

CONTART 2016. La Convención de la Edificación  
20 - 22 de abril de 2016; Granada (Spain): Colegio Oficial de Aparejadores y  
Arquitectos Técnicos de Granada. Consejo General de la Arquitectura Técnica  
de España, p.789-798

## APLICACIONES DEL ESCANEADO LÁSER EN PATRIMONIO HISTÓRICO-ARTÍSTICO

SÁNCHEZ, MANUEL<sup>1</sup>; GIL, ESTEBAN<sup>2</sup>; MUNICIO, CRISTIAN<sup>3</sup>;  
FERNÁNDEZ-NICOLÁS, JOSÉ ANTONIO<sup>4</sup>

*1: Grupo de Investigación NEXUS (Ingeniería Territorio Patrimonio)  
Universidad de Extremadura*

*e-mail: manuel.1633@gmail.com, web: www.eweb.unex.es/eweb/igpu/*

*2: Máster en Geotecnologías Topográficas*

*Universidad de Extremadura*

*e-mail: estebangil@gmail.com*

*3: Máster Universitario de Investigación en Ingeniería y Arquitectura  
Universidad de Extremadura*

*e-mail: cristian.municio@gmail.com*

*4: Máster Universitario de Investigación en Ingeniería y Arquitectura  
Universidad de Extremadura*

*e-mail: jose2010at@gmail.com*

**Palabras clave:** patrimonio histórico; técnicas de captura; láser escáner; nube de puntos; modelo 3D.

### RESUMEN

El objeto de la presente comunicación es el de divulgar la utilización del láser-escáner dentro del campo de la arquitectura y la conservación del patrimonio histórico-artístico, utilizando para ello, a modo de ejemplo, el levantamiento realizado con un equipo láser-escáner terrestre de un elemento del patrimonio histórico situado a las afueras de la ciudad de Cáceres. Realizaremos en primer lugar una exposición de la metodología empleada para el levantamiento, haremos una descripción del equipo utilizado y explicaremos el post-proceso realizado en estudio y el software utilizado para ello para seguidamente mostrar los resultados obtenidos en bruto, en forma de nube de puntos, y finalmente esbozar las posibles líneas de desarrollo a partir de dicha nube de puntos, en función de cuál sea el objeto último del trabajo o encargo profesional.

## 1. INTRODUCCIÓN

La tecnología del láser-escáner podemos considerarla dentro de un grupo de nuevas tecnologías que, desde hace ya algunos años, se ha ido introduciendo paulatinamente en el campo de la arquitectura y la ingeniería y, especialmente, dentro de los métodos de captura y replanteo que, hasta hace poco, estaban basados fundamentalmente en la medición directa en campo y en los métodos y equipos de topografía clásica. Sin pretender hacer una relación exhaustiva, podemos mencionar aquí la estación robotizada, el LIDAR (emparentado tecnológicamente con el láser-escáner), el GPS en sus distintas modalidades así como las técnicas fotogramétricas dentro de esas nuevas tecnologías cada vez más extendidas en los distintos ámbitos de la arquitectura e ingeniería. Sin desdeñar en modo alguno los métodos de captura y replanteo tradicionales, que para algunos trabajos pueden seguir siendo la opción más rápida, económica y eficaz [1], se nos antoja fundamental conocer, aún de una manera básica, estas nuevas técnicas, su modo de funcionamiento, sus limitaciones y las posibles aplicaciones en nuestro sector de actividad, que van mucho más allá de lo que nos ofrece la topografía clásica. El láser-escáner, que es el equipo que utilizamos para nuestro trabajo, funciona como un equipo de captura, no de replanteo, y nos ofrece unas posibilidades inimaginables con métodos tradicionales, con aplicaciones que abarcan desde distintos sectores industriales a la policía forense. Asimismo, el auge que en los últimos años está presentando la tecnología BIM representa otro factor a tener en cuenta en lo que se refiere al uso del láser escáner cuando se trata de documentar elementos patrimoniales [2-3].

La técnica de levantamientos mediante láser escáner terrestre (TLS) da como resultado la obtención de modelos tridimensionales de los objetos documentados. El modelo tridimensional obtenido se conforma de una nube de millones de puntos, el cual sería equivalente a un modelo generado mediante el uso de una estación total si tomásemos millones de puntos uno a uno. La calidad posicional de los puntos del levantamiento va a depender del tipo de escáner láser y metodología que utilizemos.

En la actualidad los escáneres utilizados en levantamientos arquitectónicos se pueden clasificar en escáneres de medio alcance y escáneres de largo alcance. Cada una de las tipologías citadas presentan distintas propiedades técnicas, las cuales van a condicionar el uso y la metodología a emplear para la toma de datos.

Los escáneres de medio alcance presentan un rango de uso de entre 0,1 y 150 m con un error posicional de +/- 2 mm a una distancia < 25 m. Estos escáneres basan su medición en la diferencia de fase y su velocidad máxima de medición se encuentra en 1 millón de puntos por segundo. Por otro lado, los escáneres de largo alcance miden en un rango desde 0,1 m hasta 2 km, pero presentan un mayor error posicional, situado en torno a +/- 6 mm a una distancia < 100 m. Estos equipos basan su medición en el tiempo de vuelo (TOF) y su velocidad máxima de medición se encuentra en 50.000 puntos por segundo. Además de las propiedades técnicas del equipo, en la calidad posicional del modelo tridimensional definitivo, también influye la metodología utilizada en el levantamiento.

Durante el año 2015 lo anteriormente descrito ha variado considerablemente, pues la casa comercial Faro ha comercializado un láser escáner basado en la medición por diferencia de fase que garantiza un alcance de 330 m con una calidad posicional < 1 mm a menos de 25 m. Por otro lado la casa comercial Leica ha comercializado un escáner láser que mezcla medición por diferencia de fase y por tiempo de vuelo, con un

alcance de 300 m y una calidad posicional  $< 2$  mm a menos de 50 m. Ambos escáneres disponen de igual velocidad máxima de medición: 1 millón de puntos por segundo.

Una de las ramas más sensibles dentro de la arquitectura es, sin duda, el de la conservación del patrimonio arquitectónico dado el enorme volumen de bienes protegidos, o susceptibles de serlo, ya sea a nivel autonómico (Extremadura) o nacional, y lo elevado que puede resultar el coste de mantener dicho patrimonio. Teniendo en cuenta las limitaciones económicas y dependiendo de la relevancia, en cada caso, del elemento patrimonial, la primera y a veces única acción a adoptar es la de documentar y catalogar lo más fidedignamente posible dicho elemento [4], [5], [6], [7] y [8]. Puede ser el caso de los restos arqueológicos aparecidos durante el movimiento de tierras de una obra que, si no son considerados de especial importancia, únicamente son documentados *in situ* para seguidamente continuar con la obra. En otros casos pueden llegar a acometerse actuaciones de consolidación, restauración o rehabilitación de bienes singulares, en cuyo caso se hace necesario, como paso previo, un levantamiento completo del inmueble, que nos permita conocer con exactitud su geometría, evaluar las deformaciones, analizar posibles patologías, etc. En ambos supuestos, el láser-escáner resulta un equipo de extraordinaria utilidad ya que, con la apropiada planificación, nos ofrece la posibilidad de realizar en poco tiempo, un levantamiento integral que nos permita conocer el estado exacto en el que se encontraba el bien en el momento de realizar el levantamiento.

En el caso que nos ocupa se ha realizado el levantamiento de la Ermita de San Jorge, Figura 1, situada a las afueras de la ciudad de Cáceres y que actualmente carece de protección a pesar de su indudable valor histórico. Su singularidad y el estado de abandono en el que se encuentra, unido a la divulgación realizada por medios de comunicación locales, ha dado lugar a que cada vez sean más las voces que reclaman medidas para su conservación. En esta línea se realiza el levantamiento que se detalla en esta comunicación, por parte del grupo NEXUS (Ingeniería, Patrimonio y Territorio) de la Universidad de Extremadura.



Figura 1. Vista de la Ermita de San Jorge

## 2. METODOLOGÍA

Para una documentación que no vaya a ser utilizada con fines métricos, es indiferente utilizar una tipología de equipo u otra, pues la calidad métrica del resultado final no es de vital importancia. Por el contrario, si se fuese a utilizar la información obtenida a partir de este modelo tridimensional para un cálculo estructural o para dibujar la planimetría de una edificación, resulta fundamental una correcta elección del equipo a utilizar junto con la metodología a aplicar. Todavía podría pormenorizarse aún más la elección de equipo y metodología, si se diferenciase la labor de documentar una estructura de hormigón o una estructura de fábrica. En definitiva la elección de equipo y metodología va a depender de la tolerancia máxima del levantamiento impuesta por el uso del mismo.

En el caso de la ermita de San Jorge en Cáceres, encontramos una estructura de fábrica. Esta presenta considerables irregularidades en muros y elementos estructurales, además de falta de material en arcos y bóvedas. Para la documentación de esta edificación, dado su estado y características, se puede utilizar tanto un láser de largo como de corto alcance, tanto si se quiere realizar únicamente una documentación del patrimonio o si también se quieren obtener datos métricos para un análisis estructural.

Con el levantamiento realizado, además de registrar y documentar como entidad patrimonial la ermita, se pretendía obtener información suficiente para estudiar el estado de la misma. Para esto se emplea un TLS Leica C10 [9]. Éste es un láser de largo alcance, con un rango de escaneado de 0 a 300 m, en 360° en el limbo horizontal y 270° en el limbo vertical. Presenta una error posicional de +/- 6 mm a 100 m y una velocidad de medición de 50.000 puntos por segundo.

Con el fin de poder generar un modelo 3D completo se han de realizar múltiples tomas, ya que desde un único punto no es posible documentar un objeto por completo; siendo necesario el empleo de dianas, naturales o artificiales, para la unión de dichas tomas. El empleo de dianas naturales conlleva aparejado el hándicap de tener que realizar una unión manual de las mismas, de tal modo que se han de superponer “a ojo” las distintas tomas para que, posteriormente, el software identifique formas geométricas comunes mediante correlación y conforme una única nube de puntos. En entornos urbanos, dónde encontramos formas geométricas bien definidas, es factible el empleo de este sistema. Para un entorno menos urbano, cómo en el que se encuentra la Ermita de San Jorge, el modo de unión más eficaz, con el que obtendremos una mayor precisión, es mediante dianas artificiales. En particular se han utilizado las dianas de la casa comercial Leica, HDS 6°, Figura 2. La unión de las distintas nubes de puntos se ha realizado mediante el software Cyclone, de la misma casa comercial que el escáner utilizado.

Mediante el empleo de dianas artificiales, se asegura que la unión de las distintas tomas va a ser correcta y precisa. Cuando se trabaja con este tipo de dianas hay que tener en cuenta que durante la toma de datos se han de ir nombrando y registrando todas y cada una de las dianas de tal modo que, si leemos éstas dianas desde dos estaciones diferentes, habrá que registrarlas con el mismo nombre. También se ha de contemplar que entre dos tomas ha de haber, al menos, 3 dianas comunes. El Escáner C10 posee una función específica de lectura de dianas, para lo cual emplea densidad y precisión máxima, mayor incluso que en la toma de datos, ofreciendo así una unión de mayor calidad posicional. Si todas las dianas tomadas se encuentran situadas en un radio de 50 m con respecto al escáner, la precisión que se alcanza en su unión se sitúa en torno a +/- 1 mm.

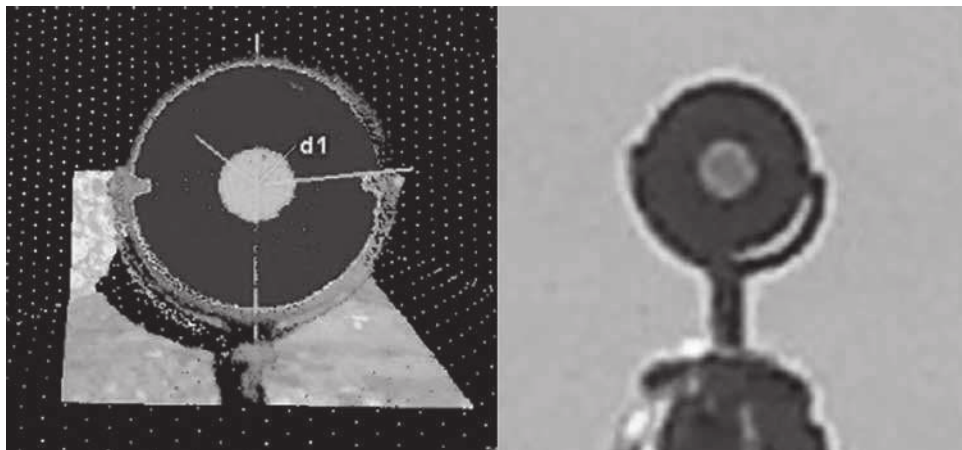


Figura 2. Diana de la casa comercial Leica modelo HDS 6'. A la derecha fotografía de la diana. A la izquierda escaneo de la misma mostrado en el software Cyclone.

Fuente: Elaboración propia.

El registro de las dianas resulta, por tanto, una labor fundamental en campo. Para ello, cada vez que se hace estación se han de colocar, al menos, 3 dianas de tal forma que estas sean también visibles desde el siguiente punto de estación. Las dianas han de ser nombradas y leídas de forma independiente a la toma con el escáner, de tal modo que, si hiciese falta incluir dianas en nuevos puntos, habrá que reubicarlas y leerlas antes de cambiar de estación. Una rigurosa toma de datos procura un procesado de unión rápido y preciso.

Además del equipo utilizado y la metodología de levantamiento, otro parámetro que interviene en el resultado final del modelo 3D es la densidad de la malla de puntos establecida, la cual se define cómo, el espaciamiento  $x,y$ , de una malla de puntos tomada sobre un paramento perpendicular al punto de toma, a 100 m. En el caso concreto del láser utilizado en el levantamiento, la densidad de la malla de puntos se ha fijado en  $7 \times 7$  cm a 100 metros, lo cual equivale a una densidad de toma de  $7 \times 7$  mm a 10 metros. Hay que tener en cuenta que esta densidad de malla de puntos se trata de una densidad media del láser utilizado y que, a medida que seleccionamos una malla de puntos más densa, el tiempo se incrementa considerablemente.

Para la documentación de la Ermita de San Jorge han sido necesarios realizar un total de 12 tomas, 5 desde el exterior del inmueble y 7 en el interior, empleando un total de 14 dianas, según se muestra en la Figura 3. Las reducidas dimensiones de algunas zonas interiores, conjuntamente con el hecho de contar únicamente con 3 dianas, hizo necesario realizar algunos puntos de estación auxiliares con el único objetivo de poder enlazar tomas consecutivas. Con todo esto se ha obtenido una nube de puntos bruta de 101 millones de puntos, de los cuales, 80 millones de puntos corresponde únicamente a los paramentos que conforman la Ermita. Además, cuando se realiza la toma de datos el láser permite realizar una toma fotográfica con la que posteriormente asigna un valor RGB a los puntos de cada toma. En el caso concreto que nos ocupa, puesto que uno de los fines propuestos es la divulgación del patrimonio, la toma fotográfica resulta fundamental.

El procesado de esta cantidad de información requiere equipos informáticos potentes (especialmente en cuanto a RAM y tarjeta gráfica) y, dependiendo de la entidad del trabajo, el procesamiento de la malla puede necesitar de varias horas.

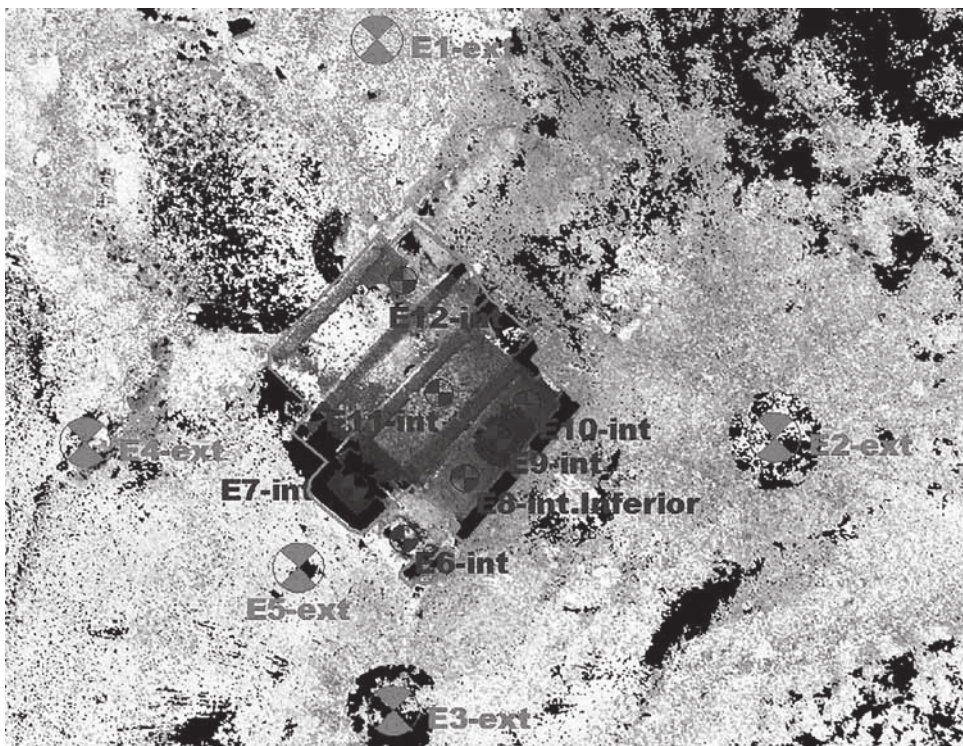


Figura 3. Esquema de posicionamientos en exterior e interior en la toma de datos,  
Fuente: Elaboración propia.

### 3. ESTUDIO DE COSTES Y TIEMPO

La técnica del láser escáner terrestre se distingue de otras técnicas topográficas, por su agilidad en la toma de datos. Con esta técnica se obtiene gran volumen de información (nubes con millones de puntos) en pocos minutos [8]. Esta cualidad la hace idónea para generar información tridimensional de objetos, edificaciones, estructuras,... Para generar un volumen tridimensional completo, es necesario realizar la toma de datos desde diferentes puntos de vista y es la forma de unión entre las distintas tomas lo que, muchas veces, marca el tiempo de la toma de datos.

El inmueble documentado es complicado desde el punto de vista geométrico, ya que cuenta con distintas estancias y pequeños recovecos. Para documentar por completo esta edificación han sido necesarias múltiples tomas e incluso una estación auxiliar, según se ha explicado anteriormente.

Teniendo esto en cuenta, el trabajo de campo, incluyendo la configuración del equipo, los puntos de estación, la unión mediante dianas, etc., ha sido realizado en 6 horas de trabajo, llevadas a cabo por un técnico cualificado y otro técnico auxiliar.

El postproceso queda condicionado tanto por el volumen de información generada, cómo por la metodología de la toma de datos y por el hardware utilizado. Para este caso en particular ha sido necesario el trabajo de un técnico cualificado, que en este caso ha sido el mismo en realizar el levantamiento. El tiempo total empleado en el postproceso ha sido de unas 5 horas, utilizadas en la depuración de la nube de puntos, generación de perspectivas, plantas y secciones y un esbozo de modelo alámbrico.

En la Tabla 1 se hace un resumen de los costes en tiempo descritos así como una estimación económica respaldada en precios reales ofrecidos por la empresa EWEER (<http://www.eweerlaser.com>) de Cáceres.

Tabla 1. Detalle de costes y tiempos. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Técnico cualificado	Técnico Auxiliar	Equipo
Toma de datos en campo	6 horas		Alquiler de láser escáner y dianas: 350 €/día
Procesado de datos	5 horas	-	Equipo propio

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el levantamiento realizado el resultado bruto inicial es una nube de puntos en color que, dependiendo de si necesitamos el entorno de la edificación o no, oscila entre 101 y 80 millones de puntos. A partir de esta nube de puntos bruta, se pueden generar distintos productos, éstos dependerán del fin de los mismos. Siendo la finalidad de la presente comunicación la de divulgar la aplicación del láser-escáner dentro del campo de la conservación del patrimonio histórico-artístico, los resultados propuestos parten de una nube de puntos poco tratada pero que, aun así, permiten hacerse una idea del enorme potencial de la técnica utilizada.

La calidad posicional de la toma de datos viene definida por los residuos generados a partir de la unión de las dianas. El modelo conseguido presenta un error medio de unión de 2 mm, un RMS  $12,6 \times 10^{-5}$  mm de y un EMC de  $1,209 \times 10^{-37}$  mm, según se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Residuos obtenidos a partir de la unión de las distintas dianas utilizadas. Fuente: Elaboración propia.

Diana	Error mm	Diana	Error mm	Diana	Error mm	Diana	Error mm
E3-1 gps	0,0033	E1-1 caseta	0,0020	E6-4 ventana 2	0,0010	3	0,0020
E3-2 trípode	0,0023	E1-2 casa	0,0017	1	0,0023	E9-1 arco dentro	0,0025
E4-2 suelo	0,0037	E1-5 trípode	0,0017	2	0,0020	E9-2 charca medio	0,0037
		E6-1 trípode	0,0010	E9-3 charca lateral	0,0022		
RMS 0,0001260		Media 0,002 mm		EMC 1,20908E-37			

De los resultados de unión, Tabla 2, se puede deducir que el modelo tridimensional generado es óptimo tanto para difusión del patrimonio como para otros trabajos que requieran gran precisión, como podría ser el caso de un análisis estructural. Esto se debe a que los residuos procedentes de la unión de las dianas (de media, 0,002 mm) no van a alterar las medidas tomadas para una obra de fábrica.

Cuando la finalidad del trabajo sea la difusión del patrimonio, a partir de la nube de puntos es posible generar tanto imágenes como recorridos virtuales en vídeo, así como modelos tridimensionales con acabado fotorrealista, del interior y de su entorno. En este caso la precisión final del modelo pasa más desapercibida.

En cuanto a los resultados métricos que podemos obtener de una nube de puntos 3D, son múltiples. Esta variante está orientada, en su mayoría, a estudios de deformaciones y estudios patológicos. Pueden ser, delineado de paramentos, de tal forma que podamos evaluar métricamente el modelo en un software CAD; ortofotos de zonas en concreto, secciones de plantas a diferentes alturas, perfiles longitudinales y trasversales, y modelos geométricos precisos de arcos y elementos estructurales, entre otros.

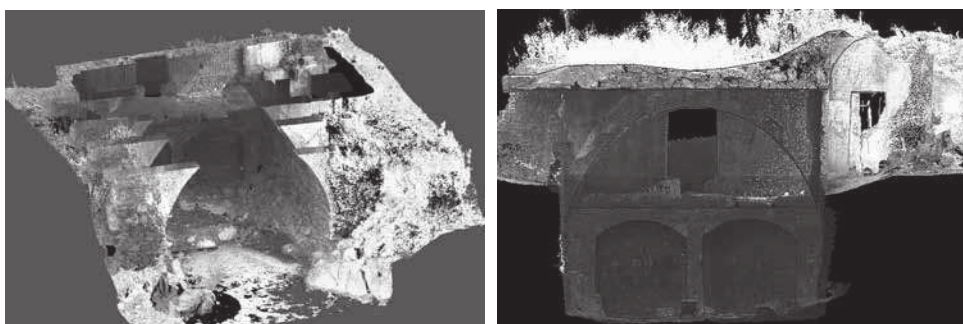


Figura 4. a) Perspectiva de la nube de puntos con un corte cenital. b) Sección transversal de la nube de puntos delineada. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4a, se puede observar una perspectiva de la nube de puntos, tras realizar un corte cenital para poder visualizar con mayor facilidad la geometría de la ermita. En la figura 4b, se muestra una sección transversal sobre la que se han delineado arcos y bóvedas. El modelo alámbrico obtenido de esta manera puede ser exportado a cualquier software CAD o BIM y servir de base para generar un modelo tridimensional.

En la Figura 5a, se visualiza una perspectiva axonométrica de la nube de puntos tras realizar una sección transversal y otra longitudinal, para una mejor comprensión de la geometría de la ermita. La figura 5b permite comparar la geometría de uno de los arcos existentes respecto de la geometría de un arco de medio punto ideal..



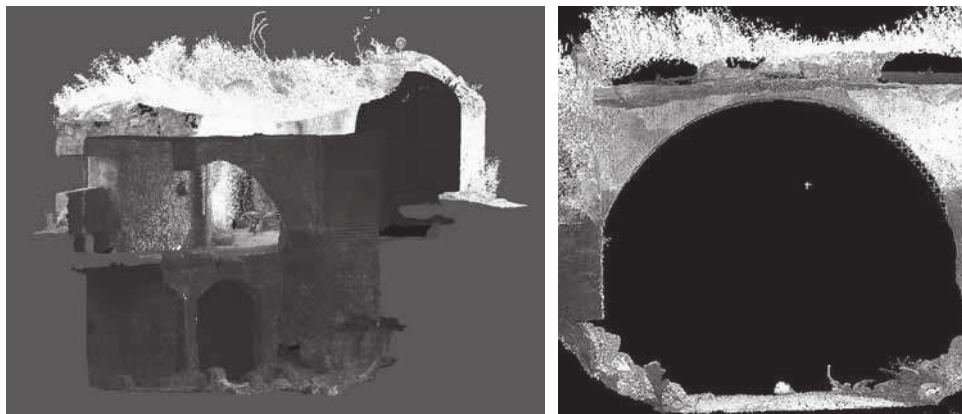


Figura 5. a) Perspectiva axonométrica resultante tras la aplicación de dos planos de corte verticales, perpendiculares entre sí. b) Comparación de geometría de arco de medio punto ideal frente a sección real. Fuente: Elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

El láser-escáner es una herramienta muy potente como equipo de captura que, aplicada al campo del patrimonio arquitectónico, nos permite obtener en un tiempo reducido un levantamiento integral de un elemento, con un nivel de detalle máximo y con unos resultados visualmente espectaculares. En el caso que nos ocupa, la captura de datos fue realizada en una sola mañana (6 horas de trabajo). Como se ha visto, la cantidad de información obtenida puede resultar excesiva e innecesaria dependiendo de cuál sea el objeto del trabajo, por lo que no hay que desdeñar otros métodos de captura tradicionales. Aún en aquellos casos en los que no sea necesaria una precisión métrica, la utilización del láser-escáner puede seguir resultando ventajosa respecto a la medición directa o la estación total, cuando los plazos de los que disponemos para la ejecución del trabajo son reducidos.

Por otro lado, a la hora de decidimos por la utilización de un láser-escáner para la realización de un trabajo profesional, hay que tener en consideración también el factor económico. Se trata de equipos con un coste elevado, de los que el profesional de la arquitectura o construcción no dispone como medios propios y que están menos extendidos que otros equipos tradicionales como puede ser la estación total, por lo que su utilización resultará más costosa. Dependiendo de la finalidad del trabajo y de los plazos disponibles esto puede ser compensado ampliamente por la rapidez en la ejecución del levantamiento y el detalle y precisión del resultado. Hay que tener en cuenta que se trata de una tecnología en pleno desarrollo, por lo que cada vez es posible la adquisición de equipos más potentes a precios más reducidos.

Consideramos que, en cualquier caso, resulta fundamental el conocimiento por parte de los profesionales dedicados a la conservación del patrimonio histórico-artístico de las posibilidades que nos ofrece esta tecnología, su funcionamiento básico, sus limitaciones, los resultados obtenidos y las distintas posibilidades de desarrollo, para así poder decidir en cada caso su conveniencia o no para la ejecución de un trabajo, académico o profesional.

## 6. AGRADECIMIENTOS

La presentación de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación concedida por la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional - FEDER, a través de la ayuda de referencia GR15069 al grupo de investigación NEXUS (Ingeniería Territorio y Patrimonio) al que pertenecen algunos de los autores.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Serrano, F., Saumell, J. & Berenguer, F. (2014). Análisis de resultados métricos de una nube de puntos y una medición directa en el patrimonio edificado. El Santuario de La Montaña en Cáceres. *Informes de la Construcción*, 66(534): e016, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.059>.
- [2] Nieto, J.E., Moyano J.J., Rico, F. & Antón, D. (2013). *La necesidad de un modelo de información aplicado al patrimonio arquitectónico*. En Libro de Actas del 1º Congreso nacional BIM – EUBIM 2013. Encuentro de usuarios BIM (pp. 21-32). Valencia: UPV.
- [3] Nieto, J.E., Moyano, J.J., & Fernandez-Valderrama, P. (2014). *Implementación de las nuevas técnicas de levantamiento en el sistema BIM (Building Information Modeling)*. En Libro de Actas XII Congreso Internacional Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación, APEGA 2014 (pp. 327-337). Madrid: Universidad Europea de Madrid.
- [4] Marambío, A. & García Almirall, P. (2006). Escáner laser: modelo 3d y ortoimágenes arquitectónicas de la iglesia de Santa María del Mar en Barcelona. *ACE: architecture, city and environment*, 2, 178-187.
- [5] Pérez Cañas, S. & Pérez Martín, E., 2007, Levantamiento topográfico con la aplicación del Barredor Láser 3D del graderío romano en el yacimiento arqueológico de Tiermes: Reconstrucción digital y modelo digital del terreno, *Topografía y cartografía: Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía*, 24(141), 58-63.
- [6] Rodríguez, A.; Valle-Melón, J. M.; Casar, J. I. & Esteban, J. (2008). *Aportaciones metodológicas a la gestión y explotación de nubes de puntos procedentes de escáneres tridimensionales, aplicados a la documentación geométrica del patrimonio. El caso de la portada de los hierros de la catedral de Valencia*. En IX Congreso Internacional (CICOP) de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación (pp. 357-362). Sevilla.
- [7] García-Gómez, I., Fernández de Gorostiza, M. & Mesanza, A. (2011) Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios. *Arqueología de La Arquitectura*, 8, 25-44. doi:10.3989/arqarqt.2011.10019.
- [8] Mañana-Borrazás, P., Rodríguez, A. & Blanco-Rotea, R. (2008) Una experiencia en la aplicación del láser escáner a los procesos de documentación y análisis del Patrimonio Construido: su aplicación a Santa Eulalia de Bóveda (Lugo) y San Fiz de Solovio (Santiago de Compostela)”. *Arqueología de la Arquitectura*, 5, 15-32.
- [9] Leica Geosystems AG. (2011). Leica ScanStation C-10: Manual de usuario. Heerbrugg, Suiza.