados con los objetivos fijados del trabajo previo. Este factor bien de definición de objetivos, o de reflexión puede resultar obvio, pero frecuentemente se encuentra un desajuste en la base de los planteamientos previos a la ejecución de cualquier trabajo. En los procesos de escaneo queda empañado el objetivo prioritario, que sin duda debe ser totalmente independiente de cualquier técnica y no quedar subordinado el medio al objetivo y con ello generar una discordancia. Por esta razón el orden lógico es que una vez fijados los objetivos y resultados, se establecerá la técnica o técnicas necesarias.

Respecto a los datos generados, cada trabajo es totalmente particular y requiere de una metodología adaptada a los problemas que se quieren solventar.

## 2. Valorización y difusión del monumento a través de un entorno web.

La creación de un entorno web proporciona una solución técnica dirigida hacia la difusión pública tanto por su valía gráfica (optimizada si es necesario con una cámara calibrada) como métrica. Con ello se atenúan los dos problemas de gestión de la información y difusión vía web. Sin duda, se logra agilizar toda la información simplificando todo aquello que no nos interese o consideremos superfluo, en beneficio de las partes más relevantes. Todo el monumento queda recogido en una red local o servidor que permita gestionar la información documental sin perder por ello su valor técnico. Muchas veces nos hemos encontrado un gran esfuerzo técnico en la parte científica, que ha quedado desequilibrado en su tarea hacia la difusión como resultado final, porque no se han tenido las herramientas que vertebren su comprensión. Por todo ello entendemos y apostamos por una concepción que posibilite y acentúe las dos partes científico-divulgativa en una asociación interrelacionada en igualdad de jerarquía.

Con ello completamos el trinomio:

- Solución técnico-científica hacia la documentación gráfica y geométrica
- Preservación – restauración.
- Entornos estandarizados como difusores del patrimonio cultural. (Permite organizar la información necesaria).

El sistema permite cualquier tipo de movimiento en 3D desde las bases de estacionamiento del escáner láser. A través de estos estacionamientos nos podremos mover libremente, enfocar cualquier zona con un *zoom*, medir distancias entre puntos e individualizar cualquier coordenada absoluta en el espacio x, y, z, de cada uno de los millones de puntos que integra el monumento. Además tiene la capacidad de relacionar un hipervínculo con cualquier parte del modelo.

## 3. Otras posibilidades de aplicación.

La utilización de nuevas tecnologías en la caracterización y documentación del patrimonio requiere una asociación en el desarrollo de nuevos métodos científicos que profundicen de manera análoga. En muchas ocasiones la complejidad de estas nuevas técnicas aleja la comprensión interdisciplinar sin establecer una metodología estandarizada; por ello es necesario realizar una sistematización de procedimientos, dirigido por una parte a un análisis científico y por otro lado a su posterior comprensión y divulgación de los datos generados y sus posibilidades. Por ello, es necesario dirigir el proceso de documentación hacia una metodología combinada y asociada, en beneficio de un análisis científico más completo que permita una rica documentación gráfica texturizada, además de un control preventivo de la morfología.

Un apartado que merece una atención especial respecto a la prevención de problemas estructurales, es la combinación de imágenes obtenidas a través de una cámara térmica (termocámara IR SnapShot) con la nube de puntos del escáner y su posterior texturizado en otra capa del modelado. Con este procedimiento podemos localizar en el modelo 3D generado,

cualquier problema derivado de humedades, filtraciones y diferencia de estructuras arquitectónicas no visibles de manera externa. Esta metodología permite un trabajo clave de prevención arquitectónica combinada con el modelo tridimensional.

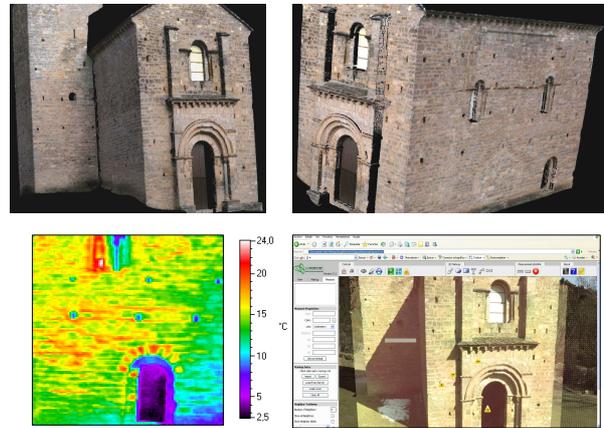


Figura 3. Visualización en red con posibilidad de realizar cualquier tipo de medición, localización de coordenadas vectoriales, enlaces externos al modelo 3D, imágenes térmicas, etc.

## 4. El láser escáner en combinación con otros métodos y técnicas. Una reflexión del estado actual.

En los últimos años han surgido diversas soluciones tridimensionales que facilitan el trabajo y la visualización de los modelados. Para la plena implantación tecnológica el proporcionar métodos de fácil divulgación, a través por ejemplo de la creación de bases de datos bajo entornos web 3D, permiten una visualización y análisis instantáneo con una valiosa información gráfica y métrica de la superficie tridimensional.

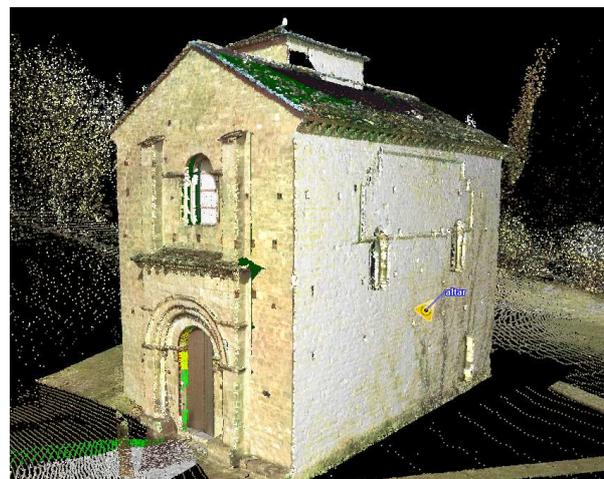


Figura 4. Representación del modelo 3D en una red local.

Uno de los objetivos de la cada vez más implantada tecnología láser escáner 3D, es optimizar en tiempo y resultados la documentación métrica de cualquier elemento, obteniendo una precisa documentación, análisis y control, mientras se produce un significativo aumento cuantitativo y cualitativo del registro. La creación de bases de datos interactivas a nivel de usuario bajo ficheros, por ejemplo en formato *html*, potencia un método divulgativo de libre acceso en red que hace más efectivo un carácter técnico-científico. El grado de información de los metadatos es fácilmente modificable y actualizable en función de cada consulta bien sea métrica o gráfica.

Las ventajas que ofrece esta aplicación respecto a la gran variedad de datos que obtenemos, se basa en la gran calidad del proceso de adquisición de información a través del escaneado láser, junto a una labor de tratamiento y postproceso de los datos obtenidos en el terreno. Se obtiene de esta manera un amplio abanico de resultados: planimetrías de secciones horizontales y verticales, plantas o alzados arquitectónicos conservando la textura original del modelo, ortofotografías rectificadas, modelados tridimensionales, visualizaciones web, videos interactivos, comparación de estructuras, análisis de patologías arquitectónicas, etc. Partiendo de la información generada existe una riqueza de productos que podemos sintetizar en dos grandes categorías combinadas: de carácter gráfico tridimensional o bidimensional, o de carácter geométrico o analítico.

En todo el proceso metodológico de las aplicaciones del láser escáner al campo patrimonial encontramos varios puntos sometidos a debate que requieren una breve aclaración:

■ **Gestión informática de la información generada. Regulación del proceso en la codificación de los metadatos.**

Cada aplicación requiere un tratamiento o técnica individualizada tanto de campo como de procesamiento con varios programas informáticos. La recopilación de la información permite crear archivos documentales (metadatos) del monumento en una fecha concreta. Es preciso crear soportes de seguridad y almacenamiento estandarizados por la gran cantidad de información recogida. Una posible solución es homogeneizarlo a grandes archivos genéricos tipo ASCII que puedan ser importados y tratados en un futuro, ya que es necesario hacer perdurable el registro a cualquier tipo de programa informático. De este modo, toda la información queda sintetizada en aproximadamente siete valores dispuestos para cada punto de los millones registrados. Cada punto tiene tres coordenadas cartesianas, x,y,z, además de, según el tipo de escáner que se utiliza, otros tres valores que representan el cromatismo RGB y un último valor que expresa la reflectancia o valor de la intensidad, que cuantifica la cantidad de luz que refleja una determinada superficie. Este valor puede ser influenciado por la combinación de diversos factores, entre ellos la distancia, ángulo de incidencia, la reflectividad de la superficie, las condiciones de iluminación particulares, y el tipo de onda empleado por cada tipo de escáner láser. Debido a estos diferentes factores que influyen en la intensidad, ésta no puede ser utilizada para obtener información sobre la distancia. Estudios recientes relacionan este valor con el tipo de material y su aplicación sobre la diferencia de elementos y estudios sobre la biomasa. Independientemente toda esta información puede quedar georeferida a cualquier sistema de coordenadas local o absoluto, por ejemplo: UTM ED50, UTM ETRS89, WGS84.

■ **Representación gráfica en soportes bidimensionales.**

El trabajo e implantación con la tercera dimensión requiere de un largo cambio conceptual de la cultura metodológica heredada, optimizando claramente los resultados finales.

■ **Acceso público a la información.**

La simplificación de sistemas representa uno de los grandes objetivos actuales, la clave del proceso técnico que estandarice métodos. Un proceso se puede implantar si se consigue democratizar los resultados 3D a nivel público a través de un consenso técnico, científico, y de propiedad intelectual. Si bien ligado con el punto 2, los datos generados tienen que resultar de fácil acceso gráfico y métrico que fomente la autogestión e incentive la investigación con los datos generados.

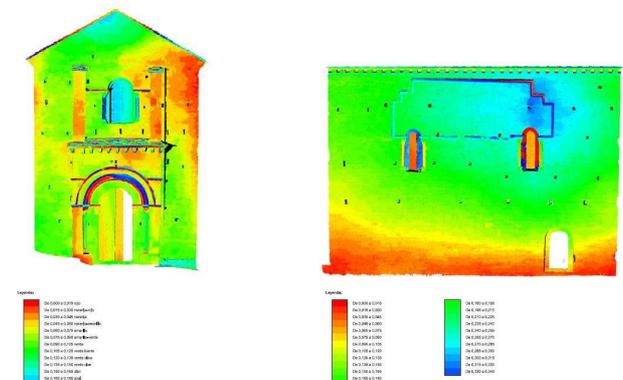


Figura 5. Representación bidimensional extraída del modelo 3D. Alzado de un mapa de elevación de los desplomes de los paramentos exteriores de Santa María de Ignacel (Jaca). La información métrica viene expresada a través de una leyenda cromática de elevación con los cambios milimétricos en su morfología.

**5. Conclusiones.**

Establecer un procedimiento para la selección y control de la información generada por el láser escáner resulta una tarea complicada en cómo y de qué manera realizar una correcta gestión de toda la información proporcionada. Se trata de una gestión de la información métrica adquirida, y con ello convertir los datos brutos 3D en información que pueda ser visualizada, gestionada y analizada en estándares informáticos a nivel de usuario. Esta simplificación permitiría una investigación científica más amplia. Estos patrones representarían una de las claves del proceso metodológico, ya que este hecho además contribuye poco a poco a un cambio conceptual y metodológico que hace fácilmente intercambiable la información postprocesada. La normalización de un método a través de modelos contribuye a un proceso de permeabilización y comprensión técnica. Por ello, el resto de datos obtenidos en el estudio de cualquier estructura u objeto, se establece a través de formatos que facilitarían la gestión tridimensional como por ejemplo: *vrmf*, *html*, *pdf 3D* y otros estándares para el intercambio

de información estructurada entre diferentes plataformas como el formato *xm1*.

Un camino por descubrir e investigar va directamente unido a la gestión de los mismos archivos en bases de datos o servidores comunes a modo de fuente o registro documental de los

metadatos, que en cualquier espacio temporal se pueda rescatar la información necesaria y con ello poder reproducir y comparar gráfica y métricamente cualquier elemento o estructura arqueológica.

## Agradecimientos

El presente trabajo se realiza gracias a la financiación y colaboración del Instituto de Estudios Altoaragoneses (IEA. Diputación de Huesca), a través del proyecto de investigación 2007-2008, “Documentación y representación del Patrimonio Altoaragonés mediante técnicas de escáner 3D. Representación de Santa María de Iguacel. Jaca (Huesca)”.

## Bibliografía

ALESSANDRI, C.; UCCELLI, F. (2006): “The 3D Laser Scanner in integrated analyses of archaeological sites”, en Campana S.; Francovich, R. *Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali 1*, Firenze, pp. 69-91.

ANGÁS PAJAS, J.; GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, F. J. (2009): “Documentación geométrica de la muralla romana en el nº 2-4 de la calle Mártires de Zaragoza mediante escaneado láser 3D”, en *KAUSIS. Revista de la Escuela Taller de Restauración de Aragón II, nº 6*, (en prensa).

CAMPANA, S.; FRANCOVICH, R. (2006): *Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali 1*, Firenze.

FORTE, M. (2003): “Mindscape: ecological thinking, cyber anthropology and virtual archaeological landscapes”, en Forte, M.; Ryan Williams, P., *The reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies*, BAR International Series S1151, Oxford, pp. 95-109.

FORTE, M. (2006): “Tra conoscenza e comunicazione in archeologia: considerazioni in margine alla terza dimensione”, en Campana S., Francovich; R. *Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali 1*, Firenze, pp. 23-40.

LACARRA DUCAY, M<sup>a</sup>. C. (1994): “Las pinturas murales góticas de Santa María de Iguacel (Huesca)”, en *Anales de la Historia del Arte, nº 4. Homenaje al Prof. Dr. D. José M<sup>a</sup>. de Azcárate*, Madrid, pp. 605-615.

LODEIRO, J.M. (1995): *Aplicaciones de la topografía en la documentación arquitectónica y monumental*, Madrid.

SANCHIRICO, C. (2007): *Elementi di topografia archeologica*, Siena.

SGREZZAROLI, M.; WOLFART, E. (2002): “Accurate Texture-Mapped 3D Models for documentation Survey and Presentation Representation Purposes”, en *Proceeding of the CIPA WG 6 on Scanning of Cultural Heritage Recording*, Corfù, Greece, pp. 148-155.

VALLE MELÓN, J.M. (2007): *Documentación Geométrica del Patrimonio: propuesta conceptual y metodológica*. Tesis doctoral. Universidad de La Rioja.