

Pérez et al. Aplicación del láser escáner en la restauración de obras arquitectónicas.

Aplicación del láser escáner en la restauración de obras arquitectónicas

Obtención de la geometría de la Catedral de Coria mediante láser escáner y estudio de sus movimientos.

Cortés PÉREZ, Juan Pedro¹; Pizarro POLO, Ángel²; Belenguer SEMPERE, Fernando³; Morato AGUILAR, Gonzalo⁴; Trancón MIGUEL, Alberto⁵

- ¹ Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Diseño Avanzado de Estructuras. 06800, Spain.
+3492316232, jpcortes@ingecoes.es
- ² Profesor Departamento de Construcción de la Escuela Politécnica de Cáceres. 10003, Spain.
+34927257460, apizpol@unex.es
- ³ Ingeniero en Geodesia y Cartografía de la Escuela Politécnica de Cáceres. 10003, Spain.
+34927257460, ferbese1@gmail.com
- ⁴ Arquitecto Técnico de la Escuela Politécnica de Cáceres. 06230, Spain.
+34924544570, gmoratoa@alumnos.unex.es
- ⁵ Arquitecto Técnico de la Escuela Politécnica de Cáceres. 10600, Spain.
+34927421232, atrancon@alumnos.unex.es

Keywords: Catedral de Coria, modelización, patrimonio arquitectónico, láser escáner.

Introducción y objetivos

En este estudio se presenta la modelización 3D de la Catedral de Santa María de la Asunción (Coria, España) mediante la tecnología de láser escáner 3D. Esta técnica permite la obtención de millones de puntos que han sido tratados con el software Trimble Realworks® 6.5 [1]. A partir de estos datos se obtiene las secciones y detalles necesarios para el análisis geométrico y de movimientos de la catedral.

La catedral fue construida del 1495 al 1498 en la zona meridional de la antigua muralla romana. Es un monumento de estilo arquitectónico gótico-plateresco con añadidos barrocos. Presenta una única nave rectangular, con cinco bóvedas nervadas [2].

Desde su construcción la catedral no ha estado exenta de daños en forma de grietas y fisuras. Las primeras noticias de problemas en sus muros y bóvedas datan del año 1550, momento en el cual se observan las primeras grietas en la pared de la fachada principal del Altar Mayor [3]. En 1575, el cabildo expone que la catedral presenta una situación lamentable, con daños en los arcos cruceros principales de la capilla mayor, el coro y grandes grietas en las bóvedas y en la pared de la capilla mayor que estaba hendida de arriba abajo [4]. Estos daños se achacaron al elevado nivel freático.

Fue durante el terremoto de Lisboa del 1 de Noviembre de 1755, debido a la caída de la torre sobre la bóveda del Altar Mayor [5] ésta quedó arruinada. También el talud de la ladera sur sufrió un corrimiento.

Otra intervención importante fue el cambio de la cubierta en los años 60 del s. XX. Se construyó una cubierta mediante forjado unidireccional de viguetas de hormigón, que apoyaba sobre cerchas. Estas a su vez apoyaban en los muros norte y sur de la catedral.

Debido a los importantes daños que presenta y su evolución en el tiempo, se han realizado diferentes estudios e investigaciones con objeto de analizar el origen y transcendencia de los daños. Actualmente se está realizando una auscultación de diferentes zonas en las que se miden movimientos, deformaciones, convergencias, variaciones de temperatura y humedad, etc. Las medidas se hacen tanto de la catedral como del terreno sobre el que apoya, pues se ha comprobado que éste presenta modificaciones en sus características mecánicas debido al agua.

Por todo ello, es necesario y fundamental, el conocimiento preciso de la geometría actual de la catedral, como dato básico a partir del cual llevar a cabo su conservación o restauración. Este conocimiento permitirá abordar, con profundidad y extensión, estudios avanzados sobre el comportamiento resistente de la estructura; seguimiento de la evolución de los movimientos globales y de los daños existentes o análisis de los sistemas de intervención más adecuados.

Los objetivos de este estudio son:

- Realizar un levantamiento de la geometría de la catedral.
- Obtener las secciones, plantas, detalles de sus bóvedas, etc. necesarios para su análisis.
- Analizar los movimientos que presentan determinados elementos estructurales de la catedral.

Obtención de la geometría de la Catedral de Coria

Se ha modelizado tridimensionalmente la catedral con láser escáner 3D. Esta técnica consiste en la captura de información en tres dimensiones mediante la proyección de un láser. La velocidad de toma de datos es muy alta, lo que permite la adquisición masiva de puntos en poco tiempo y con precisión milimétrica. A partir de esta modelización se han obtenido las secciones constructivas de la catedral.

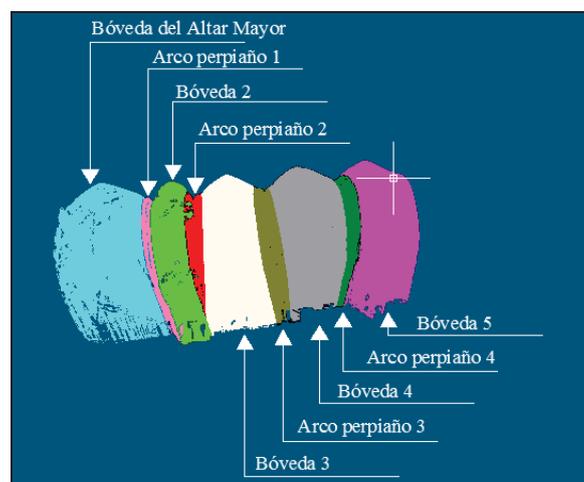


Figura 1. Nube de puntos de la Catedral de Santa María de Coria (España).

Para la modelización del conjunto se han realizado tres escaneos del interior de catedral y cuatro de la parte superior de las bóvedas. El equipo empleado es Leica ScanStation C10 y para el procesado de los datos se ha utilizado el software Cyclone con el que se unen los escaneos realizados mediante la colocación de dianas reconocibles por el propio láser. Una vez unidos los escaneos, la nube de puntos se ha tratado por medio de Trimble Realworks ® consiguiendo un mallado con una resolución de un punto por cada 2 cm² (Figura 1).

Análisis de la geometría de la Catedral

Mediante el programa Trimble Realworks, se han obtenido diferentes secciones de la catedral para determinar su geometría.

Algunos de los datos obtenidos son:

- La bóveda más alta es la del Altar Mayor (bóveda 1), con una altura libre de 24,41m hasta la plementería, sin considerar el canto de los nervios. La bóveda del crucero es la más baja, con una altura libre de 22,23m. Las bóvedas 3, 4 y 5 tienen alturas similares, que varían entre 23,07m y 23,22m.
- Se han medido las flechas de las bóvedas (distancia en vertical entre la clave del arco formero y la clave de la bóveda). La bóveda 1 presenta una flecha de 3,67m, la bóveda 2 de 2,03m y el resto de bóvedas varía entre los 2,65m y los 2,72m.
- La luz libre entre los muros norte y sur medida a la altura de las claves de los arcos formeros, es de 16,59m en la bóveda 1, de 17,26m en la bóveda 2, y entre 17,74m y 17,93m en el resto de las bóvedas. Esto parece indicar que los muros se van abriendo hacia los pies de la catedral.

Análisis de los movimientos de la Catedral

Mediante la técnica de láser escáner disponemos de la geometría real, deformada, de la catedral. El análisis de esta geometría deformada nos aporta información para la interpretación de los daños que existen.

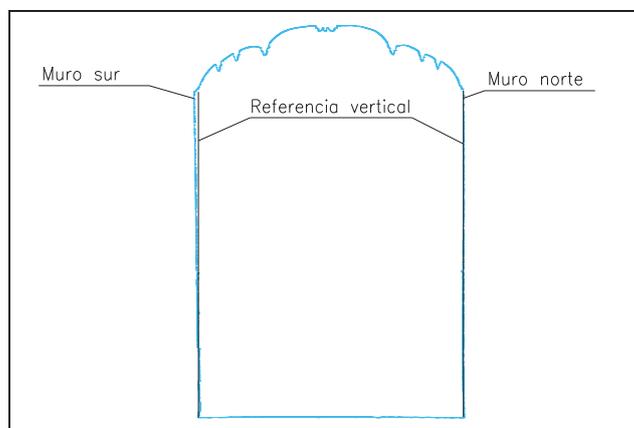


Figura 2. Sección transversal por la clave de la bóveda del Altar Mayor.

Se han medido los desplome de los muros (movimiento horizontal de la parte superior respecto la inferior). Los movimientos más significativos se producen en el muro sur, que presenta un desplome hacia el exterior, que varía entre los 17cm en la bóveda 4 (Figura 2) y los 45cm de la bóveda 3. Mientras el muro norte permanece prácticamente vertical.

Estos movimientos están en consonancia con las fisuras verticales de aberturas importantes que presenta el muro de la fachada este.

En el caso de las bóvedas y arcos, la comparación entre la geometría teórica y la real nos aporta información sobre su comportamiento. Así por ejemplo, en el arco perpiaño 2 (Figura 3), la zona de riñones del lado sur la deformada se desplaza hacia el exterior de la geometría teórica 14cm. En el lado norte este movimiento es de 19cm pero hacia el interior. Esto indica que la bóveda se comporta de manera asimétrica, con mayores empujes hacia el lado sur, que es el muro con desplomes.

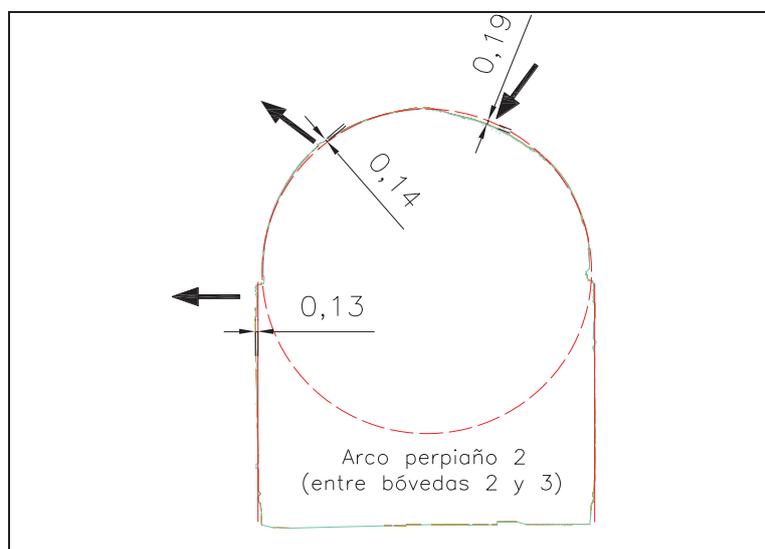


Figura 3. Sección transversal por el arco perpiaño 2, entre bóvedas 2 y 3, con superposición de la geometría teórica.

Conclusiones

Este estudio nos permite concluir que el láser escáner se presenta como una herramienta fundamental para la obtención de la geometría de estructuras complejas. En el caso de la catedral de Coria, se ha obtenido una definición completa de su geometría, muy valiosa para su conservación y restauración. Del estudio de esta geometría se han comprobado que existen diferencias importantes entre las distancias de los muros norte y sur dependiendo de la bóveda donde se realice la medida.

Asimismo esta técnica permite la obtención de geometrías deformadas de estructuras. Esto ha posibilitado en el caso de la catedral de Coria, el análisis de los movimientos de muros y bóvedas, comprobando que existen desplomes significativos en el muro sur y que las bóvedas y arcos presentan una deformación asimétrica, que denota un mayor empuje hacia el citado muro sur.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Junta de Extremadura por la financiación del proyecto PRI09A025 (Proyecto Regional de Investigación).

También, queremos agradecer al arquitecto D. Manuel Viola Nevado los datos facilitados sobre la historia de la catedral.

Referencias

- [1] **Trimble Realworks® 6.5.2**
- [2] **Farjas Abadía, Mercedes y García Lázaro, Fco. Javier** (2008). Modelización tridimensional y sistemas láser escáner 3D aplicados al patrimonio histórico. Editorial La Ergástula.
- [3] **García Mogollón, Florencio Javier** (1999). “La catedral de Coria, arcón de historia y fé”. Editorial Edilesa, León. Página 59.
- [4] **García Mogollón, Florencio Javier** (1999). “La catedral de Coria, arcón de historia y fé”. Editorial Edilesa, León. Página 64.
- [5] **Martínez Vázquez, Faustino** (1999). “El terremoto de Lisboa y la catedral de Coria, Vicisitudes del cabildo 1755-1759. Temas Caurienses Vol. 5”. Editorial Excelentísimo ayuntamiento de Coria. Página 85.

