

Sombreado del MDT de un enterramiento en Al-Madam (E.A.U.).

[El Laboratorio de Fotogrametría de la UPM lleva a cabo trabajos de levantamiento fotogramétrico de objeto cercano y modelización 3D](#)

## Geomática y Fotogrametría, tecnología 3D para recuperar la historia

Explorar tridimensionalmente un enterramiento arqueológico en Al-Madam, disfrutar de igual manera del Discóbolo de Mirón, examinar diversas piezas de aviones Airbus o descubrir también en 3D una réplica del Galeón Flamenco del Museo Naval es posible gracias a la Fotogrametría Digital, una de las tecnologías de las Ciencias Cartográficas de mayor utilidad para campos como la Ingeniería y la Arqueología.

Son algunos de los proyectos llevados a cabo en el Laboratorio de Fotogrametría de la ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía de la UPM, donde los investigadores trabajan para obtener modelos tridimensionales de yacimientos arqueológicos, esculturas o piezas industriales. "Empleamos métodos fotogramétricos de objeto cercano para obtener estos modelos, y proporcionar así una documentación geométrica de piezas de relevante valor, tanto para aplicaciones industriales como de Patrimonio", explica Julián Aguirre, profesor de la UPM y uno de los investigadores del Laboratorio.

La Fotogrametría, una metodología no invasiva de alta precisión que se conoce desde principios del siglo XX, ha visto durante años cómo los elevados costes de los equipos han limitado su uso para otras ciencias que no fuesen las cartográficas.

Con la llegada de la informática y la imagen digital, se ha logrado un abaratamiento de los gastos materiales, que ahora pueden reducirse a un ordenador, una cámara fotográfica digital y un programa informático adecuado. De esta forma, las imágenes digitales se convierten en un soporte de información invariable en el tiempo, indefor-

mable, no invasivo, de fácil almacenaje, que permite una mejor toma de datos y un tratamiento más ventajoso en el momento de la toma o en un futuro.

### ¿En qué consiste este proceso?

El proceso para obtener la representación gráfica tridimensional de un determinado objeto comienza con la calibración de la cámara. Hoy día, las cámaras digitales métricas son muy costosas, mientras que las de uso particular presentan grandes distorsiones en las ópticas de sus objetivos, además de no ser estables a largo plazo. "Si se consiguen controlar de forma precisa estos inconvenientes, se pueden alcanzar precisiones altas con cámaras digitales comerciales", explica Julián Aguirre.

En su trabajo, los investigadores de la UPM utilizan una cámara digital convencional, por lo que tienen que someterla a un proceso de calibración, que se hace en un laboratorio acondicionado para, sumando conjuntos de datos y usando programas específicos de cálculo, llegar al conocimiento de los parámetros internos de la cámara. "El resultado de este proceso permite la reconstrucción de la geometría exacta del haz perspectivo de la toma fotográfica, fundamental en los trabajos fotogramétricos posteriores", explica el profesor de la UPM.

En la siguiente fase, se establece una red de bases permanente que permite definir el sistema de referencia de coordenadas locales, es decir, el sistema tridimensional. Se trata de materializar sobre el terreno una serie de puntos, configurando una geometría de intersec-

ciones múltiples. Desde estas bases, se realizan las observaciones a los puntos de apoyo, materializados a lo largo de todo el objeto.

### Toma fotográfica

Una de las etapas más delicadas del trabajo es la toma fotográfica, ya que condiciona los procesos posteriores. "Condicionantes como la resolución de las imágenes, contrastes, iluminación, campo de visualización, cobertura estereoscópica, número de tomas, alejamientos según precisión y escala fotográficas, etc, permitirán alcanzar los objetivos deseados siempre y cuando en las fases posteriores se trabaje con el mismo criterio", matiza el profesor de la UPM.

La toma se realiza alrededor del objeto para captar todo el volumen del mismo. Además, se puede jugar con la iluminación y hasta con texturas proyectadas sobre el objeto, para facilitar procesos automáticos posteriores.

En la fase de orientación fotogramétrica, los investigadores establecen la relación entre el sistema bidimensional imagen (coordenadas píxel) con el sistema tridimensional objeto (coordenadas locales). Se reconstruye la geometría exacta del haz perspectivo, y se determina su posición y orientación respecto de un sistema de referencia determinado. Obtenidos los modelos tridimensionales, estos expertos proceden a su vinculación con el sistema de coordenadas objeto mediante la orientación absoluta o la *aerotriangulación*.

### Generación del modelo digital

El siguiente paso es dibujar las líneas de ruptura, en las que la pendiente cambia de forma abrupta, que ayudarán al programa a definir perfectamente la morfología del objeto. A continuación, se obtiene una malla regular de puntos por correlación automática a lo largo de la superficie del objeto. Esta información sirve para generar el modelo digital del objeto. A partir de él y de la orientación externa de los fotogramas, se consiguen las ortofotos. En otras palabras, se le da a las imágenes obtenidas carácter métrico.

Realizados los modelos digitales del objeto y las ortofotografías, se fusionan para obtener la modelización 3D virtual, perfiles transversales y longitudinales, cartografía, creación de perspectivas de interés o cubicación y comparación de volúmenes.

Este fue el proceso seguido en algunos de los proyectos realizados por el equipo de investigadores de la UPM. Entre otros, el levantamiento fotogramétrico del yacimiento arqueológico de "Casa Montero" (San Fernando de Henares, Madrid), de petroglifos en "Campo Lameiro" (Pontevedra) o de un enterramiento del emplazamiento arqueológico de Al-Buhais 18, en la región de Al-Madam (Emiratos Árabes). En el primer caso, el trabajo permitió obtener una serie de perfiles longitudinales y transversales de la zona de estudio, para poder ubicar diferentes estratos de sílex que justificasen la posición de los pozos excavados, explica Julián Aguirre.

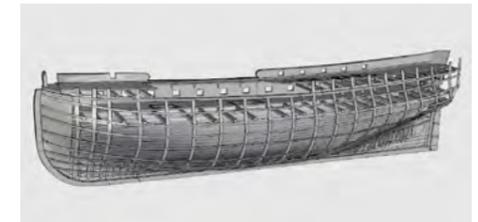
También han desarrollado la modelización 3D del "Discóbolo de Mirón" o de una roca granítica prerromana, tallada con las que "se cree fueron las primeras inscripciones en la Península Ibérica, y que fue localizada en el yacimiento arqueológico El Cerro de la Mesa, en un vado del río Tajo, en el municipio de Alcolea del Tajo (Toledo)", señala.

Pero la aplicación de sus trabajos no se reduce al ámbito de la Arqueología y han realizado la modelización 3D de diferentes piezas de utillaje de aviones Airbus, el seguimiento y modelización de la destrucción de modelos de presas de materiales sueltos con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), y la modeliza-

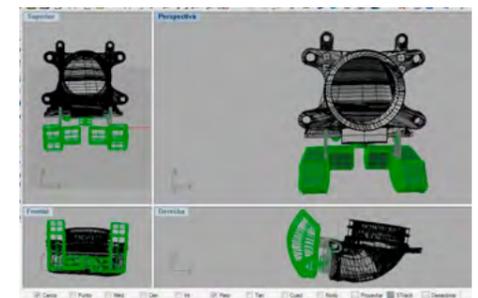
ción de dos modelos de barcos del Museo Naval de Madrid, el MNM-23, fragata de 44 cañones, y el Galeón Flamenco, modelo de 1593 que constituye la única representación en tres dimensiones conservada de una embarcación del siglo XVI.

En la actualidad, siguen embarcados en la colaboración con el Museo Naval, realizando la modelización de una sección de La Capitana. "Se trata de algunos de los proyectos de mayor relevancia que hemos desarrollado y que, como se aprecia, están relacionados con varios campos. En su momento, también intentamos introducirnos en el mundo de la seguridad vial, con una colaboración con el INSIA mediante un proyecto para el Plan Nacional, en el control de calidad en el montaje de antenas parabólicas, o incluso en la modelización de células segregadas por el ojo humano, proyectos que no se pudieron llevar a cabo por diferentes razones", indica el profesor de la UPM.

Son ejemplos de proyectos de Fotogrametría de objeto cercano, pero no hay que olvidar que en este Laboratorio de la UPM también trabajan otras técnicas, como el láser escáner, el LiDAR o la Fotogrametría aérea que, en muchos casos, integran en la búsqueda de la mejor calidad y eficacia. "Ése es nuestro futuro, establecer puentes con otros campos a los que podemos aportar mejoras en la medida, representación y localización de sus objetos de estudio", concluye.



Perspectiva virtual del modelo del Galeón Flamenco.



Modelo de rejilla de una pieza de avión.



Modelo tridimensional del Discóbolo de Mirón.