



# Documentación 3D de pinturas rupestres con Photomodeler Scanner: los motivos esquemáticos de la Cueva del Barranc del Migdia (Xàbia, Alicante)

Daniel Tejerina Antón<sup>1</sup>, Joaquín Bolufer i Marqués<sup>2</sup>, Marco Aurelio Esquembre Bebia<sup>1</sup>  
y José Ramón Ortega Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARPA Patrimonio S.L. España

<sup>2</sup> Museo Arqueológico y Etnográfico Municipal de Xàbia. Alicante. España.

## Resumen

*Durante la reciente campaña de excavación de la Cueva del Barranc del Migdia se ha realizado la documentación tridimensional de la decoración parietal de la cueva, correspondiente al denominado Estilo Esquemático y catalogada como Patrimonio de la Humanidad por la Unesco. Para este proceso de documentación se ha empleado Photomodeler Scanner, software comercial de fotogrametría digital con un creciente uso en el sector del patrimonio cultural. Los resultados obtenidos han sido exportados a un formato compatible con impresoras 3D, creando un modelo 3D físico de los paneles decorados. En esta comunicación se describe el flujo de trabajo en un proyecto con Photomodeler Scanner y las particularidades del proceso sobre pinturas rupestres, mostrando los resultados sobre el panel x-3.*

**Palabras Clave:** ARQUEOLOGÍA, PINTURAS RUPESTRES, FOTOGRAMETRÍA DIGITAL, PHOTOMODELER SCANNER, IMPRESIÓN 3D.

## Abstract

*During the recent campaign of excavation at the Cova del Barranc del Migdia (Javea, Alicante) we have carried out the 3D documentation of the wall painting motifs, which corresponds to the schematic rock art style. To produce the 3D models, we have used Photomodeler Scanner, a commercial digital photogrammetry software with increased use in the cultural heritage sector. The results have been exported to a format compatible with 3D printers, creating a 1/1 scale replica of the original panel. In this paper we describe the typical workflow in a project with Photomodeler Scanner and the results obtained from the x-3 panel.*

**Key words:** ARCHAEOLOGY, PREHISTORIC WALL PAINTINGS, PHOTOMODELER SCANNER, 3D PRINTING.

## 1. Introducción

El empleo de técnicas de adquisición de datos procedentes de la ingeniería, como el escáner 3D o la fotogrametría, para su aplicación en el proceso de documentación del Patrimonio Cultural se viene produciendo desde hace décadas, con excelentes resultados y un innegable salto cualitativo, proporcionando información mucho más precisa que la que ofrecían los métodos tradicionales, agilizando notablemente el proceso de adquisición de datos (se trata de sistemas de adquisición masiva de información).

Ya sabemos, sin embargo, que no siempre es sencillo realizar proyectos que empleen este tipo de tecnologías, debido a su alto coste y a la necesidad de contar con personal especializado.

Una de estas técnicas, concretamente la fotogrametría digital, se ha beneficiado de un notable avance y una creciente popularidad entre especialistas como arqueólogos, arquitectos o conservadores. Esto se debe, principalmente a que la inversión necesaria para disponer de una estación de trabajo de fotogrametría digital es sensiblemente inferior a la que se debe afrontar para adquirir un escáner 3D.

Por otro lado, la propia técnica fotogramétrica ha evolucionado considerablemente. En el pasado, una cámara específica, métrica, correctamente calibrada, era requisito indispensable para llevar a cabo levantamientos fotogramétricos de yacimientos arqueológicos, además de los restituidores. Más recientemente, desde la aparición de las primeras aplicaciones que permitían trabajar con fotogrametría de haces convergentes, se nos ofrece la posibilidad de utilizar nuestra propia cámara digital; también ésta debe estar calibrada, con la diferencia de que, en este caso, nosotros mismos podemos llevar a cabo el proceso de calibración.

Sin embargo, el mayor avance que se ha producido para que la fotogrametría esté revolucionando el modo en que documentamos el patrimonio se ha producido dentro de la propia técnica fotogramétrica y es el que permite, mediante la integración -en estos software- de algoritmos específicos de tratamiento de imagen, empezar a documentar estructuras u objetos con formas que comúnmente denominamos "orgánicas" (es decir, cuya geometría presenta una gran complejidad).

Hasta ahora, podemos decir que el uso de la fotogrametría de haces convergentes estaba limitada a geometrías que pudieran definirse a partir de pocos planos (como fachadas de edificios). Resultaba inviable aplicar esta técnica a la documentación de estratos arqueológicos, muros parcialmente arrasados, restos óseos o pétreos...etc.; es decir, elementos muy comunes en todo proyecto arqueológico y para los que únicamente contábamos con la documentación clásica... o con el escáner 3D.

Esto significa que, con la aparición de este tipo de tecnologías, que están siendo bautizadas como photo-based scanning (escaneo basado en fotografías), o photogrammetric scanning (escaneo fotogramétrico), tenemos la posibilidad de trabajar con superficies complejas, obteniendo, a partir de fotografías tomadas correctamente (han de cumplirse una serie de parámetros de captura), nubes de puntos, mallas triangulares y, finalmente, un modelo tridimensional completo texturizado.

Entre la gama de aplicaciones existentes que utilizan esta tecnología, nosotros hemos optado por Photomodeler Scanner, desarrollado por la empresa canadiense EOS Systems. La primera versión (Photomodeler) de este popular software permitía realizar levantamientos por medio de fotogrametría de haces convergentes. La siguiente versión (Photomodeler Scanner) supuso un importante salto cualitativo, al integrar algoritmos para la generación de DSM, acrónimo en inglés de Modelado de Superficies Densas, que permitía crear nubes de puntos tridimensionales a partir de fotografías.

Uno de los inconvenientes que sigue planteando, sin embargo, es la obligación de utilizar elementos de referenciación o targets para la identificación de puntos homólogos y la orientación de las imágenes durante la fase de Matching. En el caso de estudio que nos ocupa, esto supone un problema: el hecho de que parte del soporte (la bóveda de roca caliza) en el que se encuentran los paneles con decoración se encuentre en posición horizontal, obliga a adherir de algún modo los targets a la roca. Esto conlleva riesgos de contaminación del entorno inmediato de la decoración, la destrucción de capas superficiales de la roca durante la fase de retirada del adhesivo...etc. Y no podemos argumentar que una de las ventajas de esta técnica es que no es invasiva y no entra en contacto con el objeto que vamos a documentar y, al mismo tiempo, aplicar adhesivos sobre el soporte en el que esta decoración está ejecutada.

Precisamente, la versión más reciente de Photomodeler Scanner incorpora una herramienta denominada Smart Matching, que permite la identificación de puntos homólogos y (por tanto) la orientación de las imágenes, prescindiendo de la colocación de targets sobre la superficie del objeto a documentar. Uno de nuestros objetivos ha consistido en evaluar la eficacia de esta nueva herramienta, documentando uno de los paneles decorados de la Cova del Barranc del Migdia.

## 2. Fases de trabajo

### 2.1. Documentación fotográfica del panel decorado

Para la realización del modelo tridimensional, se ha llevado a cabo una documentación fotográfica completa del panel. La cámara fotográfica empleada ha sido una Canon EOS 1D Mark IV, dotado de un sensor CMOS de 16,1 MP. Nos gustaría subrayar la importancia que tiene, para este tipo de proyectos, la utilización de cámaras fotográficas de alta resolución. Esta

característica las hace especialmente aptas, porque nos permite añadir, al modelo tridimensional, texturas de alta calidad.

Ya hemos mencionado la importancia de calibrar correctamente nuestra cámara. Los valores obtenidos tras el proceso de calibración considerados aptos para conseguir resultados métricamente precisos se encuentran por debajo de 1.00 (error total del proyecto de calibración) y de 0.5 (error residual más alto).

La estrategia de documentación que hay que seguir para obtener una nube de puntos con Photomodeler Scanner difiere en gran medida de la empleada en fotogrametría de haces convergentes. No presenta ninguna complejidad, pero es necesario tener muy presentes ciertos requisitos: mientras que antaño buscábamos documentar el objeto a partir de ángulos opuestos, ahora necesitamos estereopares, pares de fotografías tomadas desde puntos cercanos el uno del otro y, en ambos casos, paralelas a la superficie a documentar. Para ser más precisos, tendremos en cuenta un dato: el base to height ratio o ratio base - altura, en el que base cuenta como la distancia entre los dos puntos de captura y height como la distancia entre ambos puntos y la superficie del objeto. Para obtener buenos resultados, necesitamos mantener ese ratio por alrededor de 0.3. En nuestro caso, la distancia entre los puntos de captura y la superficie decorada era de 140 cm. Por tanto, la distancia entre ambos puntos de captura ha sido de 42 cm.

### 2.2. Inicio de proyecto en Photomodeler Scanner

Para llevar a cabo la obtención del modelo tridimensional hemos utilizado un MacBook con procesador Intel Core 2 Duo, 4 Gb de memoria RAM DDR3 y tarjeta gráfica de 512 Mb. El equipo está particionado y una de las particiones trabaja con sistema operativo Windows; recordemos que uno de los inconvenientes de Photomodeler Scanner es que no es multiplataforma, funciona únicamente en entorno Windows.

Una vez abierto un nuevo proyecto en PMS, introducimos el par de imágenes capturadas previamente.

### 2.3. Procesado de las imágenes. Smartmatching

El siguiente objetivo es el de obtener una nube de puntos del área que nos interesa documentar, delimitada a través del trazado de una ventana.

Esta fase ha centrado una parte importante de nuestros esfuerzos que, como mencionábamos más arriba, consistía en valorar la eficacia de la herramienta Smartmatching de Photomodeler Scanner. Anteriormente, habríamos tenido que emplear targets y adherirlos a la superficie del soporte para usarlos como puntos de referencia. En este caso, sin embargo, hemos sido capaces de crear una nube puntos lo suficientemente densa como para permitirnos documentar con precisión la topografía del área que nos interesa. Y esto se debe a que, durante el proceso, el software ha sido capaz de identificar puntos homólogos a partir de las diferentes fotos que hemos introducido, generando puntos x,y,z. La diferencia con versiones anteriores y otras aplicaciones es que esto se ha llevado a cabo de manera automática, sin necesidad, como decimos, de introducir puntos de referencia externos.

Los parámetros básicos de trabajo para crear la nube de puntos han sido: 1. Resolución de malla: 0.3 mm de distancia entre puntos de la malla. 2. Profundidad de malla: 30 cm.

A continuación hemos introducido diferentes dimensiones (reales), con el objetivo de escalar el modelo y hemos procedido a orientarlo.

#### 2.4. Conversión de la nube de puntos a una superficie

Una vez obtenida la nube de puntos, el paso siguiente ha consistido en generar una superficie continua. El flujo de trabajo es muy similar, de hecho, al que llevamos a cabo con el escáner 3D: obtención de una nube de puntos, triangulación de los puntos y creación de una malla y aplicación de un mapa de texturas. Una vez que finaliza el proceso, podemos exportar el modelo a diferentes formatos.

El tiempo total del proyecto ha sido de 8,15 h. desde la introducción de las imágenes en el software hasta la obtención de la superficie final.

#### 2.5. Precisión del modelo generado.

En este caso nos hemos limitado a extraer medidas reales del panel decorado real, para compararlas con el modelo tridimensional. Las medidas se han obtenido con pie de rey y distanciómetro laser. Los errores recogidos se encuentran, en todos los casos, por debajo de la escala centimétrica.

#### 2.6. Exportación y prueba de impresión 3D.

Durante la siguiente fase hemos exportado el archivo a .stl, formato compatible con impresoras 3D.

Para llevar a cabo esta fase del proyecto, que consistía en la reproducción a escala 1:1 del soporte del panel, contamos con una impresora 3D modelo FR 210 3D, capaz de imprimir en diferentes materiales con una dimensión máxima de piezas de 200 cm x 100 cm, a partir de archivos con datos en forma de coordenadas tridimensionales.

El proceso de impresión, aún en curso, ha comenzado con una primera prueba sobre una plancha de poliestireno expandido. Existen materiales más compactos sobre los que también podemos imprimir. Sin embargo, con este primer resultado, hemos sido capaces de obtener una primera réplica a escala 1:1 que después hemos podido comparar con la panel original, in situ. El proceso de impresión ha durado un total de 47 minutos.

#### 2.7. Siguiendo paso. Perspectivas.

En este momento nos encontramos en fase de evaluación y comparación de los distintos materiales susceptibles de ser impresos en 3D y utilizados como base de la réplica del soporte original. Los criterios principales que estamos utilizando para realizar esta selección son:

1. Estabilidad.
2. Ligereza.
3. Compatibilidad con el material que debe formar la base para la película pictórica.
4. Coste económico del material.

### 3. Imágenes



Figura 1. Detalle del panel x-3 decorado con motivos esquemáticos. Fase de documentación fotográfica.

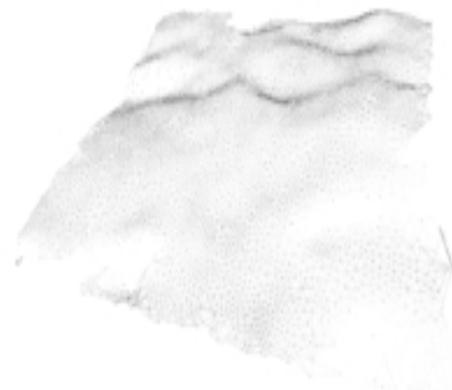


Figura 2. Malla triangular obtenida a partir de la nube de puntos



Figura 3. Modelo 3D con las texturas aplicadas



Figura 4. Ortofoto generada a partir del modelo 3D.



Figura 6. Detalle del proceso de impresión 3D sobre plancha de poliestireno expandido.



Figura 5. Impresora 3D utilizada durante el proceso de creación de la réplica del panel decorado original.



Figura 7. Réplica a escala 1:1 del panel original.

## Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a las personas e instituciones que están impulsando la excavación y difusión del yacimiento de la Cova del Barranc del Migdia, así como a las personas que han colaborado en la documentación tridimensional de los paneles decorados presentes en el yacimiento: Eliseo, Antonio Martínez Castelló, Olimpia Bas Costa y Juan de Dios Boronat Soler.

Por último, nos gustaría agradecer a la Fundación Cirne los esfuerzos por impulsar – de manera altruista– el conocimiento y la puesta en valor de este importante yacimiento a través de la financiación de las sucesivas campañas arqueológica y de los diferentes proyectos de investigación asociados.

## Bibliografía

CASABÓ I BERNAD, Josep (1997): “*Art rupestre al Montgó*”. En *Aguait*, nº 13-14, pp. 183-221.

SCHENK, T. (2002): *Fotogrametría digital*. IIC-Marcombo. Barcelona.

WALFORD, Alan: “*A New Way to 3D Scan. Photo-based Scanning Saves Time and Money*”, en la página oficial de Photomodeler, [online] [http://www.photomodeler.com/downloads/wp\\_mdownload.htm](http://www.photomodeler.com/downloads/wp_mdownload.htm)

Página web de Photomodeler: [www.photomodeler.com](http://www.photomodeler.com)

Catálogo virtual de la Unesco: [http://whc.unesco.org/en/list/874/multiple=1&unique\\_number=1026](http://whc.unesco.org/en/list/874/multiple=1&unique_number=1026)