



# La realidad virtual y el análisis científico: De la nube de puntos al documento analítico

Mercedes Farjas, Ernesto Moreno y Francisco J. García Lázaro

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España.

## Resumen

Desde la Topografía hemos estado trabajando en obtener la modelización tridimensional de elementos arqueológicos haciendo uso de los sistemas láser escáner de corto, medio y largo alcance. Hemos efectuado el modelado de piezas arqueológicas para museos, levantamientos de yacimientos para equipos científicos y documentación general de áreas de interés cultural.

En este artículo pretendemos exponer cómo habiendo llegado a un punto de vista lleno de escepticismo, en el que se podía pensar que la realidad virtual había encontrado un límite en la representación de la arqueología, se puede iniciar un nuevo camino. Proponemos una búsqueda de nuevos modos y procedimientos de análisis con la información recopilada, en definitiva de nuevos documentos para la interpretación científica de la arqueología que participen en la creación de conocimiento, desde las nubes de puntos adquiridas en campo.

En este trabajo exploramos los documentos de análisis que son utilizados actualmente en el proceso de creación de modelos de realidad virtual e iniciamos la búsqueda de nuevos planteamientos.

**Palabras Clave:** REALIDAD VIRTUAL, MODELIZACIÓN, LÁSER ESCÁNER, NUBE DE PUNTOS, EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS.

## 1. LA REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual es una simulación tridimensional interactiva mediante ordenador, en la que el usuario se introduce en un ambiente artificial que percibe como real. Este escenario debe cumplir unos requisitos mínimos de simulación o capacidad de representación, de interacción usuario-modelo y de percepción sensorial por parte del usuario.

El término realidad virtual lo encontramos ubicado en múltiples disciplinas, en las que se pretende contar con una fantasía de lo real, con una representación que pueda ser objeto de aplicación práctica, técnica o conceptual. Desde los años 50, donde sitúan los investigadores el comienzo de esta disciplina, hasta el día de hoy, los sistemas de captura, tratamiento y representación han sido variados, y han ido evolucionando en el tiempo a la par que lo hacían los ordenadores, para lograr alcanzar la potencia necesaria que requerían los procesos de cálculo.

## 2. TOPOGRAFÍA Y MODELOS 3D

En el devenir de la ciencia, las técnicas topográficas y cartográficas han estado tradicionalmente ligadas al estudio y representación del terreno, en cualquiera de sus estados o situaciones, obteniéndose resultados digitales en dos o tres dimensiones. Estas técnicas han ido variando poco a poco su concepción primaria monotemática hacia una situación más generalista y multidisciplinar, convirtiéndose en apoyo o soporte para otras ciencias.

Una de las disciplinas en la que la colaboración está siendo cada vez más intensa, es la arqueología. Las ciencias cartográficas y la

arqueología están encontrando puntos comunes de trabajo, uno de los cuales es la representación virtual de escenarios de interés arqueológico. En este sentido, las tecnologías de modelización permiten la adquisición de datos utilizando diferentes equipos y métodos para obtener la representación 2D y 3D de objetos, edificios, estatuas, yacimientos arqueológicos y superficies, centrando las investigaciones en obtener y modelizar, estos elementos.

Desde la topografía tradicional, el proceso comienza con la adquisición de nubes de puntos, y a continuación se procede a su edición, antes de llevar a cabo la triangulación del modelo y los procesos de curvado u obtención de modelos digitales que posteriormente pueden ser tratados con texturas. Los productos derivados más usuales han sido modelos mallados, videos hiperrealistas y ortoimágenes. A modo de ejemplo recogemos la representación virtual del levantamiento a escala 1/500 con receptores GPS, de la zona arqueológica de Mleiha, en el Emirato de Sharjah [Figura 1].



Figura 1: Representación virtual del Levantamiento a escala 1/500 con receptores GPS de la zona arqueológica de Mleiha en el Emirato de Sharjah.

Los sistemas de captura han evolucionado y un hito importante fue la incorporación de los sistemas láser escáner 3D. En España aparecieron en el año 2003 [Figura 2] y comenzamos a experimentar con ellos en aplicaciones para patrimonio y arqueología, aceptando el reto de investigar en la modelización tridimensional con nubes de puntos de gran tamaño.

Con estos sistemas de adquisición se capturan datos sin discriminación previa de puntos y se obtiene de forma rápida modelos 3D. Desde esta captura global se puede analizar la singularidad del detalle, frente a los sistemas tradicionales en los que se capturaban puntos para imaginar sobre ellos superficies.

Una vez finalizada la toma de datos se efectúa el tratamiento de la información capturada. La mayoría de los equipos láser escáner tienen asociado un programa informático de tratamiento y visualización de datos. Este programa está preparado para recibir y tratar la elevada cantidad de puntos de cada toma, que colapsan los sistemas tradicionales de CAD.

El tratamiento de datos requiere unos procesos grandes y en algunos de los casos algo tediosos, pero aún así la incorporación de las técnicas escáner 3D, han permitido agilizar los sistemas de modelización. Esta situación unida a la precisión de las tomas y a la posibilidad de disponer de métrica espacio tiempo, hace posible que en el modelo final de realidad virtual, el usuario se encuentre con una imagen cercana a su realidad tridimensional.

Las fases de un proyecto con láser escáner las podemos dividir en:

- Adquisición de datos
- Tratamiento y procesamiento de la información
- Explotación 2D y 3D del modelo de nube de puntos
- En concreto los pasos a seguir son:
- Pre-edición de cada toma. Si la toma es demasiado densa se puede proceder a un remuestreo.
- Registro de cada nube de puntos al sistema de referencia del proyecto escogido, generalmente local o global.
- Eliminación de puntos indeseados y erróneos y de toda la información duplicada en áreas de solape mediante filtrado.
- Segmentación en tres dimensiones de la nube de puntos.
- Extracción de geometrías.
- Modelado tridimensional de entidades.
- Relleno de zonas huecas.
- Simplificación de entidades.

A modo de ejemplo se presenta la actuación para documentar el yacimiento arqueológico de Minateda, mediante equipos láser escáner 3D, siguiendo todo este proceso [Figura 3].

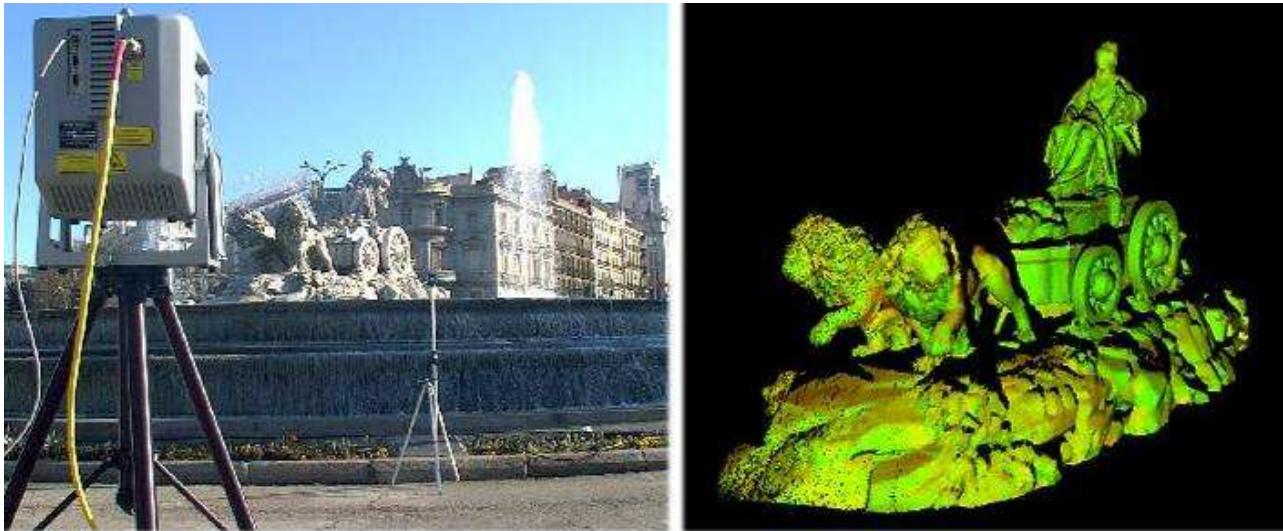


Figura 2: Captura de la Fuente de Cibeles mediante equipos Láser. UPM-Leica (2003) - Equipo CYRAX 2500 Leica- Geosystem

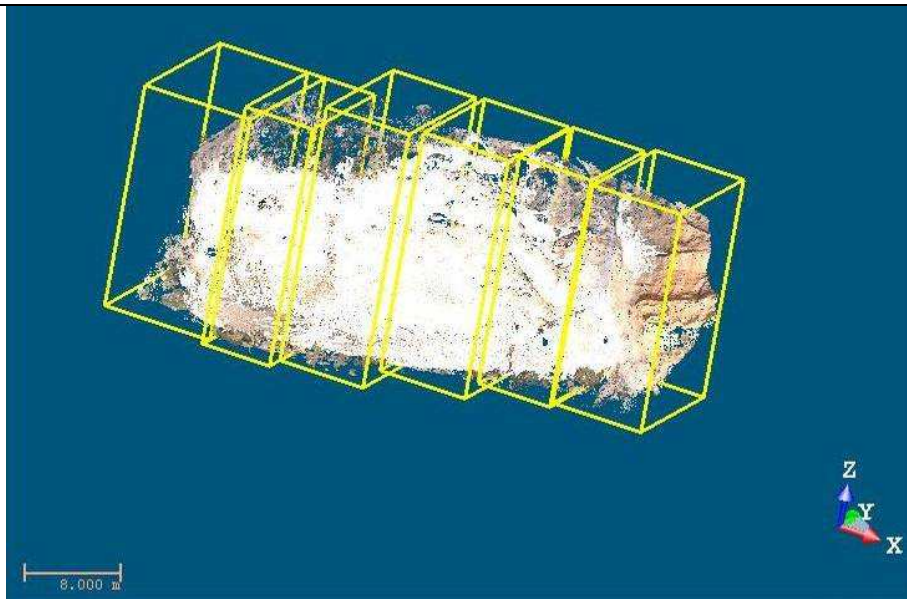


Figura 3.a : Nube de puntos del Abrigo prehistórico de Minateda



Figura 3.b: Asignación de color a la nube de puntos

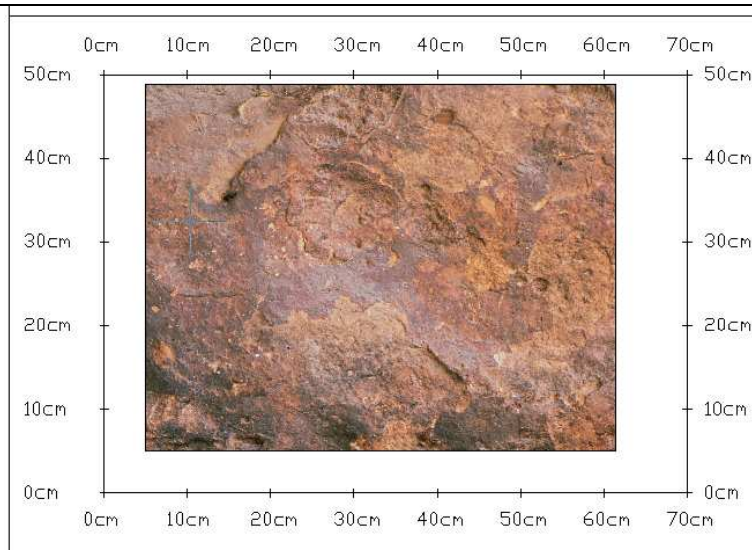


Figura 3.c: Detalle de uno de sus paneles arqueológicos a escala 1/20

Figura 3: Obtención del modelo del abrigo prehistórico de Minateda



### 3. BÚSQUEDA DE NUEVOS DOCUMENTOS ANALÍTICOS DESDE LOS SISTEMAS LÁSER ESCÁNER

Como hemos indicado anteriormente, la realidad virtual (RV) en arqueología se ha convertido en algo cotidiano con productos que se han incluido en museos, aplicaciones multimedia y páginas web.

En esta situación, y cuando empiezan a repetirse los planteamientos, hemos parado nuestra actuación productiva y estamos dedicando nuestro pensamiento al análisis.

Se dice que toda investigación comienza cuando nos encontramos ante una pregunta o incertidumbre que nos hace cuestionarnos una situación e iniciar una búsqueda. Nosotros nos planteamos las siguientes preguntas:

*¿Qué productos de RV son usados a nivel científico?*

*¿Por qué la RV está centrada en la representación hiperrealista?*

Y en este artículo pretendemos iniciar el camino hacia la respuesta a la primera de ellas.

La cuestión que queremos plantear en este trabajo es analizar el hecho de una realidad: la potencia de la herramienta RV es inmensa y las dificultades técnicas superadas para llegar a ella también. Sin embargo, la explotación de los resultados y de los documentos obtenidos durante todo el proceso es mínima.

La situación actual muestra un panorama en el que tras haberse superado los problemas tecnológicos, el documento final es poco más que un video. La realidad virtual se dirige hacia el hiperrealismo y se detiene cuando lo alcanza, tirando a la basura todos los productos intermedios o archivos tratados.

Por un lado en el modelo hiperrealista de realidad virtual obtenido no es usado por los especialistas en arqueología desde los programas originales de tratamiento de datos, quedando reducida la utilización a mostrar el video en formato .avi o similar. Este modelo hiperrealista o tendente a serlo, podría ser obtenido con costes mínimos y resultados semejantes mediante cámaras tradicionales de video o fotografías. El aporte métrico de los modelos de realidad virtual obtenidos desde los sistemas láser escáner no queda accesible de modo sencillo al investigador en ciencias sociales. Es ésta la línea de trabajo que pretendemos abrir delimitando los puntos críticos del proceso e intentando definir instrumentos de fácil manejo y bajos costes, que introduzcan la realidad virtual con toda su potencia a la investigación y creación de conocimiento, en sentido estricto.

#### Explotación 3D

Los métodos de adquisición de datos actuales, permiten obtener modelos digitales del objeto, desde ellos puede trabajarse con productos derivados de los ficheros 3D de nubes de puntos y triangulación, de los modelos sólidos y de los modelos texturizados.

Recordemos que un modelo digital del terreno (MDT) genera una estructura de datos que puede ser tratada por los programas informáticos. Esta estructura numérica de información representa la distribución espacial de la superficie, considerada como una variable cuantitativa y continua. En este sentido aporta una maqueta de la realidad en el que adquiere una especial

importancia la conservación de las proporciones o relaciones espaciales relativas.

- **Nubes de puntos y triangulación.**

El documento 3D con la nube o puntos se obtiene de los datos de campo, con un tratamiento de procesamiento topográfico. Para poder realizar el modelo completo de una superficie exterior cuando se han realizado múltiples tomas desde distintos ángulos, para poder registrar el área en su totalidad, al de unirse todas ellas para representar el objeto. Cada una de las tomas genera una nube de puntos en un mismo sistema de coordenadas, sistema de referencia local perteneciente al instrumental que se haya usado. Para solucionar ese problema se realizan alineaciones o transformaciones entre cada una de las tomas y se obtienen el modelo completo en un único sistema de referencia. Este modelo puede ser triangulado utilizando los algoritmos del programa que se esté utilizando en cada caso.

- **Modelo sólido y texturizado.**

El modelo sólido es generado después de la alineación de todas las tomas del objeto, tanto las individuales, como las de que forman parte de los grupos o familias. En la representación tridimensional se busca el modelo completo, pero también se pueden buscar modelos parciales de alguna zona o cara.

Dependiendo principalmente de las formas del objeto y de la manera de llevar a cabo la toma de datos, en la superficie generada podrán quedar huecos producidos por la falta de información. Esta falta se produce por zonas de sombra, áreas del objeto en las que no sea posible llevar a cabo la toma de datos o aquellas que se han producido durante la toma por ocultamientos de unos elementos, normalmente hundidos, producidos por otros del propio objeto más prominentes. Si no se diseña de forma adecuada la adquisición de datos también pueden producirse huecos en el modelo por quedar alguna zona del objeto sin datos. Si los huecos fueran de tamaño mayor que la tolerancia que tenga que cumplir el modelo, estos no deberían rellenarse de forma automática y si se rellenan habría que hacerlo de manera que se diferencien estas zonas. También puede optarse por completar la información con una nueva adquisición directa de datos, con el equipo topográfico que corresponda.

El modelo se puede simplificar reduciendo el número de triángulos por si necesita utilizar alguna aplicación que así lo requiera. Para ello los programas ofrecen la opción de realizar un pulido para hacer suavizados de zona, generación de aristas o caras en elementos con bordes duros, eliminación de posibles ruidos o elementos, etc.

Sobre el modelo sólido, puede obtenerse el modelo texturizado. La ventaja que tiene el equipo escáner láser es que permite el registro de las texturas a la vez que toma las nubes de puntos y pueden ser procesadas de forma simultánea.

Una vez obtenidos los dos tipos modelos del objeto, el sólido y el texturizado, se pueden exportar los datos para realizar animaciones y simulaciones infográficas, para su uso científico e histórico, y para otros usos dependiendo de las características del objeto escaneado.

**Explotación 2D**

Si bien todos los productos de representación indicados en el apartado anterior, ofrecen un enorme potencial de uso, tal como venimos planteando en el presente trabajo, la formación que requieren en tecnologías específicas, ha dificultado su uso real en la investigación. Es por ello por lo que consideramos interesante, que se recurra a productos tradicionales de representación cartográfica, mediante representaciones 2D que indiquen la geometría de los modelos.

A modo de ejemplo se presenta la documentación cartográfica obtenida en el yacimiento arqueológico de *Galería*, en Atapuerca (Burgos), a partir de la ortofotografía del modelo.

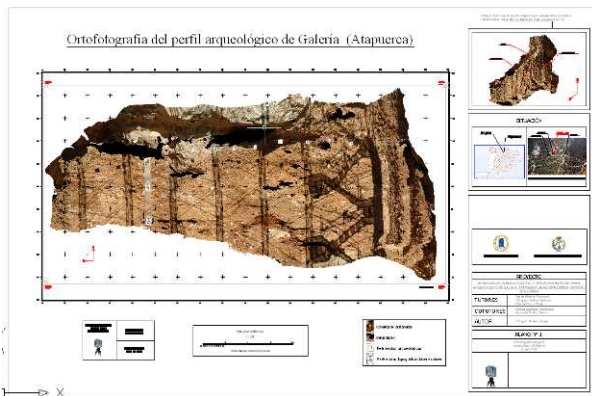


Figura 4: Cartografía a escala 1/30 del yacimiento arqueológico de *Galería*

Para la documentación gráfica de la fachada principal del Palacio del Infantado de Guadalajara, se utilizó el uso de homografías apoyadas en un levantamiento láser escáner. Para ello se usó la aplicación infográfica Homograf.1, como módulo complementaria de un programa de dibujo asistido por ordenador, en nuestro caso el programa AutoCad. La aplicación Homograf.1, resuelve directamente las homografías planas, y facilita considerablemente la representación métrica arquitectónica. Se adjunta un ejemplo de los resultados obtenidos.

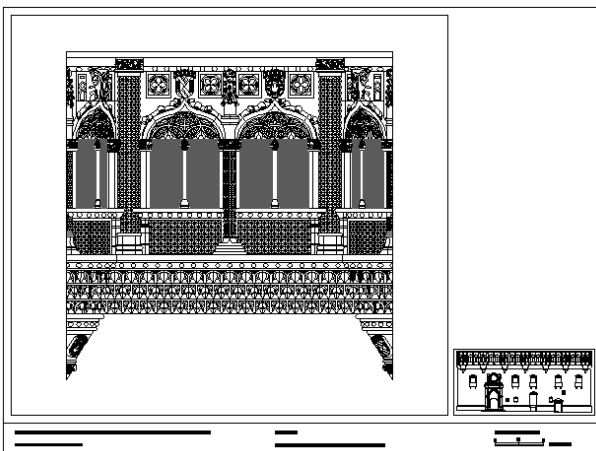


Figura 5: Detalle de la cartografía a escala 1/20 de la parte superior de la fachada principal del Palacio del Infantado (Guadalajara)

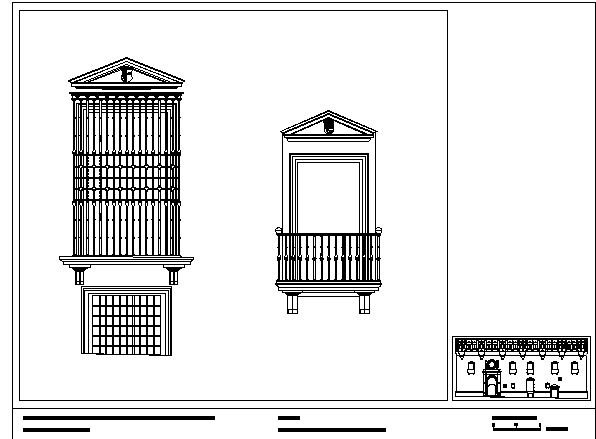


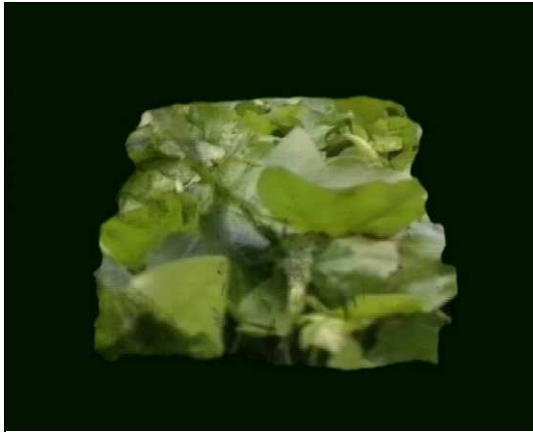
Figura 6: Detalle de la cartografía a escala 1/20 de las ventanas del Palacio del Infantado (Guadalajara)

**4. CONCLUSIÓN**

Planteamos el análisis sobre qué productos del proceso de creación de RV pueden ser útiles para el análisis científico, atendiendo al perfil de los usuarios, intentando identificar nuevos productos finales de análisis y dar respuesta a la cuestión parcial:

*¿Es necesario completar todo el proceso de RV en la documentación arqueológica?*

La RV es una autentica realidad y se ha demostrado su gran utilidad en museológica y exposición, pero apenas se utiliza en la generación de nuevo conocimiento científico. Pretendemos analizarlo desde el punto de vista del análisis científico, concretando qué productos obtener en dos y tres dimensiones, y la utilidad real de los mismos. Es como un gran “elefante dormido” al que queremos despertar. No se trata sólo de aplicar las tecnologías obtener el modelo y trabajar en su representación o reconstrucción virtual, pretendemos que se trascienda este momento, apoyándose en formas de interpretación que vayan más allá.



Para finalizar presentamos esta idea con el trabajo realizado por Martin Carril Obiols, sobre la modelización de un capitel.

El objeto, a través de las nuevas tecnologías de divulgación, adquiere una singularidad, una vitalidad propia. Es como si la textura de la piedra fuera la piel curtida de un rostro, en la que se refleja lo vivido.

El capitel tiene su propia historia, que se extiende desde el momento en que hace siglos un escultor extrajo de la piedra su forma, hasta la eternidad.

Descubrimos la magia del objeto, que es como un meteorito que recorre nuestro espacio-tiempo danzando y continúa su viaje para mostrar algo del pasado a las generaciones venideras. Su viaje por las aguas y su descubrimiento, brotando ante nuestros ojos como una planta pétreo embozada en sus hojas de acanto, nos revela que es algo más que un hallazgo de interés arqueológico.

Nos regala su permanencia en un tiempo en que todo es fulgurante y perecedero, nos introduce en el laberinto de sus sinuosos perfiles, que un niño intenta dibujar.

Al contemplarlo reflexionamos sobre el tiempo, nuestro don más preciado, ya que las personas somos sólo las piedras que forman el gran arco de la historia, y nuestra tecnología se pone al servicio de la belleza.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolla dentro del proyecto I+D: HAR2008-04118/HIST (Segeda y Celtiberia Septentrional: investigación científica, desarrollo rural sostenible y nuevas tecnologías), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y los fondos FEDER y el Proyecto PADCAM (El Patrimonio Arqueológico y documental de la Comunidad Autónoma de Madrid: Sistematización, gestión, puesta en valor y difusión desde el ámbito local del marco europeo) financiado por la Consejería de Educación, de la Comunidad de Madrid.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARBER (2004). Towards A Standard Specification For Terrestrial Laser Scanning In Cultural. Comisión V, WG V/2 ISPRS Estambul. ISPRS( International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Commission V, WG V/2
- BRACCI S., FALLETTI F., MATTEINI M., y SCOPIGNO R. (2004). Explorando David: diagnóstico y estado de la conservación. Giunti Press. Italia.
- DEMIR (2004): Laser Scanning For Terrestrial Photogrammetry, Alternative System Or Combined With Traditional System?. Comisión V, WG V/2 ISPRS Estambul. ISPRS( International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Commission V, WG V/2.
- FARJAS, M. (Ed.) (2007). El registro en los objetos arqueológicos: Métrica y Divulgación. Spain: Reyferr. ISBN 978-84-611-6456-1
- FARJAS, M. & GARCÍA-LÁZARO, F. J. (Eds.) (2008). Modelización Tridimensional y Sistemas Láser Escáner. Madrid, Spain: La Ergástula.
- LIFCHITZ MORALES, Claudia; DE LA ROCHA GÓMEZ, Mercedes (2010). Levantamiento a escala 1/200 mediante láser escáner 3D de la fachada principal del Palacio del Infantado, Guadalajara
- Proyecto Final de Carrera, no publicado, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- LÓPEZ GONZÁLEZ, Jaime (2008). Levantamiento mediante láser escáner 3D de un abrigo paleolítico en el yacimiento de Hellín (Albacete). Proyecto Final de Carrera, no publicado, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- VÁZQUEZ PELAEZ, Sergio (2008). Levantamiento mediante Láser Escáner 3D de la zona de Los Zarpazos en el yacimiento arqueológico de Atapuerca (Burgos) Proyecto Final de Carrera, no publicado, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- WOLTRING (1995), Smoothong and differentiation techniques applied to 3D data. Champaign, Illinois, USA: Human Kinetic