



Influencia del objetivo de la cámara en el levantamiento fotogramétrico de yeserías históricas. Estudio comparativo en el Real Alcázar de Sevilla

Elena Cabrera-Revuelta (1), Joaquín Aguilar-Camacho (2), Gabriel Granado-Castro (2)

(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño industrial, Universidad de Cádiz; (2) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla.



Figura 1. Mallas obtenidas a partir de diferentes objetivos de cámara. (Fuente: Elaboración propia).

Resumen

Los avances tecnológicos en materia de fotogrametría digital hacen posible obtener resultados suficientemente precisos con independencia de la cámara fotográfica utilizada. El presente trabajo se centra en la aplicación de una metodología concreta para obtener modelos tridimensionales de alta precisión mediante técnicas fotogramétricas, comparando el proceso y los resultados obtenidos al utilizar dos objetivos de cámara distintos. Para la realización de este análisis comparativo se han seleccionado piezas de yesería de gran valor patrimonial como caso de estudio. Se trata de dos frisos ubicados en el Patio de las Doncellas del Real Alcázar de Sevilla. Como resultado de este estudio se han podido obtener conclusiones acerca de la incidencia de las características del objetivo de la cámara tanto en el proceso de medición y procesado de datos, así como en la precisión del modelo tridimensional obtenido.

Palabras clave

Yesería mudéjar; Levantamiento fotogramétrico; Real Alcázar de Sevilla; Agisoft Metashape.

1. Introducción

En los últimos años la fotogrametría digital se ha consolidado como una técnica de bajo coste y fiable en la adquisición de datos 3D (Alshawabkeh *et al.*, 2020). Tanto se ha popularizado esta técnica que se ha generado la falsa impresión de que se trata de un método sencillo, y de que no son necesarios grandes requerimientos para la obtención de resultados de calidad (Rivero *et al.*, 2019). Sin embargo, se debe prestar especial atención a las condiciones de la toma de datos y a los equipos utilizados. Por ello se considera necesario realizar un estudio comparativo sobre los resultados obtenidos a partir de diferentes tomas de datos sobre un mismo elemento.

1.1. Objetivos

El objetivo de este trabajo es realizar la comparación del proceso y resultados obtenidos con una misma metodología de tomas de datos fotogramétricos sobre un mismo elemento, pero utilizando diferentes objetivos de cámara, para así comprobar cuál de ellos aporta una mayor precisión de cara a la obtención de documentación gráfica de calidad. En ambos casos es necesario analizar la precisión métrica, la calidad de las mallas obtenidas, los tiempos de toma de datos, así como los tiempos de procesado. Este análisis permite distinguir la elección óptima.

Por último, este trabajo también tiene como objetivo generar documentación gráfica de gran calidad métrica.

1.2. Caso de estudio

El caso de estudio sobre el que se va a realizar este análisis se encuentra ubicado en el Patio de las Doncellas, en el Real Alcázar de Sevilla. Este patio forma parte de las construcciones llevadas a cabo por Pedro I en el Palacio Mudéjar (1356-1366).

Las yeserías del Patio de las Doncellas se caracterizan por la composición de motivos naturalistas y figurativos y la utilización sistemática de escritura cúfica (Ruiz, 2002). Especialmente interesantes son las yeserías de los paramentos internos de las galerías bajas, que en su origen debieron presentar una rica gama cromática (Fernández-Puertas, 1984).

Se seleccionan dos paños enfrentados, identificados a lo largo del texto como Yesería 1 y Yesería 2 (Figura 2).

Ambos paños son de iguales dimensiones (1610 x 593 mm) y similar decoración. Presentan motivos epigráficos con inscripciones cúficas y pequeñas hojas de tres lóbulos, motivos vegetales, motivos geométricos y técnica de pintura azul. No existe documentación gráfica previa de las mismas.

El modelo tridimensional obtenido servirá como soporte para fines de documentación, inspección, mantenimiento y restauración (Rubio, Martín and Alonso, 2018; Petrovič *et al.*, 2019).

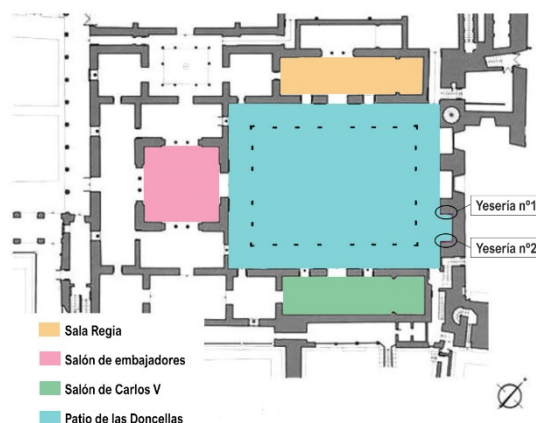


Figura 2. Disposición de paños de yesería objetos de estudio. (Fuente: Elaboración propia).

2. Metodología

2.1. Materiales.

Para la toma de datos fotográficos se ha utilizado una única cámara, modelo LUMIX DMC-GF3 de Panasonic con sensor Live MOS Four Thirds System. A esta cámara se han añadido dos objetivos distintos (Ver Figura 3):

- Objetivo 1: LEICA DG NOCTICRON 42.5 mm F1.2 ASPH Panasonic (equivalente a 85 mm).
- Objetivo 2: LEICA DG SUMMILUX 25 mm F1.4 ASPH Panasonic (equivalente a 50 mm).



Figura 3. Objetivos fotográficos utilizados. (www.panasonic.com).

La diferencia entre ambos objetivos reside en la distancia focal, así como en la apertura del diafragma. El primer aspecto influye en las propiedades de aumento de la lente: a mayor distancia focal, mayor será el aumento. El segundo aspecto influye en la luminosidad.

Para realizar la toma de medidas y dotar de gran precisión métrica a ambas tomas de datos se ha utilizado una estación total Leica TS-02. Además, han sido necesarios accesorios como trípodes y distanciómetro láser.

2.2. Métodos

La toma de fotos se realiza manteniendo una distancia de 1,20 metros. El solape horizontal entre imágenes es de un 80%. Para registrar la Yasería 1 se han necesitado 110 fotografías con el objetivo 1, frente a 28 fotografías con el objetivo 2. Por otro lado, para el registro de la Yasería 2 se han tomado 137 fotografías con el objetivo 1 y 27 fotografías con el objetivo 2.

Se han tomado las coordenadas de 22 puntos significativos distribuidos uniformemente a lo largo de ambos paños de yasería, 11 en cada uno de ellos.

El postprocesado se ha realizado con la aplicación Agisoft Metashape. En la Tabla 1 se describen las calidades con las que se realizaron los distintos pasos para la obtención del modelo fotogramétrico. Cabe mencionar la incorporación de los puntos de control leídos con la estación total.

Tabla 1: Calidad elegida para el flujo de trabajo.

Paso	Calidad
Orientar fotos	Máxima
Crear nube puntos densa	Alta
Crear malla	Alta

Tras la obtención de la malla se ha procedido a texturizar el modelo, así como a generar las ortofotos de los paños de yasería (Ver Figura 4).

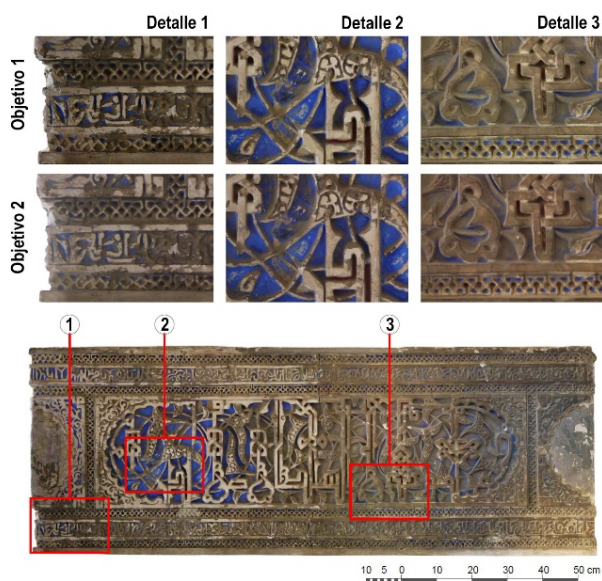


Figura 4. Ortografos obtenidas de las Yaserías 1 y 2 con los objetivos 1 y 2. (Elaboración propia).

3. Resultados

En la Tabla 2 se muestran los tiempos empleados para ambas metodologías. Por otro lado, la Tabla 3 resume la cantidad de información obtenida con Agisoft Metashape para ambos trabajos. Por último, en la Tabla 4 se muestran los errores promedios de cada trabajo.

Tabla 2. Tiempo empleado

	Objetivo 1	Objetivo 2
Toma datos Yasería 1	60 min	20 min
Toma datos Yasería 2	60 min	20 min
Toma medidas	120 min	120 min
Procesado Agisoft	660 min	195 min
Suma tiempo	15 h	5 h 55 min

Tabla 3. Principales datos extraídos de Agisoft Metashape

Yasería 1	Objetivo 1	Objetivo 2
Puntos enlace	17.020	8.529
Puntos nube densa	8.168.226	2.928.411
Caras malla triangulada	1.633.644	585.682
Yasería 2	Objetivo 1	Objetivo 2
Puntos enlace	19.437	6.580
Puntos nube densa	11.478.029	3.554.011
Caras malla triangulada	2.295.601	693.035

Tabla 4. Error total promedio.

	Yasería 1	Yasería 2
Objetivo 1	1,82 mm	2.04 mm
Objetivo 2	2,21 mm	2.49 mm
Dif. error promedio	0.39 mm	0.45 mm

4. Conclusiones

Analizados todos los detalles del proceso empleado en la obtención del modelo digital con cada uno de los objetivos utilizados, así como el resultado obtenido en cada caso, se concluye que:

- Respecto al error cometido en el modelo tridimensional generado en base a los puntos de control utilizados, el objetivo de 42,5 mm da mejores resultados, pero con muy poca diferencia (en torno a 0,42 mm). Teniendo en cuenta sólo este aspecto, el objetivo de 25 mm sería recomendable dado el menor tiempo de trabajo que requiere, especialmente en el procesamiento de datos.
- Respecto a la calidad del modelo digital obtenido es importante indicar que el objetivo de 42,5 mm genera unos resultados con mayor detalle, nubes de puntos más densas, y un modelo texturizado de mayor calidad.

Por ello se concluye que la elección del objetivo dependerá de la magnitud y extensión de los elementos decorativos que sea necesario registrar. Por supuesto que el nivel de precisión y detalle exigible influye, pero no es tan determinante como el aspecto anterior, toda vez que los resultados obtenidos con ambos objetivos disponen de precisión y detalle suficiente. Para el caso de pequeños paños de yasería sería muy recomendable la utilización de un objetivo con mayor distancia focal, sin variar el sensor, puesto que la diferencia de tiempo no es tan grande y los resultados son sensiblemente mejores. Sin embargo, para los restantes casos sería recomendable la utilización de una distancia focal inferior, con la que el tiempo de campo y gabinete se reducen considerablemente obteniendo unos resultados satisfactorios.

Referencias

Alshawabkeh, Y. et al., 2020. Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, n. 16, p. e00133. doi: 10.1016/j.daach.2019.e00133.

Fernández-Puertas, A., 1984. El fenómeno mudéjar en la decoración de yesería de sus edificios. *Miscelánea de Estudios Árabes y Hebraicos. Sección Árabe-Islam*, n. 33, pp. 189-202.

Petrovič, D. et al., 2019. Geodetic Methods for Documenting and Modelling Cultural Heritage Objects. *International Journal of Architectural Heritage*, n. 15(6), pp. 885-896. doi: 10.1080/15583058.2019.1683779.

Rivero, O. et al., 2019. On the limits of 3D capture: A new method to approach the photogrammetric recording of palaeolithic thin incised engravings in Atxurra Cave (northern Spain). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, n. 14, p. e00106. doi: 10.1016/j.daach.2019.e00106.

Rubio, J. M., Martín, J. J. F. y San José, J. I., 2018. Implementation of 3D scanner and digital photogrammetry in the documentation process of the Merced Church, Panama. *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, n. 23(32), pp. 208-219. doi: 10.4995/ega.2018.9811.

Ruiz, J. C., 2002. Sinagogas sefardíes monumentales en el contexto de la arquitectura medieval hispana. En: Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior. *Memoria de Sefarad*. Toledo: Centro Cultural San Marcos, pp. 225-239.

Datos biográficos de los autores

Elena Cabrera-Revuelta

Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño industrial, Universidad de Cádiz; elena.cabrera@uca.es.

Arquitecta Técnica (2008), Máster en Seguridad y Gestión Integral en la Edificación (2010) y Doctora por la Universidad de Sevilla (2017). Profesora del Departamento de Ingeniería Gráfica en la Universidad de Sevilla, impartiendo docencia en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica, como profesora interina y asociada. Actualmente en el área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Cádiz. Perteneció al grupo de investigación Ingeniería Gráfica y Cartográfica de la Universidad de Sevilla. La línea de investigación gira en torno a la optimización en la metodología para la recogida de datos a través de escáner láser y fotogrametría.

Joaquín Aguilar-Camacho

Departamento de Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla; jacmpit@us.es

Ingeniero Técnico Agrícola, Arquitecto Técnico, Máster Seguridad Integral en Edificación, Ingeniero de Edificación, Doctor. Profesor Colaborador. Imparte docencia en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica. Perteneció al grupo de investigación Ingeniería Gráfica y Cartográfica de la Universidad de Sevilla (TEP-156). Un tramo de investigación CNEAI reconocido. Investigador miembro del proyecto estatal I+D+i: 'Desarrollo y Evaluación de Modelos de Durabilidad y Conservación Preventiva de Elementos Decorativos a partir de las Yaserías Históricas del Real Alcázar de Sevilla'. Líneas de investigación: documentación gráfica aplicada al patrimonio arqueológico y arquitectónico; exactitud posicional en cartografía histórica urbana.

Gabriel Granada-Castro

Departamento de Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla; ggranado@us.es

Arquitecto Técnico, Ingeniero de Organización Industrial, Máster Seguridad Integral en Edificación, Ingeniero de Edificación, Doctor. Profesor Titular de Universidad. Imparte docencia en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica. Responsable del grupo de investigación Ingeniería Gráfica y Cartográfica de la Universidad de Sevilla (TEP-156). Un tramo de investigación CNEAI reconocido. Investigador miembro del proyecto estatal I+D+i: 'Desarrollo y Evaluación de Modelos de Durabilidad y Conservación Preventiva de Elementos Decorativos a partir de las Yaserías Históricas del Real Alcázar de Sevilla'. Líneas de investigación: documentación gráfica aplicada al patrimonio arqueológico y arquitectónico; estudio de la cartografía histórica urbana de Cádiz.