

# Observaciones sobre el proceso de documentación 3D mediante fotogrametría.

Avido, Daniela Noemi y Vitores, Marcelo.

Cita:

Avido, Daniela Noemi y Vitores, Marcelo (2019). *Observaciones sobre el proceso de documentación 3D mediante fotogrametría. XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Universidad Nacional de Córdoba; IDACOR-CONICET, Córdoba.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/danavido/27>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pzBp/q0n>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.  
Para ver una copia de esta licencia, visite  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>.

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

# XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina



## Libro de Resúmenes

Permitida su reproducción, almacenamiento y distribución por cualquier medio, total o parcial, con permiso previo y por escrito de los autores y/o editor.



Primera edición: Julio de 2019

Congreso Nacional de Arqueología Argentina

Libro de Resúmenes XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina : 50 años de arqueologías ; compilado por Andrés Laguens ; Mirta Bonnin ; Bernarda Marconetto ; editado por Thiago Costa da Silva ... [et al.]. - 1a ed . - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1538-5

1. Arqueología. I. Laguens, Andrés, comp. II. Bonnin, Mirta, comp. III. Marconetto, Bernarda, comp. IV. Costa da Silva, Thiago, ed. V. Título.

CDD 930.1

© IDACOR

### **Compilación general**

Mirta Bonnin, Andrés Laguens, María Bernarda Marconetto

### **Diagramación**

Cecilia Argañaraz; Thiago Costa; Veronica Mors; Ornella B. Pedetti; Mariela Zabala

### **Compilación de capítulos**

Coordinadoras y coordinadores de mesas y simposios

ISBN 978-950-33-1538-5





## Capítulo 36

# **MODELANDO EL PASADO EN ARQUEOLOGÍA. INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN MEDIANTE MODELOS TRIDIMENSIONALES**

Compilación

*Joaquín I. Izaguirre y Alejandro A. Ferrari*

---

## OBSERVACIONES SOBRE EL PROCESO DE DOCUMENTACIÓN 3D MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA

Daniela Ávido<sup>1</sup>, Marcelo Vitores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museo Histórico Municipal de La Matanza. Herrera 5700, Virrey del Pino (B1763). ArqueoLab-UBA, Instituto de Arqueología. 25 de Mayo 217, 3° piso, (C1002ABE), C.A.B.A. danavido@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Luján, ProArHEP. Ecuador 871 (C1214) C.A.B.A. ArqueoLab-UBA, Instituto de Arqueología. 25 de Mayo 217, 3° piso (C1002ABE), C.A.B.A. marcelovitores@yahoo.com.ar

**Palabras clave:** documentación arqueológica - fotogrametría - 3D - modelado basado en imágenes

Las técnicas fotogramétricas para la recreación tridimensional son de aplicación creciente en la práctica arqueológica de campo y gabinete, en distintas escalas y materiales. Cada una de estas variables interactúa con las otras condicionando las diagramaciones posibles de la adquisición de datos. Omitiremos aquí su contraparte, los procedimientos para almacenamiento y difusión de los modelos, pues requieren una discusión independiente, que destaque la documentación del proceso y sus productos mediante metadatos y un plan de conservación, lo que en conjunto podría implicar aspectos más institucionales de la labor. Pero el relevamiento, sin desvincularse completamente de lo anterior, abre lugar a más implementaciones individuales de soluciones. En este marco proponemos un repaso de experiencias en el modelado 3D con programas de base fotogramétrica, reflexionando sobre procedimientos, configuraciones y dificultades del registro en diversos materiales y entornos. Los casos trabajados incluyen el registro de superficies excavadas, soportes rupestres, hallazgos arqueológicos y materiales de referencia no arqueológicos.

### Antecedentes

Mucho antes de la irrupción digital, ha habido aplicaciones arqueológicas, primero de la fotografía estereoscópica con fines ilustrativos (Saletta 2010) y luego de la fotogrametría analógica, ésta última no sólo para el mapeo a partir de imágenes aéreas sino también en la reconstrucción tridimensional de soportes rupestres (Turpin *et al.* 1979). La posterior informatización facilitó tediosos cálculos o procedimientos mecánicos. Varias implementaciones de software tridimensionaban puntos a partir de pares de fotografías en donde era requisito, por ejemplo, la posición y ángulo mutuo de las cámaras (un ejemplo para arte rupestre en Arias *et al.* 2012). Otros programas, aplicables a la escala artefactual, generaban volúmenes a partir de la intersección de contornos del objeto a registrar, que representa una sistematización de una estrategia propia del diseño manual. Aunque la técnica genera sólo volúmenes convexos (requiriendo retoques de postprocesado en objetos con concavidades), resultó conveniente a, por ejemplo, museos que deseaban mostrar en línea versiones virtuales de sus colecciones. Una ventaja para el registro era que el software calculaba por sí mismo las posiciones de la cámara a partir de bases con marcas (“*targets*”). Programas *propriadamente fotogramétricos* (*i.e.* destinados a calcular dimensiones a partir de imágenes) aprovechaban muchas de estas estrategias y, como una extensión de sus funciones, comenzaron a ofrecer la creación de modelos tridimensionales a partir de las imágenes calibradas. Sin embargo, es con la técnica *Structure from motion* (sfm) que comienzan desarrollarse aplicaciones más amigables, al emplear un conjunto de algoritmos que identifica puntos entre diferentes imágenes y calcula la posición de las cámaras sin requerir que éste sea un parámetro cuidadosamente fijado durante el registro (Moulon y Bezzi 2011). El uso de tomas no estructuradas, incluso habilita el

modelado sobre la base de fotografías preexistentes, realizadas con otros objetivos (Ávido y Vitores 2015). A lo anterior se suma una mayor disponibilidad de software libre de código abierto, que permite la reutilización de los algoritmos y el desarrollo de interfaces gráficas de usuarios que facilitan su adopción a usuarios no expertos, sin experiencia en dar instrucciones mediante líneas de comando. Debe observarse que lo que actualmente realizamos los arqueólogos para nuestras reconstrucciones tridimensionales no es estrictamente fotogrametría, sino más genéricamente *modelado basado en imágenes* (Moulon y Bezzi 2011; Skarlatos y Kiparissi 2012). Si bien estas técnicas se fundamentan en la fotogrametría, solemos operar al nivel de usuarios no expertos, buscando los productos 3D sobre los que luego podremos realizar mediciones o no. Este posicionamiento no es peyorativo, sino que, por el contrario, anticipa una de las mayores potencialidades de la técnica.

### Experiencias y observaciones

Los ensayos referidos se realizaron irregularmente a lo largo de algunos años, con un fin exploratorio. Otros autores se han ocupado de contrastaciones de las técnicas en mayor detalle (Falkingham 2016, 2017; Skarlatos y Kiparissi 2012; Santagati e Inzerillo 2012).

Las experiencias comentadas cubren una serie de casos, desde objetos y fragmentos pequeños (Vitores y Ávido 2013) hasta superficies excavadas y soportes rocosos (Vitores y Ávido 2016). En ciertos casos, se realizaron tomas fotográficas anticipando su uso en el modelado sfm mientras que en otros, se reutilizaron datos de archivo (Ávido y Vitores 2015).

Los software utilizados fueron *Python Photogrammetry Toolbox - GUI* ([www.arc-team.homelinux.com/arcteam/ppt.php](http://www.arc-team.homelinux.com/arcteam/ppt.php)), *Regard3d* ([www.regard3d.org/](http://www.regard3d.org/)), y *VisualSfM* (<http://ccwu.me/vsfm/>). Todos ellos recurren a combinaciones de los algoritmos *sift*, *bundler*, *pmvs*, *cmvs* y *mve*. Asimismo, en la edición de las nubes de puntos y mallas se utilizó Meshlab ([www.meshlab.net/](http://www.meshlab.net/)).

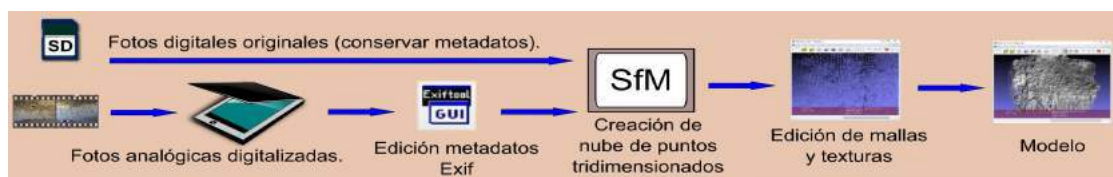


Figura 1. Flujo de trabajo, desde la captura de datos hasta la edición (Ávido y Vitores 2013).

### Aspectos relativos a la captura de datos

El registro fotográfico, a partir del cual se conforma un corpus para el modelado basado en imágenes, tiene particularidades que pueden influir en el resultado obtenido. Pueden surgir inconvenientes debido a las deformaciones propias de cada tipo de objetivo (según la distancia focal), así como la profundidad de campo, el ruido introducido por un ISO de sensibilidad alta, dominancias de colores, balance de blancos, sin dejar de mencionar problemas más comunes relativos al encuadre, enfoque y estabilidad. Algunas características propias del tipo de material fotografiado, además, suelen requerir cuidados especiales, como los reflejos de los materiales brillantes como el vidrio, el metal y, en algunos casos, el óseo.

En términos generales el registro para el modelado sfm depende de condiciones estables de iluminación y disposición de los elementos de la escena. Deben obtenerse vistas de todas las perspectivas (ver esquemas en Vitores y Ávido 2013, 2016). Asimismo es clave la suficiente superposición y solapamiento entre tomas para obtener un modelo continuo, lo que importa más que la resolución de la fotografía. El mayor cuidado se requiere para obtener imágenes nítidas, con buena profundidad de campo y sin trepidaciones. El enfoque siempre es más crítico al fotografiar de cerca (por ejemplo artefactos o ecofactos pequeños) que en la captura de escenas a distancias medianas, como se requiere para un alero, estructura o área de excavación.

La geometría de lo reconstruido influye la probabilidad de éxito. Una superficie con relieve se captura y procesa con facilidad (por ejemplo, el pozo de una excavación, un panel rupestre o incluso el interior completo de un alero) mientras que un volumen cerrado presenta más dificultades. En el primer caso las tomas suelen realizarse en un trayecto circular, concéntricas sobre el centro de interés, facilitando la solución de posiciones; mientras que para los volúmenes cerrados (como es cualquier artefacto) las reconstrucciones tienen que ser muchas veces parciales y ensamblarse a posteriori (elevar las piezas con soportes poco obstrusivos, por ejemplo alambres, puede atenuar en parte la situación, pero no es aplicable en todos los casos). Las proporciones del volumen también influyen. Objetos oblongos, como es un hueso largo, son difíciles de mantener completamente en foco en las vistas proximal y distal. Las cavidades, como el interior de una vasija algo restringida, implican un desafío a la iluminación uniforme (en especial por la inevitable interposición del operador al querer realizar la toma) y por la imposibilidad de posicionar dentro la cámara para captar las suficientes perspectivas.

La técnica es independiente de la escala, aunque la toma en sí se dificulta en casos extremos como la fotografía macro, principalmente por la escasa profundidad de campo. Adecuando la cantidad y cercanía de las tomas, un modelo puede contener resoluciones múltiples en sus partes, según se necesite (por ejemplo una resolución menor para la superficie de excavación, incrementada en un rasgo dentro de la misma, por ejemplo Vitores y Ávido 2013).

En el campo el tiempo de registro es breve y no obstruye otras actividades (es mayor para el posterior procesado). Normalmente se hace con luz natural y el operador se mueve alrededor para fotografiar. Conviene que cada serie de fotos (orientada a una reconstrucción parcial) no se prolongue tanto para evitar que cambien las condiciones de iluminación. En gabinete puede faltar espacio para desplazamientos, prefiriendo fijar la cámara y mover el objeto, pero esto requiere una disposición muy cuidadosa (y homogénea) de la iluminación. La solución más sencilla es una base giratoria con una luz cenital centrada en el eje rotatorio, y suprimir otras fuentes. El flash, por ser móvil, es una perturbación potencial al esquema de iluminación y sólo resultó viable como luz de relleno en casos puntuales.

La textura de los materiales (relieve y color) influye la resolución del modelo. Los más heterogéneos e irregulares facilitan más puntos identificables, en tanto que los homogéneos y repetitivos pueden producir zonas vacías. Los materiales reflectantes (metal, vidrio, lítico o superficies pulidas) imponen un desafío visual similar, por lo que puede convenir opacarlos con un material removible, luego de unas tomas preliminares para captar la textura original. Las superficies homogéneas pueden requerir la colocación de marcas a intervalos regulares o en rasgos a destacar para facilitar un mejor relevamiento de su geometría.

### **Aspectos relativos al archivo de los objetos digitales**

Cuando las fotografías son descargadas y archivadas, debe tomarse el recaudo de mantener los originales y hacer cualquier modificación sobre copias. Esta recomendación se fundamenta en la necesidad de los metadatos originales para la calibración automática que ofrecen algunos programas. Respecto de las nubes de puntos, las mallas y los modelos finales deben tomarse los mismos recaudos, trabajar sobre copias y resguardar los originales.

### **Aspectos relativos al destino del modelo 3D**

Tener en cuenta qué tipo de actividades se realizarán con el modelo 3D resultante es importante para una captura de datos más eficiente. El modelo puede tener como destino la manipulación virtual (e. g. colecciones de referencia), la impresión 3D (que requiere intervenciones específicas al proceso de impresión), o bien ser simplemente un elemento más en la documentación de un contexto arqueológico. Un punto que une este apartado con el anterior es el almacenaje y la preservación de los objetos digitales, ambos campos propios de la gestión de datos que, idealmente, debe abordarse de manera institucional.



## Comentarios finales

Las observaciones precedentes intentan orientar los ensayos de otros investigadores en lo concerniente a la fotografía para el modelado tridimensional. Especializarse en este tipo de documentación, en su procesamiento y análisis, sin duda habilita muchas más potencialidades. Pero, por el contrario, deseamos destacar que la accesibilidad de la técnica (particularmente en la etapa de registro) y su amplio campo de utilización, son motivos para comenzar a sumar su práctica a los procedimientos básicos de relevamiento de los arqueólogos. Sin llegar a especializarse, es recomendable familiarizarse con estas técnicas de documentación, bastando con planificar de antemano las condiciones de toma fotográfica y el destino de los modelos 3d para obtener los mejores resultados posibles.

Esta misma circunstancia también abre la puerta a proyectos colaborativos con las comunidades y el público general, permitiendo un abordaje de *ciencia ciudadana*, donde los no-arqueólogos pueden generar un tipo de información valiosa a la investigación y difusión.

Destacamos la oferta de software libre y de código abierto para las distintas etapas del flujo de trabajo. Quienes deseen utilizar por primera vez el software mencionado en el trabajo, pueden encontrar guías y tutoriales en la página web “*Fauna 3D*” dedicada al Proyecto “*Generación y aplicación de modelos tridimensionales para el estudio de arqueofaunas*” (PRIG-SI-FFyL-UBA), en este enlace: <https://fauna3d.hcommons.org/category/tutorial-guia/>.

Finalmente, vale destacar el potencial del modelado sfm para la reutilización de datos, como se ha llevado a cabo con materiales de archivo (Ávido y Vitores 2015), que nos permite colaborar y cooperar, reconociendo el valor del trabajo realizado por terceros, tanto para acercarnos a uno de los *principios FAIR* (sigla en inglés de localizable, accesible, interoperable, reusable) como para llevar a cabo proyectos de ciencia ciudadana y abierta.

## Nota

Una selección de modelos 3D puede consultarse en la galería online ubicada en este enlace: <https://sketchfab.com/danavido/collections/xxcnaa2019>

## Bibliografía

Arias, P., E. A. Crivelli Montero, M. M. Fernández y L. C. Teira Mayolini 2012. Grabados del Holoceno temprano en la Cueva Epullán Grande, provincia del Neuquén, Argentina: nuevas investigaciones. En: Clottes (ed.), *L'art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world / Arte pleistoceno en el mundo, Actes du Congrès IFRAO, Symposium « Art pléistocène dans les Amériques »*. Número especial de *Préhistoire, Art et Sociétés, Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées* LXV-LXVI: 793-806 Tarascon-sur-Ariège.

Ávido, D. y M. Vitores 2015. El archivo fotográfico como fuente para la reconstrucción tridimensional. En *Arqueometría argentina, metodologías científicas aplicadas al estudio de los bienes culturales: datación, caracterización, prospección y conservación*. A. Pifferetti e I. Dosztal (compiladores), pp. 223-232. Aspha Ediciones, Buenos Aires.

Callieri, M., N. Dell'unto, M. Dellepiane, R. Scopigno, B. Soderberg y L. Larsson 2011. Documentation and Interpretation of an Archeological Excavation: an experience with Dense Stereo Reconstruction tools. En: M. Dellepiane, F. Niccolucci, S. Pena Serna, H. Rushmeier y L. Van Gool (Eds.), *VAST 2011. The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (Prato, 18 al 21 de octubre de 2011)*, pp. 33-40. Goslar: The Eurographics Association. <https://lup.lub.lu.se/search/publication/2062881>

Charquero Ballester, A. y J. López Lillo 2012. Registro tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica: Fotogrametría y SIG en la intervención arqueológica de lo Boligni (Alacant). *Virtual Archaeology Review* 3(5): 81-88. <https://doi.org/10.4995/var.2012.4529>



- Falkingham, P. L. 2016. Trying all the free Photogrammetry! *Dr. Peter L. Falkingham*, <https://peterfalkingham.com/2016/09/14/trying-all-the-free-photogrammetry/> 2017. Free photogrammetry software review: 2017. *Dr. Peter L. Falkingham*, <https://peterfalkingham.com/2017/12/17/free-photogrammetry-software-review-2017/>
- Moulon, P. y A. Bezzi 2011. Python Photogrammetry Toolbox: A free solution for Three-Dimensional Documentation. Artículo presentado en *ArcheoFoss 6° Workshop Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica*, Nápoles.
- Saletta, M. J. 2010. La primacía del objeto en la práctica arqueológica en las fotografías tomadas durante los trabajos de campo en el NOA (1905 a 1930). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 35: 219-244.
- Santagati, C. y L. Inzerillo 2012. 123D Catch: Efficiency, Accuracy, Constraints and Limitations in Architectural Heritage Field. *International Journal of Heritage in the Digital Era* 2 (2): 263-289
- Skarlatos, D. y S. Kiparissi 2012. Comparison of Laser Scanning, Photogrammetry and SFM-MVS Pipeline Applied in Structures and Artificial Surfaces. En: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volumen I-3, pp. 299-304, Melbourne.
- Turpin, S. A., R. P. Watson, S. Dennett, y H. Muessi 1979. Stereophotogrammetric documentation of exposed archaeological features. *Journal of Field Archaeology* 6(3): 329-37.
- Vitores, M. y D. Ávido 2016. Aplicación de herramientas digitales para la reconstrucción tridimensional de soportes rupestres en el Noroeste Patagónico. En: *Imágenes rupestres. Lugares y regiones*. F. Oliva, A. Rocchietti y F. Solomita Banfi (editores), pp. 403-414.
2013. Modelado tridimensional de hallazgos mediante software fotogramétrico. En: *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Arqueología argentina en el bicentenario de la Asamblea General Constituyente de 1813*. R. Bárcena y S. Martín (editores), Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales, Universidad Nacional de La Rioja, La Rioja, p. 602.