

# LA TRIDIMENSIONALIDAD DEL REGISTRO ARQUEOLÓGICO

## USO DE TÉCNICAS STRUCTURE FROM MOTION (SFM) EN EL PROYECTO MEMOLA

---

**PABLO ROMERO PELLITERO** Universidad de Granada, pablromero86@gmail.com  
**JOSÉ CABALLERO LÓPEZ** Universidad de Granada, pepueldesertfox@gmail.com

---

**RESUMEN** Desde el momento en el que se diseña el trabajo a realizar en el yacimiento de El Jarafí (Lanteira, Granada – España), se define la fotogrametría 3D como método de registro, continuando con la metodología de trabajo establecida en el proyecto MEMOLA. Dinámica que afecta tanto al trabajo de campo como al procesado de datos en laboratorio, superando completamente la fotogrametría 2D. Los resultados obtenidos con estas herramientas posibilitan también su combinación con los SIG, creando bases de datos en las que la información alfanumérica y la geométrica aparecen relacionadas.

Este tipo de técnicas permiten la reducción del coste económico y del tiempo empleado en la toma de datos a gran escala, disminuyendo ostensiblemente el espacio destinado a estas tareas utilizando técnicas tradicionales.

Ligados a estos procedimientos aparecen una serie de problemáticas nuevas. En este sentido, la sincronización de la información alfanumérica y la geométrica 3D sigue siendo uno de los principales problemas a resolver, aunque uno de los objetivos de la experiencia en este yacimiento es solventar este tipo de fricciones perfeccionando el proceso. Del mismo modo, el gran volumen de datos recogidos requiere de un esfuerzo adicional de gestión y selección de la información con la que finalmente vamos a trabajar.

Este proceso no se limita a una documentación exclusivamente científica, sino que posee un gran potencial en el ámbito de la difusión, presentándose de un modo más intuitivo, aspecto de gran relevancia a la hora de democratizar los resultados de una investigación.

**PALABRAS CLAVE** Structure from motion, fotogrametría, arqueología virtual, SIG, estratigrafía

**ABSTRACT** Ever since the project design to the site of El Jarafí (Lanteira, Granada – Spain) was laid out, the photogrammetry 3D was defined as the method of registration, followed by the methodology established within the project MEMOLA. This dynamic affected both the fieldwork as the processing of data in the laboratory, as well as overcoming completely the photogrammetry 2D. The results obtained with the use of these tools also enabled their combination with the SIG, creating databases in which the alphanumeric and the geometric information appear related. These kinds of techniques provide a reduction of the economic cost, along with minimizing the time spent in the large-scale data acquisition, greatly reducing the space used for this type of work when applying traditional techniques.

In relation to these procedures emerge a series of new issues. In this sense, the synchronization of the alphanumeric and the 3D geometric information remain one of the principal problems to be solved, although one of the goals of the experience with this site is to settle these kinds of frictions by refining the process. Likewise, the great volume of data recovered requires an additional effort of monitoring and selecting the information that we will ultimately work with.

This process is not limited to an exclusively scientific documentation, but in addition, has great potential within diffusion, offering a more intuitive presentation; an aspect of great relevance when democratizing the results of an investigation.

**KEYWORDS** Structure from motion, photogrammetry, virtual archaeology, GIS, stratigraphy

---

### INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocos años, y como evolución lógica del dibujo manual en campo, ha tenido gran desarrollo la fotogrametría 2D aplicada al registro arqueológico. Esta la consideramos ya superada debido a la implementación de los softwares de fotogrametría 3D que, estos ya sí, están libres del error de perspectiva de la anterior.

A partir de 1950 con la creación de la fotogrametría aérea se empieza a popularizar la utilización de la fotogrametría para registro y documentación del patrimonio, se comienza a utilizar para documentar yacimientos y grandes zonas arqueológicas.

El verdadero desarrollo de la aplicación de esta técnica al patrimonio vendrá a partir de 1970 con el desarrollo de la fotogrametría terrestre. A nivel internacional, la fotogrametría se consolidó rápidamente durante los

años setenta, realizándose levantamientos en todas las zonas arqueológicas importantes como en Egipto o Italia. En España la implantación de esta técnica de registro ha sido más progresiva, fruto del trabajo de algunos pioneros que comienzan a utilizar este método. Es obligatorio nombrar al arquitecto Antonio Almagro Gorbea, que se convierte en precursor en la utilización de la técnica fotogramétrica, tanto para el registro y documentación del patrimonio como para labores de difusión. Realizará los levantamientos de esta índole más relevantes previos a la era digital que se hacen en España junto a José Antonio Fernández, como por ejemplo la reconstrucción virtual de la Dar al Yund de Madinat al-Zahra, la Giralda o el Anfiteatro de Segóbriga (Almagro, 2011, p. 105-114).

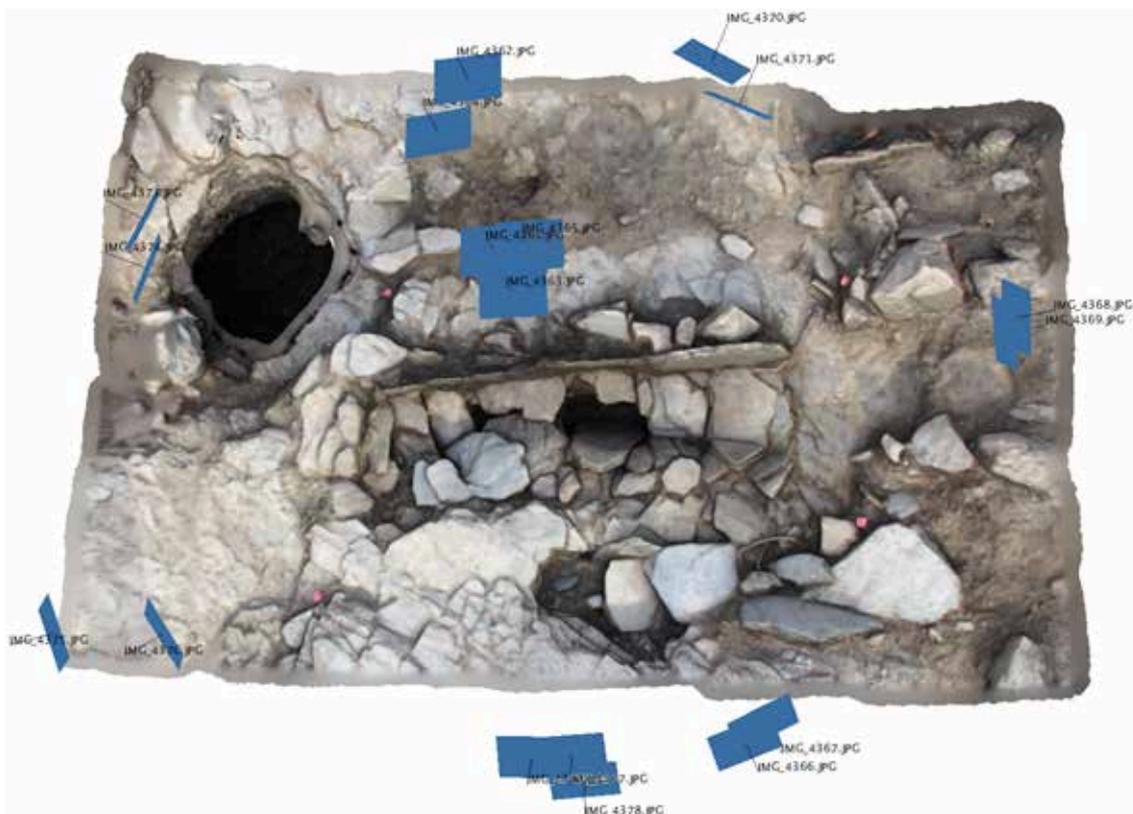
### TÉCNICAS SFM

El Structure from Motion (Westoby *et al.*, 2012, p. 300-314), constituye un método de trabajo que permite una reconstrucción topográfica en alta resolución con unos protocolos de captura de datos bastante asequibles. Opera bajo los mismos principios básicos que la fotogrametría estereoscópica, resolviendo la modelización 3D mediante una serie de imágenes solapadas. Los primeros pasos en la fotogrametría 3D suponían un complejo proceso de calibración de las cámaras para corregir las distorsiones de la lente, junto a una mayor rigidez en las tomas fotográficas. Aquí, la diferencia principal con la fotogrametría convencional es que la posición y la orientación de las cámaras se averiguan automáticamente gracias a los software de restitución que operan bajo este sistema SfM.

Estos programas trabajan estableciendo automáticamente correspondencias entre elementos comunes presentes en las diferentes fotografías. Para ello es necesario respetar un solape mínimo en las tomas fotográficas. Gracias al desarrollo de nuevos algoritmos como el Scale Invariant Feature Transform (SIFT), el proceso de reconocimiento de puntos comunes en los pares fotográficos se lleva a cabo de una manera más sencilla, con un amplio grado de flexibilidad en cuanto al procesado de imágenes con cambios en la rotación y escala en las tomas fotográficas. Ello nos permite generar, de manera automatizada, nubes de puntos bastante densas que serán la base de nuestro modelo 3D, siendo decisiva la resolución de las imágenes para obtener un mayor número de puntos clave desde los que partir (Pereira, 2013, p. 79-80).

### WORKFLOW EN EL MEMOLA PROJECT

La dinámica de trabajo tiene dos partes diferenciadas: la toma de datos en campo y el procesado de dichos datos. La toma de datos consiste en un registro minucioso de cada unidad estratigráfica. Este registro consta de una toma fotográfica exhaustiva y una batida de puntos con coordenadas UTM (ED50 30N en este caso), mediante el uso de una estación total, para la posterior georreferenciación de nuestros modelos tridimensionales. Todo ello combinado con la información recogida en el croquis y la ficha de unidad estratigráfica correspondiente: puntos medidos, unidades estratigráficas documentadas, fechas, etc. El registro fotogramétrico y su posterior vectorialización vienen marcados por la información recogida en dichos cro-

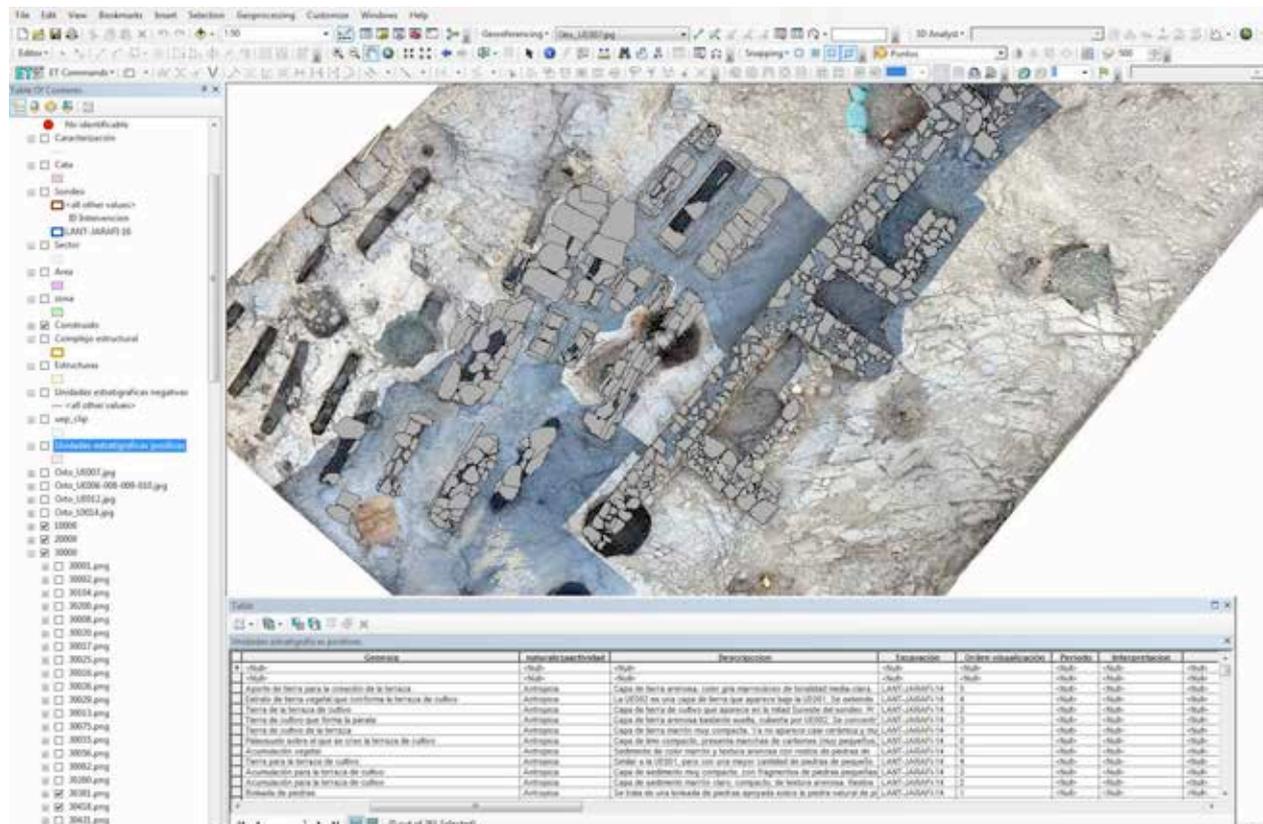


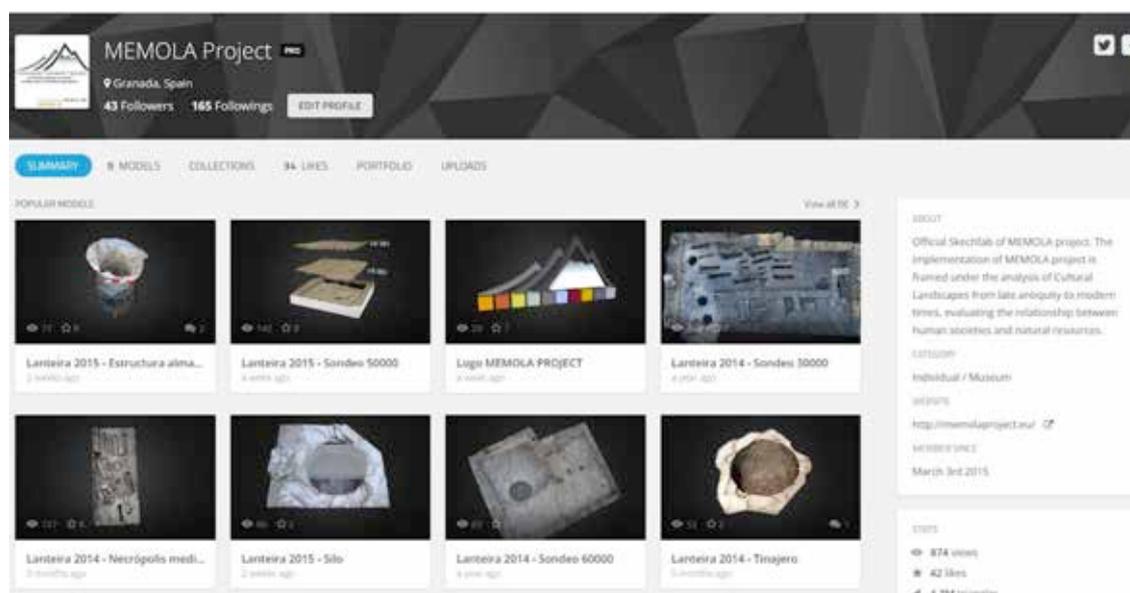
quis, ya que el dibujo arqueológico de campo no sólo nos ayuda a documentar la realidad, sino a sintetizarla y entenderla mejor.

En la fase de procesado crearemos modelos tridimensionales georreferenciados de las unidades mediante los ya mencionados. Así, elaboramos dichos modelos mediante el uso de software SfM, donde se realiza el alineado, mallado, construcción de la geometría, texturizado y georeferenciación del modelo.

Posteriormente, mediante el uso de programas SIG y bases de datos, esta información gráfica (ortofotos) es vinculada a la información alfanumérica recogida en campo (fichas). Esto nos genera un sistema de registro más completo, permitiendo análisis en profundidad del yacimiento.

La utilización de estos sistemas de representación en 3D nos permite una reconstrucción de la zona de estudio que probablemente haya quedado destruida después del proceso de excavación. Dicha reconstrucción es una herramienta de gran valor a la hora del estudio del registro arqueológico y las relaciones entre las UE. Son varios los autores que han teorizado sobre el Método Tridimensional Acumulativo (MTA) consistente en una reconstrucción de las unidades estratigráficas unidas mediante datos topográficos, lo que resulta muy práctico a la hora del estudio de las relaciones físicas de las unidades (Charquero y López, 2012, p. 82). La obtención de un modelo tridimensional nos permitirá, además, extraer tantas plantas y secciones como fuesen necesarios.





## INFOGRAFÍA

En definitiva, el registro detallado de toda la secuencia permite a otros profesionales acceder a una información completa. Pero los resultados no sólo se limitan a un público especializado, sino que además, es un gran aliado en las tareas de difusión. La representación tridimensional de la estratigrafía conecta mucho mejor con el público, ya que es una documentación más intuitiva y visual.

Otro punto fuerte es la posibilidad de compartir esta información a través de redes sociales de visualización de modelos 3D, como Sketchfab.

## CONCLUSIONES

Es necesario mencionar que, en nuestra experiencia, hemos constatado una serie de limitaciones que deben ser tenidas en cuenta para plantear una correcta estrategia de toma de imágenes. Entre ellas se encuentran cuestiones tan propias de una intervención arqueoló-

gica como la iluminación cambiante, estratigrafía seccionada documentada en distintos momentos, etc.

Este tipo de técnicas permiten la reducción del coste económico y del tiempo empleado en la toma de datos a gran escala, disminuyendo ostensiblemente el tiempo destinado a estas tareas utilizando técnicas tradicionales. Es, además, el modelo de registro digital más acorde a la realidad tridimensional de una excavación, siendo totalmente compatible con el método Harris, generando una información completa, fiable y accesible.

El uso de dichas técnicas supone también un avance en lo que a entender el registro se refiere, ya que la integración de la dimensión temporal posibilita una mejor comprensión de la secuencia estratigráfica. Aparte de tener probada eficacia en el ámbito científico también resulta una herramienta muy útil a la hora de realizar tareas de difusión ya que permite que los modelos generados sean fácilmente combinados con programas de edición o colgados en redes sociales llegando tanto al resto de la comunidad científica como al público en general.

## BIBLIOGRAFÍA

ALMAGRO GORBEA, A. (2003) – De la fotogrametría a la infografía: Un proceso informatizado de documentación. In GARCÍA PORRAS, A., ed., *Informática y Arqueología Medieval*. Granada: Universidad de Granada, p. 47-82.

ALMAGRO GORBEA, A. (2011) – Una visión de la arquitectura de Al-Andalus. Quince años de investigación en la Escuela de Estudios Árabes. *Virtual Archaeology Review*, 2: 4, p. 105-114.

CHARQUERO BALLESTER, A.; LÓPEZ LILLO, J. (2012) – Registro tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica. Fotogrametría y SIG en la intervención arqueológica de lo Boligni (Alacant). *Virtual Archaeology Review*, 3: 5, p. 81-88.

LÓPEZ FRAILE, F. (2007) – La infografía 3D como sistema de documentación y divulgación. In MORÍN, J., coord., *Primer Simposio de la Investigación y Difusión Arqueopaleontológica en el Marco de la Iniciativa Privada*. Madrid: Auditores de Energía y Medio Ambiente, p. 429-444.

PEREIRA UZAL, J. (2013) – Modelado 3D en patrimonio cultural por técnicas de structure from motion. *Ph Investigación*, 1, p. 77-87.

WESTOBY, M.; BRASINGTON, J.; GLASSER, N.; HAMBREY, J.; REYNOLDS, J. (2012) – "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, p. 300-314.