

“Fotogrametría Involuntaria”: rescatando información geométrica en 3D de fotografías de archivo

“Involuntary Photogrammetry”: rescuing 3D geometric information from library pictures

Pablo Aparicio Resco¹, Juan D. Carmona Barrero², Miguel Fernández Díaz³, Pere M. Martín Serrano⁴

1. Universidad de Alicante - aparicio.pablo89@gmail.com
2. Universidad de Extremadura - juandiegocarmona@gmail.com
3. Virtua Nostrum – mfdzdiaz@gmail.com
4. Universitat Rovira i Virgili - peremanel.martin@gmail.com

Resumen

En la actualidad la fotogrametría digital se ha consolidado como una de las técnicas más eficientes para la documentación del Patrimonio. La generación de modelos tridimensionales a partir de imágenes realizadas con cámaras fotográficas digitales es el procedimiento habitual. Es objeto de este artículo mostrar los resultados obtenidos con el estudio y análisis fotogramétrico de imágenes de archivo, tomadas principalmente en excavaciones arqueológicas, para recuperar la información tridimensional que pueda estar latente en ellas, aunque las capturas no hubieran sido realizadas con el propósito de crear modelos 3D. De esta forma hemos generado modelos tridimensionales en los que se pueden recuperar datos geométricos que no quedaron reflejados en los dibujos o fotografías realizados en campo.

Palabras Clave: FOTOGRAMETRÍA, ARQUEOLOGÍA, MODELOS 3D, FOTOGRAFÍA, SFM

Abstract

Nowadays digital photogrammetry has become one of the most efficient techniques for Heritage documentation. The creation of three-dimensional models from images taken with digital cameras is the usual procedure. The aim of this paper is showing the results obtained by photogrammetric analysis of library pictures, taken mainly in archaeological excavations, to recover three-dimensional information that maybe latent, although the shots had not been made with the purpose of creating 3D models. In this way we have generated three-dimensional models in which can be recovered geometric data that were not reflected in the drawings or photographs made during fieldwork.

Key words: PHOTOGRAMMETRY, ARCHAEOLOGY, 3D MODELS, PHOTOGRAPHY, SFM

1. INTRODUCCIÓN

La fotogrametría digital terrestre es una técnica que todavía está dando sus primeros pasos en el mundo de la Arqueología. De forma resumida, consiste en la generación semiautomática de modelos tridimensionales a partir de fotografías

(LÓPEZ LILLO *et al.*, 2012; PÉREZ GARCÍA *et al.*, 2009; FIORINI 2008; BULL *et al.*, 2007; CABALLERO *et al.*, 1996; ALMAGRO GORBEA, 1988). Hasta hace poco, se hacía impensable su aplicación práctica por la cantidad de precauciones de tipo técnico que había que tomar a la hora de realizar el levantamiento

fotogramétrico: se necesitaba una precisa calibración de las cámaras, el cálculo adecuado de la posición de las mismas a la hora de tomar las imágenes o examinar las necesidades concretas de iluminación. En definitiva: era necesario disponer de un conocimiento técnico, de un dinero y un tiempo, que se encontraba fuera del alcance de los arqueólogos.

Desde hace poco tiempo, la evolución de la metodología arqueológica y de los sistemas de análisis fotogramétrico han propiciado la adopción de estas técnicas de forma habitual a la hora de registrar desde materiales arqueológicos a complejas estratigrafías. Sus principales ventajas son una gran precisión métrica y un coste económico reducido.

La mayoría de los levantamientos fotogramétricos que actualmente se llevan a cabo en arqueología se basan en la estrecha colaboración con equipos de topógrafos –que aportan solvencia técnica– o en la especialización de algunos arqueólogos que, gracias a la creciente accesibilidad y versatilidad del software fotogramétrico, han aprendido los pasos básicos para el correcto funcionamiento de estas técnicas.

En el presente trabajo trataremos de profundizar en la obtención de modelos tridimensionales aplicando técnicas fotogramétricas *a posteriori*, es decir, basándonos en grupos de imágenes que en ningún caso fueron tomadas con el objetivo de servir para la creación de un modelo 3D fotogramétrico.

2. LA VERSATILIDAD DE LA “FOTOGRAMETRÍA INVOLUNTARIA”

¿Cuáles son las posibilidades de esta “fotogrametría involuntaria”? Primero, tomar conciencia de que muchos yacimientos que han sido excavados, sometidos a un buen registro fotográfico, y posteriormente destruidos, pueden ser reconstruidos gracias a la fotogrametría con un alto nivel de precisión, rescatando en ocasiones capas de información

geométrica que ya se creían perdidas; segundo, hacer pensar en las posibilidades que este tipo de técnicas de documentación tienen para la “recuperación” del Patrimonio que ha sido destruido de forma accidental o voluntaria: podríamos rescatar del olvido modelos tridimensionales muy precisos de iglesias que han sido destruidas por la acción de un terremoto o por abandono, dar de nuevo volumen a las ruinas de Libia o de Siria destruidas durante la guerra, por citar tan solo algunos ejemplos, todo ello contando únicamente con una docena de fotografías desde distintos ángulos de la misma pieza estructural. Y tercero, animar a los arqueólogos de hoy en día y del futuro a aprender a usar la fotogrametría del mismo modo que aprendieron a utilizar otro tipo de herramientas hoy ampliamente extendidas e implantadas en los planes de formación en arqueología, como software CAD para el levantamiento de la planimetría, o Sistemas de Información Geográfica -SIG- para la gestión y análisis de datos espaciales.

Pese a que pueda parecer una obviedad, es necesario resaltar que en ningún caso un modelo tridimensional puede sustituir a la estructura patrimonial original, por muy preciso que sea. Debemos tener en cuenta que la pérdida y destrucción de un resto arqueológico no puede ser subsanada de ninguna forma y deberá impedirse por todos los medios ya que, aun contando con un modelo exacto de la superficie del objeto, con la destrucción física del mismo se pierden muchas otras cualidades fundamentales e irrecuperables (el material del que está hecho, las geometrías de sus componentes internos, su contexto original y la relación con el entorno).

Por otro lado, creemos también imprescindible señalar que si se quieren obtener unos resultados fotogramétricos óptimos es necesario seguir una serie de indicaciones técnicas (análisis del objeto a fotografiar, situación de los pares de cámaras, estrategia de toma de imágenes, iluminación necesaria, entre otros factores) que no pueden obviarse y que se recogen en todo manual de fotogrametría y visión por computador. El

respeto de este conjunto de normas básicas es garantía de resultados óptimos y mínima pérdida de información

3. RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS: EL CASO DEL HORNO DE MONTESA

Para demostrar la eficacia de la “fotogrametría involuntaria” hemos llevado a cabo el levantamiento fotogramétrico de un horno de cal localizado y excavado en Montesa (Valencia). Hemos realizado un modelo tridimensional a partir de fotografías de la excavación que en ningún momento fueron tomadas con este fin. Fueron usadas, en concreto, 14 fotografías que han sido procesadas empleando el software fotogramétrico Agisoft PhotoScan. (Fig. 1). Afortunadamente, como ya hemos indicado más arriba, disponíamos de un modelo tridimensional realizado mediante escáner láser de alta precisión por el equipo de Global Geomática S.L. y esto permitió comparar ambos modelos y comprobar así la precisión geométrica de la “fotogrametría involuntaria”. Para ello se ha usado el software Geomagic Studio que permite el alineamiento de ambas mallas (la obtenida con el escáner láser y la obtenida mediante fotogrametría) y la posterior realización de un cálculo de desviación de los distintos puntos de una de las mallas con respecto a la otra. (Fig. 2)

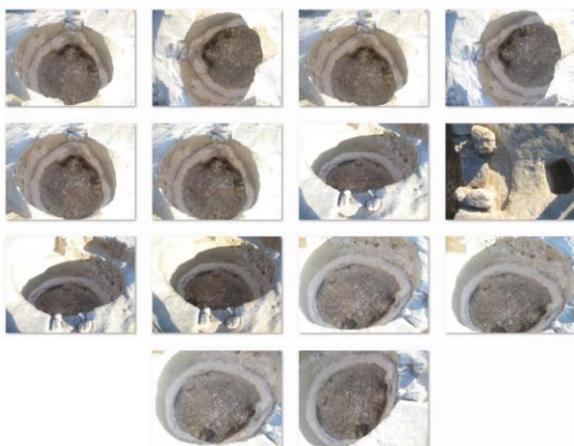


Figura 1: Grupo de 14 imágenes con las que ha sido realizado el levantamiento fotogramétrico del horno de Montesa.

Los resultados son reveladores y muestran que la mayoría de los puntos tienen una desviación inferior a un centímetro. Debemos tener en cuenta que la estructura de cocción estudiada tiene unas dimensiones superiores a los 4 metros de diámetro, por lo que una desviación de un centímetro aproximadamente no resulta excesivamente elevada. Como se puede apreciar, las zonas de mayor desviación son precisamente aquellas donde los niveles de iluminación eran extremos, es decir, zonas con alto nivel de sombra o con una sobreexposición de luz. Estas áreas y las del extremo de la malla son las que hacen que la desviación media que nos muestra Geomagic sea de 2,8/-3,1 centímetros; si las elimináramos la media efectiva de desviación sería, como indicamos más arriba, mucho menor, y esto es lo que podemos apreciar en la mayor parte del modelo.

Poder disponer de un modelo tridimensional de esta precisión (con una desviación, en la mayoría de sus puntos, inferior a un centímetro) no constituye solamente un capricho estético o vinculado únicamente a fines divulgativos: se trata, al fin y al cabo, de poseer un modelo geométrico que, como los modelos digitales del terreno (MDT), constituya “una maqueta de la realidad en la que adquiere una especial importancia la conservación de las proporciones o relaciones espaciales relativas” (FARJAS *et al.*, 2011: 142). Pese a que hay que destacar el potencial divulgativo tanto del modelo en bruto como de las posteriores reconstrucciones, también debemos reivindicar el uso de estos modelos como recopilación científica de datos en 3D y como agentes clave en la transmisión del conocimiento histórico a las generaciones venideras (TEJADO SEBASTIÁN, 2005: 136).

Este ejemplo demuestra, además, las posibilidades que un modelo fotogramétrico correctamente realizado puede tener en los trabajos arqueológicos, llegándose a obtener una precisión muy cercana a la de los escáneres láser con una inversión menor de recursos monetarios. Los escáneres láser tienen una precisión en ocasiones milimétrica, pero debemos plantearnos si nuestro objeto de

estudio realmente la necesita o si, por el contrario, es suficiente documentarlo con una desviación de pocos centímetros. Para ello podemos hacernos varias preguntas: ¿Estamos ante una estructura que precisa un análisis concienzudo para la posterior realización de una correcta restauración? ¿Queremos realizar una copia exacta en otro material? ¿Se trata simplemente de un muro de mampostería convencional que va a ser desmontado? ¿Estamos ante una unidad estratigráfica producida por un derrumbe? Cada situación conllevará unas soluciones diferentes.

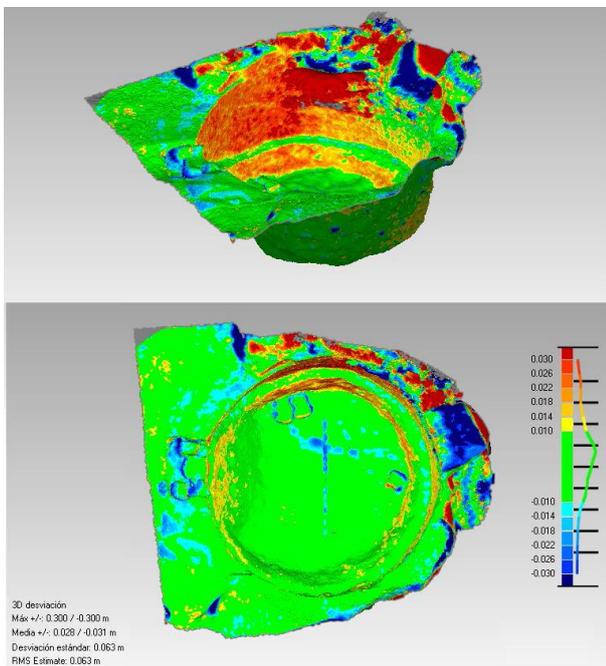


Figura 2: Resultados del análisis de desviación de entre la malla creada mediante fotogrametría y aquella creada mediante escaneado láser.

La técnica aquí propuesta, como ya hemos demostrado, nos conduce a la generación de modelos tridimensionales de piezas, edificios, yacimientos y lugares históricos que, antes de ser documentados con técnicas de generación de nubes de puntos, fueron destruidos, y gracias a ello podremos aumentar la calidad de la documentación gráfica y geométrica de nuestro Patrimonio. Posteriormente, es el análisis de todo este conjunto de información lo que nos permite obtener hipótesis históricas y, como resultado final, transmitir ese conocimiento al conjunto de la sociedad.

4. LA RESTITUCIÓN DE YACIMIENTOS MEDIANTE FOTOGRAFÍA AÉREA

Dentro del ámbito de la recuperación del patrimonio desaparecido, la “fotogrametría involuntaria” surge del rescate de series de fotografías que se realizaron con una finalidad estricta de documentar gráficamente, mediante la conservación de imágenes, aquellos yacimientos arqueológicos que están abocados a su desaparición. La pérdida de estos sitios tiene diferentes causas, siendo las más comunes: la poca relevancia; su ubicación en lugares que van a quedar ocultos de nuevo; la desaparición de la base sobre la que se asienta o la simple destrucción del yacimiento como consecuencia de catástrofes, ya sean de origen humano o natural.

Como ejemplo relacionado con el caso de la desaparición del yacimiento por el vaciado de la base sobre la que se apoyaba, cabe recordar un pequeño asentamiento protohistórico (La Ayuela) situado en el trazado del AVE Madrid-Lisboa en el tramo situado entre Cáceres y Mérida, a la altura del término municipal de Aldea del Cano (Cáceres). La realización del movimiento de tierras para la preparación de la base sustentante del trazado ferroviario, precisaba de un rebaje del terreno hasta cotas inferiores a las de los restos arqueológicos. Dicho movimiento de tierras acabó con el yacimiento, no quedando de él más que lo que se pudo registrar. (Fig.3)



Figura 3: Situación del yacimiento de La Ayuela en el trazado del AVE Madrid-Lisboa.

Antes de su total destrucción y una vez finalizado el proceso de excavación del yacimiento, se procedió a documentar de manera gráfica el mismo realizándose fotografías de cada una de las estructuras localizadas y, además, una serie de 66 fotos aéreas mediante la utilización de un paramotor. De esta última serie de fotografías se seleccionaron 13 imágenes. Aquellas que, según entendíamos, estaban mejor adaptadas a los criterios ideales que marca el software utilizado para tal proceso.

Para la obtención del modelo fotogramétrico se empleó Agisoft PhotoScan como software principal para la alineación de las imágenes, la creación del modelo geométrico y el texturizado a partir de las mismas capturas. En este caso, la circunstancia de que todas las imágenes fuesen obtenidas en un intervalo de tiempo corto (30 minutos), facilita el procesado de datos. Las condiciones ambientales de las tomas (luz, sombras, etcétera) apenas varían. (Fig.4)



Figura 4: Fotografía aérea del yacimiento.

El archivo creado permite su exportación como modelo 3D a cualquier otro software capaz de trabajar sobre él generando un modelo virtual con el que obtener, entre otros, vuelos virtuales con recorridos diferentes al original. Asimismo se puede utilizar como base para la recreación virtual del yacimiento mediante el tratamiento infográfico del modelo fotogramétrico. (Fig.5)



Figura 5: Modelo generado a partir de 16 fotografías aéreas en Agisoft PhotoScan.

5. APLICACIONES A LA ARQUEOLOGÍA DE LA MUERTE

Otro de los aspectos más destacados dentro de la enorme variedad del registro arqueológico es la llamada Arqueología de la Muerte. La correcta documentación de los rituales funerarios es clave para nuestra comprensión del pasado por la cantidad de información que aporta sobre las mentalidades y sistemas de creencias de las culturas que nos precedieron (BINFORD, 1971; CASTRO MARTÍNEZ *et alli*, 1995: 129; CHAPA BRUNET, 2006).

Un registro riguroso durante el proceso de excavación de un enterramiento puede proporcionarnos valiosísimo datos, imposibles de obtener durante los análisis de los restos en el laboratorio, en especial si los huesos se encuentran algo alterados por procesos postdeposicionales o las características del suelo han contribuido al deterioro de los mismos hasta hacerlos imperceptibles. En muchos casos el material óseo se deshace durante la extracción, a pesar del uso de consolidantes.

Para ilustrar lo expuesto cabe señalar un par de sencillos ejemplos de entre la multitud de comprobaciones que es posible realizar con la inhumación *in situ*. Si documentamos con exactitud la posición de las clavículas podremos saber si el individuo ha sido envuelto o no en un sudario: cuanto más paralelas se hallen con respecto a la columna vertebral, más son las

posibilidades de que hubiera sido enrollado con una tela en el tratamiento *post mortem*. Otro tipo de constataciones, como la posición de la caja craneal y de la mandíbula en una inhumación, podrían darnos pistas sobre el uso de una almohadilla funeraria para sostener la cabeza. Como indica el antropólogo H. Duday (2000: 106) en muchos casos el laboratorio debe ser sustituido por el trabajo de campo.

Cuando ya han sido realizadas todas las observaciones sobre el terreno y el material óseo ha sido levantado, sólo nos quedan dibujos y fotografías del enterramiento como únicos documentos para volver a comprobar la posición exacta de cada hueso y la relación entre los mismos (MAYS, 2010: 19-20). En un dibujo tradicional, de dos dimensiones, la tercera dimensión o altura (z) viene representada por la consignación de una serie de cotas en planta y por la elaboración de secciones que reflejan la deposición del cadáver, normalmente longitudinales al mismo. Lamentablemente en muchos casos no ocurre así, y en otros tantos, la exactitud en la toma de cotas y en la representación de secciones es poco menos que dudosa.

En el caso de las fotografías la deformación de la lente impedía que el registro de las posiciones óseas fuera tan exacto como en el dibujo. Pero la ventaja que tenemos en la documentación de contextos funerarios es la enorme cantidad de capturas que se realizan, sobre todo desde que existe el formato digital. El número de tomas del cadáver suele incrementarse para cubrir cada ángulo y reflejar muchos detalles, como las patologías que pudieran tener los huesos o la posición exacta de cada pieza del ajuar.

Ese conjunto de capturas puede usarse para generar un modelo fotogramétrico a pesar de que no hayan sido realizadas con esa finalidad. También podremos añadir tomas con distintas aperturas, distancias focales o exposiciones – aunque no sería lo ideal-, ya que el software de fotogrametría de tipo SFM (*Structure From Motion*) realiza el trabajo de orientación de las imágenes a partir del conocimiento de la

geometría interna de la cámara que, se supone, invariable durante todo el proceso (ANGULO FORNOS, 2013: 143; RODRÍGUEZ-NAVARRO, 2012). De este modo conseguiremos un modelo 3D con el que poder analizar con mayor precisión todas las partes del enterramiento. Podremos medir sin problema en cualquier dimensión y seccionar por cualquier zona que nos parezca interesante.

Partiendo de estas premisas hemos elegido un enterramiento de la Edad del Bronce, situado en el yacimiento de Las Olivas (Pinto). La inhumación fue realizada en el fondo de un silo u “hoyo” circular y quedó documentada con el tradicional dibujo manual. Posteriormente georreferenciaron mediante un levantamiento con Estación Total. El registro fotográfico del individuo tiene multitud de tomas, hasta un total de 105, entre generales y detalles de huesos, cráneo o dentadura. El modelo de cámara con el que se ha llevado a cabo la documentación fotográfica es una Nikon E5700, de tipo compacto. Las distancias focales, aperturas y exposiciones son variadas, pero con un ISO constante de 100. Para nuestra sorpresa, el software también fue capaz de crear con bastante precisión la geometría de la estructura negativa en la que reposaba la inhumación. (Fig. 6 y 7)



Figura 6: Modelo 3D de inhumación de la Edad del Bronce en el interior de una estructura negativa de tipo “hoyo”. Geometría sin texturizar.



Figura 7: Modelo 3D de inhumación de la Edad del Bronce con texturas añadidas. Las Olivas, Pinto (España).

Por otro lado, eligiendo 12 fotografías centradas en el cráneo del mismo enterramiento, hemos podido generar, con el mismo software y añadiendo máscaras a las imágenes, un modelo tridimensional con un alto nivel de detalle. La superficie de este modelo ha sido creada integrando un elevado número de polígonos (1.923.717 caras), lo que permite apreciar en detalle la rugosidad del objeto, así como las suturas, grietas y patologías de la materia ósea y la dentadura. Junto a las fotografías normales, las fichas antropológicas y demás métodos de registro, se nos antoja un complemento muy interesante para los estudios forenses posteriores al levantamiento del cadáver.

Otro de los ejemplos relacionados con la arqueología de la muerte lo encontramos en un conjunto de enterramientos tardoantiguos procedentes de una excavación en la ciudad tarraconense de Tortosa, en el Bajo Ebro. Dichas inhumaciones son una buena muestra para comprender el urbanismo y el mundo funerario en una de las ciudades romanas más importante del noreste peninsular: Dertosa.

Las fotografías que hemos usado para la obtención del modelo fotogramétrico pertenecen a dos fases distintas de trabajo. En una primera fase tenemos un modelo en el que aparecen las sepulturas con las losas que cubren los cuerpos que hay en el interior mientras que en el segundo modelo podemos apreciar como los cuerpos ya han sido correctamente

excavados y listos para su extracción y posterior conservación.

Tal y como se comenta en el caso anterior, muchas de las fotografías no han sido realizadas para el fin que aquí proponemos. Fueron tomadas en el 2010 más como fruto de documentación y un recuerdo por partes de algunos de los miembros del equipo de excavación (ninguna de las fotos usadas iba a ser utilizada en el informe o las memorias posteriores). La cámara utilizada fue una sencilla Kodak EasyShare m-1033 con disparo automático. Se obviaron las distancias focales y los valores ISO, aspectos muy a tener en cuenta a la hora de afrontar proyectos con técnicas de documentación SFM (*Structure From Motion*) (ÁVIDO *et al.*, 2013). (Fig. 8)



Figura 8: Nube de puntos de los enterramientos de Tortosa generada con software SFM.

En el caso que nos ocupa, la obtención de modelos tridimensionales de estos enterramientos puede ayudarnos a tener un recuerdo vivo para el estudio de la posición de los individuos inhumados, así como del carácter de sus tumbas, recogiendo perfectamente detalles que nos van a permitir tener un marco cronológico. Tal es el caso de la reutilización de una inscripción romana usada como parte de la pared del enterramiento.

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta cuando obtenemos un modelo tridimensional es la difusión de ese mismo elemento. Por desgracia, en muchas ocasiones, una vez excavado y documentado un yacimiento

nos vemos en la obligación de proceder a un desmonte o a enterrar de nuevo esas estructuras, previamente protegidas con geotextil para su conservación. Este es el motivo por el que personas que se encuentren de visita por la zona no podrán disfrutar del monumento o yacimiento. Además, a partir de estos modelos es posible generar sistemas de visualización, entre los que podemos destacar entornos de Realidad Virtual/Aumentada o recorridos interactivos. En un ejemplo como este, completado con las fotografías usadas para las memorias, contaríamos con más detalle en alguna de las zonas que aparecen menos definidas en nuestro modelo. Sin embargo, recordemos que se trata de resultados preliminares obtenidos a partir de 56 imágenes, sobre las que aún no han sido editadas máscaras de información. (Fig. 9)

6. CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos visto la versatilidad de las técnicas de documentación a través de procesos fotogramétricos. La creciente aceptación de este tipo de estudios, apoyados en tecnología de bajo coste, promete afianzarse como una de las maneras más precisas y fiables de documentar el Patrimonio.

Además, hemos podido comprobar la posibilidad de recuperar información que se creía perdida, bien por la desaparición de los restos arqueológicos o por la incorrecta documentación de los mismos. Una selección de imágenes tomadas durante las actuaciones arqueológicas ha sido introducida en software de tipo SFM (*Structure From Motion*), lo que permitió generar los modelos tridimensionales correspondientes, dotados de geometría y texturas fiables y de buena calidad métrica. Cabe señalar que las tomas usadas en el proceso de producción de los diversos modelos no fueron pensadas para la realización de un trabajo fotogramétrico. De ahí que hayamos usado el

epíteto de “fotogrametría involuntaria” para denominar el flujo de trabajo descrito.

El proceso abre una vía para la recuperación de datos perdidos, la restitución de yacimientos destruidos y la creación modelos 3D que ayuden a complementar la información ya existente sobre determinado elemento patrimonial. Además, los resultados obtenidos son idóneos para fomentar la difusión a través de, por ejemplo, recorridos virtuales o inmersión en entornos de Realidad Virtual/Aumentada.

Para acabar este artículo, creemos que es necesario mirar hacia el futuro e intentar vislumbrar hasta donde nos pueden llevar las posibilidades que el desarrollo de esta técnica nos propone. Quizás dentro de poco tiempo sea posible generar modelos tridimensionales relativamente precisos a partir de imágenes tomadas por cámaras diferentes en momentos distintos. Un ejemplo práctico a este respecto se puede llevar a cabo, hoy día, desde nuestro ordenador personal: podemos acudir a internet, teclear “Templo de Atenea Niké” y seleccionar un grupo de fotografías de la galería de imágenes de Google que, una vez procesadas por un software fotogramétrico, den lugar a un modelo tridimensional semiautomático del famoso templo de la Acrópolis. Estamos en los albores de que esto sea posible y, todo ello, contando cada vez con un menor número de imágenes, pues los softwares de procesado serán cada vez más potentes.

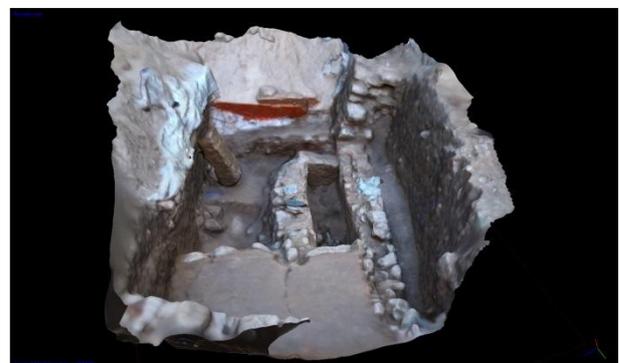


Figura 9: Modelo 3D de los enterramientos romanos de Tortosa

AGRADECIMIENTOS

A Aldo Petri, arqueólogo y director del yacimiento “Las Olivas” de Pinto (Comunidad de Madrid, España). A Jorge J. Vega y al equipo de Argea Consultores, S. L.

A Ignacio Pavón Soldevila y David M. Duque Espino, a quienes agradecemos la desinteresada cesión de las imágenes de “La Ayuela”.

A todo el Grup de Recerca i Seminari de Protohistòria i Arqueologia (GRESEPIA) de la Universitat Rovira i Virgili por los estudios realizados en la ciudad de Tortosa y por hacer posible parte de este trabajo.

A los profesionales de Global Mediterránea, que se encargaron de realizar una excelente documentación *in situ* de los restos del horno de cal de Montesa.

A Daniel Tejerina, por sus sabios consejos.

BIBLIOGRAFÍA

ALMAGRO GORBEA, A. (1988): “La representación de la arquitectura a través de la fotogrametría: posibilidades y limitaciones”, *Fotogrametría y representación de la Arquitectura*, “X Symposium Internacional del Comité Internacional de Fotogrametría Arquitectónica CIPA”, Granada, pp. 81-90.

ANGULO FORNOS, R. (2013): “La fotogrametría digital: una herramienta para la recuperación de arquitecturas perdidas. Torre del homenaje del Castillo de Constantina” En *Virtual Archaeology Review*, Volumen 4, número 8, pp. 140-144.

ÁVIDO, D., VITORES, M.: “El archivo fotográfico como fuente para la reconstrucción tridimensional”. Póster presentado en V Congreso Nacional de Arqueometría. UTN-Rosario (Argentina). [URL: <http://goo.gl/3PrFX0>]. Acceso el 19/01/2014.

BINFORD, L. R. (1971): “Mortuary practices: their study and their potential”. *Memoirs of the Society for American Archaeology*, pp. 6-29.

BUILL, F., NÚÑEZ, M. A., RODRÍGUEZ, J. J. (2007): *Fotogrametría arquitectónica*. Ediciones UPC, Barcelona.

CABALLERO, L.; ARCE, F., FEIJOO, S. (1996): “Fotogrametría y el análisis arqueológico”, *Revista de Arqueología*, nº 186, pp. 14-25.

CASTRO MARTÍNEZ, P.V., LLULL, V., MICÓ PÉREZ, R., RIHUETE HERRADA, C. (1995): “La prehistoria reciente en el sudeste de la Península Ibérica. Dimensión socioeconómica de las prácticas funerarias”. En Fábregas, R., Pérez, F. y Fernández, C. *Arqueoloxía da Morte. Arqueoloxía da morte na Península Ibérica desde as Orixes ata o medievo*. Excmo. Concello de Xinzo de Limia, pp. 129-167.

CHAPA BRUNET, M.T. (2006): “Arqueología de la muerte: aspectos metodológicos”. En *Anales de Arqueología Cordobesa*, 17, I, pp. 25-46.

DUDAY, H. (2000): “Antropología biológica de campo, tafonomía y arqueología de la muerte”. En Malvido, E., Pereira, G. y Tiesler, V. *El cuerpo humano y su tratamiento mortuario*. Instituto Nacional de Antropología e Historia de México, pp. 91-126.

- FARJAS, M., MORENO, E., GARCÍA LÁZARO, F. J. (2011): “La realidad virtual y el análisis científico: De la nube de puntos al documento analítico.”, *Virtual Archaeology Review*, Vol.2, N°4, pp. 139-144.
- FIORINI, A. (2008): “Esperienze di fotomodellazione e stereofotogrammetria archeologica” en VOLPE, G., DE FELICE, G., SIBILANO, M. G. (eds.), *Digitalizzare la pesantezza. L'Informatica e il metodo della stratigrafia*, Atti del Workshop, Foggia, pp. 175-186.
- LÓPEZ LILLO, J. A., CHARQUERO BALLESTER A. M. (2012): “Registro tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica: Fotogrametría y SIG en la intervención arqueológica de lo Boligni (Alacant)”, *Virtual Archaeology Review*, vol. 3, n° 5, pp. 81-88.
- MAYS, S. (2010): *The archaeology of human bones*. Edición ampliada y revisada. Abingdon, Routledge.
- PÉREZ GARCÍA, J. L., MOZAS CALVACHE, A. T. *et al.* (2009): “Fotogrametría de bajo coste para estudios arqueológicos de la arquitectura: aplicación a la muralla este de la fortaleza de la mota. Alcalá la Real (Jaén)”, en *Mapping*, n° 138, pp. 6-13.
- RODRÍGUEZ-NAVARRO, P. (2102): “Fotogrametría digital automatizada (SFM) con apoyo aéreo de proximidad”. En *XI Congreso Internacional. Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*, Universitat Politècnica de València. (Pre Print).
- TEJADO SEBASTIÁN, J. M. (2005): “Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del Patrimonio Arqueológico”, *IBERLA*, n° 8, pp. 135-158.