



RECONSTRUCCIÓN FOTOGRAMÉTRICA DE LA TORRE GÓTICA DE LA IGLESIA DE SANTA MARIA DE ALCAÑIZ

PHOTOGRAMMETRIC RECONSTRUCTION OF THE GOTHIC TOWER OF THE CHURCH OF SANTA MARIA IN ALCAÑIZ

Luis Agustín, Angélica Fernández-Morales*

Department of Architecture, Institute of Architectural Graphics, University of Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, Spain.
lagustin@unizar.es; af@unizar.es

Abstract:

This paper presents the photogrammetric reconstruction of a Gothic building, a tower with an approximate height of 45 meters and an approximately octagonal (chamfered square) plan, from 280 photographs taken with a drone and distances measured manually. Due to the number of photographs, the reconstruction work was done in several parts or chunks, corresponding to the photographs of the different drone flights, which were combined to create a single mesh. For sizing the model, by not having topographical heights distances but manually measured distances, CAD drawing and triangulation were used for the creation of a coordinate system and obtainment of a set of coordinates. Subsequently, copies of the model were used to obtain meshes of different resolutions, as well as to generate orthophotos of the chamfers, rotating the model 45 degrees. Based on the three-dimensional model four types of 2D documents were obtained: orthophotos, automatic elevations in raster format, automatic elevations in CAD format and manually redrawn elevations; in all four cases for both facades as chamfers.

Key words: cultural heritage, Gothic, Aragon, photogrammetry, 3D reconstruction

Resumen:

En esta comunicación se presenta un trabajo de reconstrucción fotogramétrica de una construcción gótica, una torre de 45 metros de altura y planta aproximadamente octogonal (cuadrada con chaflanes), a partir de 280 fotografías tomadas con un dron y de distancias medidas manualmente. Debido al número de fotografías, se trabajó en varias partes o grupos de trabajo, correspondientes a los distintos paquetes de fotografías de distintos vuelos, que fueron combinados para la creación de una malla única. Para el dimensionado del modelo, al no contar con cotas topográficas sino distancias, fue necesario recurrir al dibujado en CAD y a la triangulación que hicieran posible la creación de un sistema y la obtención de un conjunto de coordenadas. Posteriormente se utilizaron copias del modelo para la obtención de mallas de diferentes resoluciones, así como para la generación de ortofotos de los chaflanes, girando el modelo 45°. A partir del modelo tridimensional se obtuvieron cuatro tipos de documentos 2D: ortofotos, alzados automáticos en formato de imagen, alzados automáticos en formato CAD y alzados redibujados manualmente; en los cuatro casos tanto para las fachadas como para los chaflanes.

Palabras clave: patrimonio cultural, gótico, Aragón, fotogrametría, reconstrucción 3D

1. Contexto del estudio

El trabajo aquí presentado se realizó en el contexto de un proyecto de investigación sobre arquitectura gótica aragonesa, que engloba la documentación fotográfica, la reconstrucción gráfica y el estudio histórico-arquitectónico comparado de diferentes edificios de la antigua Corona de Aragón, que comparten rasgos arquitectónicos y constructivos.

Alcañiz (Teruel) fue uno de los enclaves más activos del bajo Aragón en la época medieval por su ubicación en la

ruta del valle del Ebro hacia el mar, eje de actividad económica y cultural de la Corona de Aragón. Muestra de ese pasado han llegado hasta nuestros días cuatro edificios del siglo XIV de Alcañiz: el Castillo Calatravo, la Lonja, el Palacio Ardid y la Iglesia-Colegiata de Santa María, cuya torre es el objeto del trabajo aquí presentado.

2. Objeto del estudio

La iglesia gótica, de tres naves, fue demolida en el periodo barroco para su sustitución por otra de mayor tamaño y en el estilo imperante en la época. De la

* Corresponding Author: Angélica Fernández-Morales, af@unizar.es

construcción gótica solo se conserva la torre campanario, imponente volumen de planta cuadrada y gran altura, construida en base a una planta baja con contrafuertes, tres plantas alzadas y una azotea transitable. Cabe destacar la peculiaridad de la construcción de su escalera, no continua en toda la torre, y la doble entrada desde el templo y el exterior.

3. Proceso de trabajo

3.1. Parámetros generales de trabajo

3.1.1. Material disponible

La documentación de partida para la reconstrucción 3D fueron:

- 280 fotografías de vuelos verticales en altura realizados con dron y tomados con cámara Canon PowerShot G16
- dos series de fotografías terrestres para resolver conexión con el suelo, tomadas con cámara Nikon 810.

Para la reconstrucción se utilizó Agisoft Photoscan (versión 1.1.0) por la experiencia previa de buenos resultados en la reconstrucción de modelos de este tipo, y ser el software del que disponemos de licencia.

Para el dimensionado del modelo se contó con las distancias medidas manualmente de la azotea transitable. Se disponía además de un dibujo en CAD 2D con una planta y una sección realizadas a partir de un croquis manual, incompleto y no muy exacto, pero que nos permitió medir superficies aproximadas.

3.1.2. Nivel de detalle elegido

Se buscó una precisión adaptada al volumen total del objeto a reconstruir y a los medios y el tiempo disponibles. A partir del dibujo CAD se calculó una superficie total a reconstruir de $15 \times 10^6 \text{ cm}^2$, en base a lo cual se acordó una precisión de 4 centímetros, con una malla de 2 millones de caras, tamaño más que suficiente para los fines previstos con el apoyo de la información visual que aporta la textura fotográfica.

3.2. Creación del modelo tridimensional

El trabajo se dividió en partes o grupos de trabajo, correspondientes a los cinco vuelos verticales que había realizado el dron —fachadas norte, sur, este, oeste y vuelo cenital— y en una segunda fase se incorporaron las fotografías terrestres del arranque de la torre. Se realizaron cuidadosamente máscaras para todas las fotografías. Para la orientación de los diferentes grupos se optó por la inclusión en cada uno de varias fotografías coincidentes con otros, de modo que la alineación de los grupos mediante cámaras fue sencilla.

Se combinaron los cinco grupos dando como resultado una nube de un total de 15 millones de puntos. A partir de ella se generó una malla de dos millones de caras. La textura fotográfica se realizó con dos imágenes de 4096×4096 píxeles (2 píxeles por cada cm^2 de la superficie total) con la que se completaba la información geométrica de la malla triangular.

Para el escalado de la malla a las dimensiones de la edificación se insertaron una serie de puntos de referencia en el modelo y se les asignaron unas coordenadas. Con ese fin hubo que transformar medidas lineales, tomadas a cinta, en una serie de puntos con valores XYZ (Fig. 1), suponiendo la horizontalidad del plano de la azotea transitable. A partir de ello se pudieron definir coordenadas.

Una vez dimensionado el modelo se hizo una copia de él reduciendo el número de caras a 50.000, para tener una versión "ligera", en un fichero más pequeño de más fácil manejo y navegación.

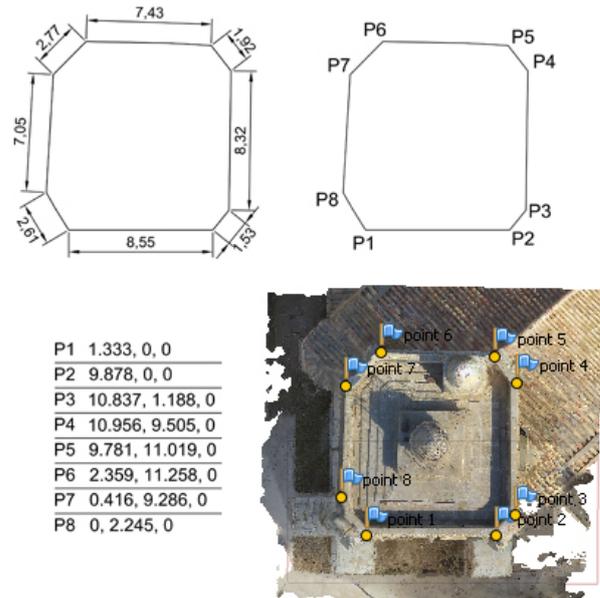


Figura 1: Creación de coordenadas a partir de medidas lineales tomadas en cubierta.

3.3. Generación de ortofotos

Habiendo alineado la fachada sur con el eje X, las fachadas restantes quedaron prácticamente alineadas con las vistas predefinidas del espacio de trabajo del programa de reconstrucción fotogramétrica. Fue así posible obtener las ortofotos de las cuatro fachadas principales. Para la obtención de vistas frontales de los chaflanes, se duplicó el modelo y se modificaron los valores XY de los ocho marcadores, de forma que el modelo quedara rotado 45 grados. Para obtener esas coordenadas bastó con girar el dibujo creado en Autocad y tomar los nuevos valores XY de los vértices (Fig. 2).

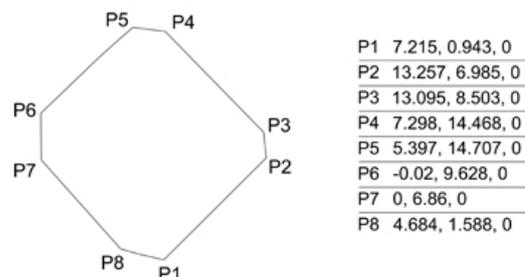


Figura 2: Rotación de coordenadas 45°.

Las imágenes obtenidas fueron completadas mediante software de edición de imagen para la adición de

elementos de cubierta finos, que no habían sido modelados correctamente (Fig. 3).



Figura 3: Adición de elementos mediante fotomontaje.

3.4. Creación de alzados automáticos (jpg)

Una primera aproximación a alzados automáticos se realizó mediante un software de edición de imagen y un filtro de detección automática de aristas. El resultado fue el mostrado en la Figura 4.



Figura 4: Creación de alzados mediante filtros de imagen.

3.5. Creación de alzados automáticos (dwg)

Tras este intento se probó a obtener alzados en formato vectorial a escala a partir de la malla tridimensional en lugar de las ortofotos, en los cuales poder tomar medidas en Autocad.

Para ello, la malla se exportó a formato .dae (Collada) y se importó en un programa de modelado (Sketchup). La malla por defecto se muestra con todas sus aristas, lo cual dificulta distinguir las aristas relevantes del volumen entre los miles de triángulos. Para resolver eso es necesario hacer uso de la opción de suavizar las aristas de un componente, mostrando sólo las más importantes (fig. 5). Es posible decidir el ángulo a partir del cual se marca la arista; cuanto más pequeño es el valor, más aristas se muestran.

Los alzados en formato dwg fueron obtenidos con la opción de exportación a gráficos 2D desde las vistas principales de los alzados. De nuevo fue necesario utilizar una malla girada 45° para obtener las vistas de los chaflanes. El resultado fue el mostrado en la Figura 6.

3.6. Redibujado manual de alzados

Finalmente se realizó un redibujado manual de los ocho alzados en Autocad, para una mejor selección de la información y el modo de mostrarla.

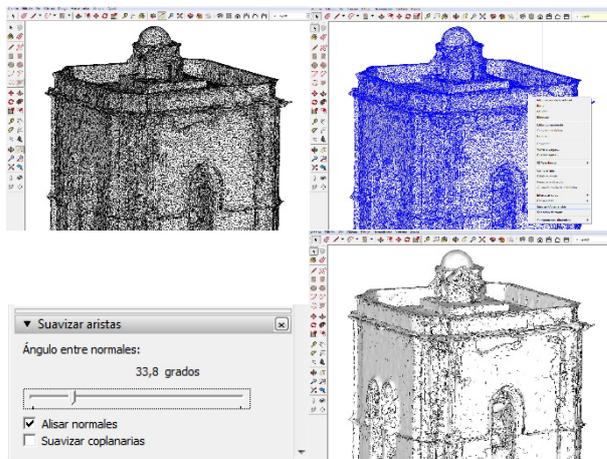


Figura 5: Importación a Sketchup y suavizado de aristas.



Figura 6: Alzados vectoriales en dwg a partir de la exportación de gráficos 2D de mallas suavizadas en Sketchup.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha experimentado con el uso de grupos de trabajo no sólo para la división del modelo en partes, orientada a una mejor gestión de los recursos informáticos, sino también para la asignación de diferentes orientaciones a un modelo y, de ese modo, la obtención de ortofotos de fachadas con orientaciones no ortogonales, como chaflanes.

También se ha experimentado con la creación automática de alzados, en la búsqueda de una economía de tiempo. Aunque los métodos probados no han resultado del todo satisfactorios en este caso, merece la pena seguir probando métodos de obtención de alzados que excluya el redibujado manual 2D a partir de fotografías, como por ejemplo la reconstrucción 3D simplificada a partir de puntos marcados manualmente para la extracción de vistas.

El trabajo realizado ha permitido constatar la utilidad de programas no destinados a fotogrametría —software de edición de imagen, CAD 2D, modelado 3D— como complementos para la elaboración o compleción de la documentación 2D de un proyecto de reconstrucción fotogramétrica.

Referencias

- JIMÉNEZ, F.J. et. al. 1998. El Castillo de Alcañiz. Teruel: Instituto de estudios turolenses.
- GÓMEZ, C., 1991. «Arquitectura civil pública: las lonjas de Aragón», en: Borrás, Gonzalo (coord.), Los Palacios Aragoneses. Zaragoza: Diputación General de Aragón.