

## MODELADO DE OBJETOS ARQUEOLÓGICOS: UNA PROPUESTA USANDO FOTOGAMETRÍA DIGITAL

## ARCHAEOLOGICAL OBJECTS MODELING: A PROPOSAL USING DIGITAL PHOTOGRAMMETRY

MSc. Isbelia Karina Rincón Parada<sup>a</sup>, Esp. Badwin Arévalo Vera<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, grupo de investigación GRUCITE  
Vía Alcosure, Ocaña, Colombia, [ikrinconp@ufpso.edu.co](mailto:ikrinconp@ufpso.edu.co)

<sup>b</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, grupo de investigación GRUCITE  
Vía Alcosure, Ocaña, Colombia, [barevalov@ufpso.edu.co](mailto:barevalov@ufpso.edu.co)

**Fecha de recepción:** 27-02-2014

**Fecha de aprobación:** 25-10-2014

**Resumen:** El artículo es producto de la investigación realizada a la aplicación de la Fotogrametría Digital para la digitalización de piezas arqueológicas y otros tipos de objeto con resultados hiperrealista, que permite hacer estudios profundos sin poner en riesgo la pieza original. El software utilizado es Autodesk Memento la cual es una herramienta gratuita que visualiza, manipula, analiza, corrige, optimiza y comparte modelos de malla 3D de gran tamaño en la nube, lo que permite una fácil difusión y acceso; el enfoque adaptado a la investigación se basa en la observación de una vasija de barro artesanal, que se captura mediante fotografías para luego definir las en mallas 3D para varios flujos de trabajo corriente abajo que luego integran la impresión en 3D de alta definición. Esto apunta a tener gran variedad de usabilidad para video juegos en 3D y la industria cinematográfica. La disponibilidad de este tipo de modelos es fundamental para el diseño, análisis y fabricación de objetos hiperrealistas.

**Palabras clave:** Fotogrametría Digital, hiperrealismo, impresión 3D, Modelos 3D.

**Abstract:** This article shows a methodology of 3D documentation using software specialized in close-range Digital Photogrammetry, which allows generate a realistic 3D textured model, this model is obtained from a set of images that provide the necessary information for calculate the volume and depth of the object and represented them as a cloud of points, which will be subsequently converted in a mesh and coated with a texture obtained also from the images used. This type of objects allow an easy dissemination and access, as well as the generation of orthophotos, which are used to make reliable measurements of the treated object.

**Keywords:** 3D printing , 3D models, digital photogrammetry, hyperrealism ps.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los modelos en 3D han permitido la interactividad entre objetos y personas, generando una relación que va mucho más allá de la visualización directa a una visualización virtual, la cual permite explorar y estudiar el objeto de interés (piezas patrimoniales, mapas, construcciones) sin alterarlo y sin que la perspectiva de la visión humana tienda a deformarlo. Un uso común que se le está dando a los modelos en 3D en la ciencia, la academia y la industria del entretenimiento, han permitido que surjan herramientas alternativas de bajo costo que contribuyen a la generación de modelos hiperreales.

Los modelos 3D permiten analizar la espacialmente la morfología de objetos arqueológicos en su estructura como tal, tanto a escalas pequeñas como a grandes escalas, es posible analizar las relaciones entre figuras y/o movimientos que se encuentren sobre un soporte claramente discontinuo expuesto q diferentes procesos de meteorización y deterioro cuando se tienen diferentes puntos de vista a los tradicionales como lo son las vistas ortogonales al panel, (Lerma, 2013).

Desde hace muchos años se viene utilizando la fotografía en trabajos de conservación, restauración y difusión del patrimonio cultural. Estas imágenes fotográficas pueden registrar el estado de conservación de objetos en el momento en que se realizan la toma. Inicialmente las tomas se hacían en formato analógico; hoy en día, se apuesta claramente por la fotografía digital, y toda información existente puede aprovecharse en aras de reproducir métricamente la información contenida mediante procedimientos fotogramétricos a partir de una imagen, pares estereoscópicos o preferiblemente múltiples imágenes (Lerma, 2010).

Caro (2012), indica que los objetos que se obtienen a través de la fotogrametría digital se pueden anexar en diferentes documentos estándar como PDF's que son accesibles en la web e incluso aplicables a sistemas de realidad aumentada, mas no sustituyen la tradicional documentación, pero si aporta un grado más de percepción tanto del patrimonio mobiliario como inmobiliario.

Esta misma técnica fue aplicada en Malasia para analizar las malformaciones en la estructura del asfalto, con el objetivo de hacer un estudio de los deterioros que sufren los pavimentos con el paso del tiempo, sin exponer a los investigadores a los peligros de la carretera, de esta manera los estudios son realizados de forma más fácil y sistemática. La fotogrametría es una alternativa a la inspección visual convencional de los distintos niveles de daños sufridos en los pavimentos; así mismo, la utilización de esta técnica incluye exactitud, confiabilidad y menor duración en comparación con el método convencional. (Yee, Mustaffar y Hainin, 2012).

La fotogrametría a partir de múltiples imágenes es sin lugar a duda la solución fotogramétrica más precisa, potente y robusta. Se basa en el ajuste en bloque de múltiples imágenes, y puede adaptarse a cualquier tipo de cámara (métrica, semi-métrica y convencional), indistintamente del formato. No existen restricciones en cuanto a la geometría del objeto, monumento o sitio. Además, si la cámara no está calibrada, la calibración de la misma puede realizarse simultáneamente al proceso de orientación externa de las imágenes (Lerma 2002).

## 2. METODOLOGÍA

Cuando se hace una documentación 3D por medio de fotogrametría digital, lo recomendado es contar con un guion de

trabajo y con equipos especializados tales como cámaras métricas, lentes específicos para las mismas, set de luces para contrarrestar posibles sombras muy marcadas, entre otros; para la elaboración de esta investigación se trabajó con los parámetros estipulados por las reglas 3x3 expuestas por Waldhäusl y Ogleby (1994). Estas reglas son las siguientes:

Tres geométricas:

- Tomar varias distancias e identificar o materializar líneas aplomadas.
- Tome una foto cada 10° o cada 1/10 a 1/15 de la distancia
- Mientras pueda tome fotos normales al objeto.

Tres fotográficas:

- Mantenga fijos los parámetros internos (no use zoom mantenga el enfoque fijo o en infinito).
- Evite sombras duras, trate de buscar luz homogénea.
- Use una buena cámara. La foto es sagrada. No se edita ni se transforma o recorta.

Tres organizativas:

- Planifique y haga croquis de su trabajo.
- Escriba lo que ha hecho y hágalo hoy. (Metadatos).
- Revise con cuidado cuanto haga antes de archivarlo.

### 2.1. Preparación y toma de imágenes

Se realizó como prueba la documentación de una vasija artesanal, con el fin de obtener un modelo 3D completo con sus respectivas texturas y posteriormente la generación de ortofotos que faciliten futuros estudios del objeto.

Para el caso particular de la documentación 3D de la vasija artesanal, se optó por utilizar

un espacio exterior, el cual se adaptó de manera tal que permitiera la realización del trabajo, al estar en un espacio abierto se ha prescindido del set de luces y en su lugar se ha aprovechado la luz natural que brindaba el lugar; adicionalmente, la cámara rotó alrededor del objeto en lugar que este rote sobre su eje, con la finalidad que el fondo sea variante y se pudiera tener más información sobre el volumen del objeto basado en la profundidad del entorno, además permitiría detectar mayor cantidad de ‘matches’ o puntos en común entre fotografías, facilitando así, la alineación de las mismas.

En la toma de fotografías se utilizó una cámara convencional, que pese a las limitaciones de configuración para la captura de imágenes adecuadas para la fotogrametría digital, brindó una aceptable profundidad de píxeles, resolución y óptica.

En total se utilizaron 100 imágenes para la generación del modelo final, siguiendo las recomendaciones de las reglas 3x3, que brindaron información del objeto desde la mayor cantidad de ángulos posibles, como se puede observar en la figura 1, donde se presentan algunas de las fotografías utilizadas.



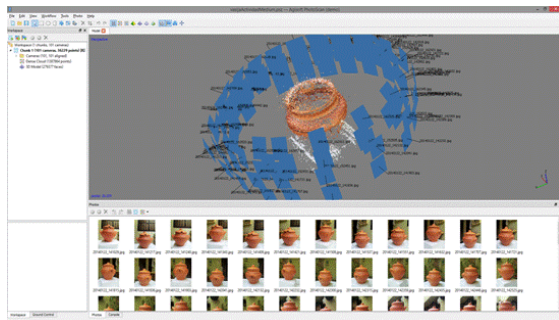
**Figura 1. Muestra de fotografías usadas**

Fuente: figura recabada por los autores.

## 2.2. Alineación de imágenes y nube de puntos

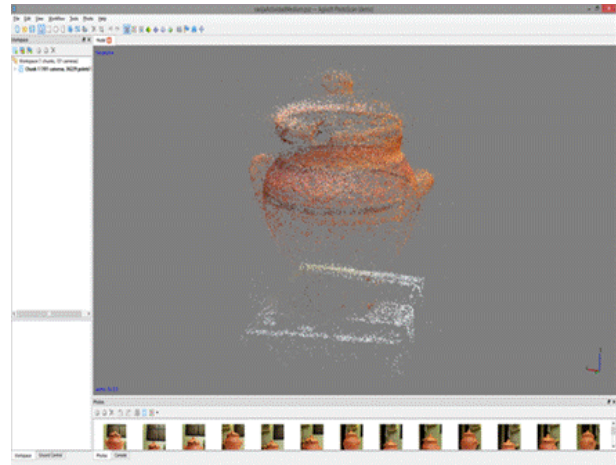
Para la interpretación de las imágenes y la generación de los diversos elementos que permiten obtener el resultado final existen diversos paquetes de software especializados, tales como Pix4D, VisualSFM, PPT GUI, 123D Catch, Photoscan, entre otros; en el caso de esta investigación se utilizó Agisoft Photoscan, la cual es una herramienta integral que permitió realizar cada uno de los pasos requeridos para el proceso fotogramétrico, sin necesidad de utilizar otro software.

Una vez capturadas las imágenes, se ingresan a photoscan y se le indica al programa que detecte los puntos en común que existen entre las imágenes y de esta manera las alinee. Los algoritmos usados para este fin descartan las imágenes que no logren coincidir con por lo menos una imagen más y genera una nube de puntos de baja densidad, como se muestra en la figura 2, que evidencia como han quedado finalmente alineadas las imágenes; así mismo, la figura 3 que permite ver la nube de puntos de baja densidad.



**Figura 2. Alineación de las fotografías**

Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

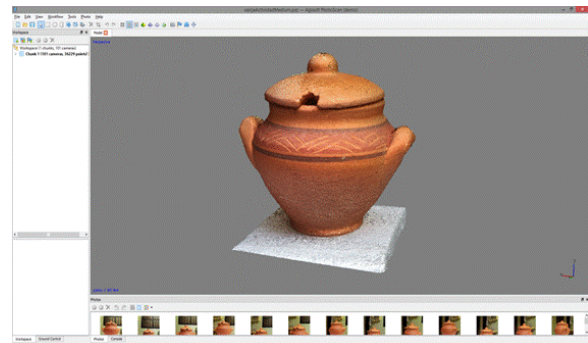


**Figura 3. Nube de puntos de baja densidad**

Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

## 2.3. Generación de nubes de punto densa

Antes de generar la nube de puntos densa, se debe verificar que todas las imágenes estén correctamente alineadas; una vez se realiza este paso, se genera el cálculo de la nube densa la cual da como resultado una pre-visualización del objeto con mucho más detalle que con la nube de baja densidad para este caso de estudio, la representación de la vasija generó 1'387.864 puntos, como se muestra en la figura 4.

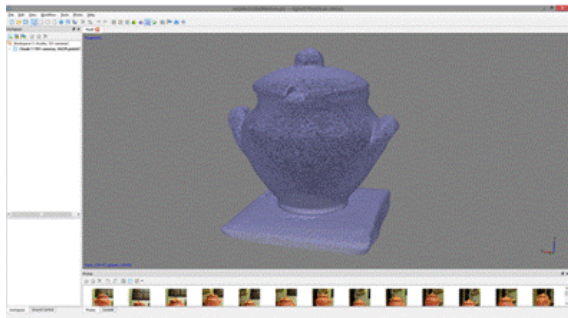


**Figura 4. Nube de puntos densa**

Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

## GENERACIÓN DE LA MALLA

Para generar la malla, el software realizó cálculos los cuales crearon aristas y caras triangulares mediante las cuales el objeto adquiere una superficie, dejándolo preparado para la aplicación de texturas. Para el modelo de la vasija se generaron 279.377 caras, como se muestra en la figura 5.

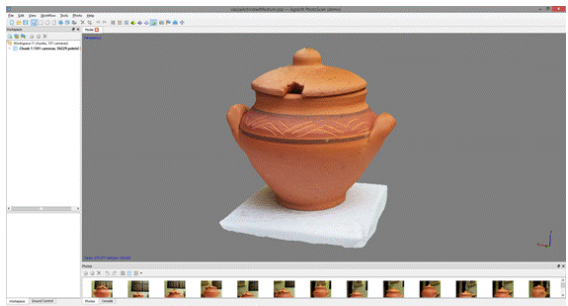


**Figura 5. Malla generada para la vasija**

Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

### 2.4. Generación de texturas

En esta fase se generó una imagen de textura que es aplicada al modelo por medio de un sistema de coordenadas; esta imagen está compuesta por la proyección de las fotos alineadas en cada una de las caras del objeto, al ser tomadas directamente de las referencias fotográficas imprime mayor realismo al modelo final con la textura aplicada, como se presenta en la figura 6.



**Figura 6. Malla texturizada**

Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

## EXTRACCIÓN DE ORTOFOTO

Partiendo del modelo 3D se pueden generar ortofotos, que son imágenes tomadas en vista ortogonal y no en perspectiva como comúnmente se observa en el entorno. Gracias a estas imágenes se pueden realizar estudios y medición más exacta debida a que los objetos están representados sin las deformaciones que genera la vista perspectiva; un ejemplo de esto se presenta en la figura 7, la cual fue extraída del modelo generado para conocer la distancia existente entre las asas de la vasija.



**Figura 7. Ortofoto Vista Cenital**

Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

## 3. RESULTADOS

El resultado obtenido tras realizar todos los pasos necesarios, es un modelo 3D generado con gran similitud al real, que permite ser visualizado en 360 grados como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8. Diversas vistas de la vasija generada**  
Fuente: figura recabada por los autores usando el Agisoft Photoscan

#### 4. CONCLUSIONES

Para la documentación fotogramétrica aunque es recomendable, no es estrictamente necesario la utilización de equipos profesionales para la captura de imágenes, se pudo demostrar que con pocos recursos y un especial cuidado en el seguimiento de las reglas 3x3 es posible generar modelos 3D de calidad aceptable.

El uso de la fotogrametría digital permite la generación de objetos tridimensionales (3D) interactivos, los cuales brindan la posibilidad de manipularlos y estudiarlos, permaneciendo de este modo inalterado el objeto original.

La utilización de esta técnica posibilita una mayor difusión y fácil acceso a objetos de gran valor cultural o patrimonial.

El uso de ortofotos nos permite observar y estudiar objetos anulando las deformaciones inherentes a un lente fotográfico, o al ojo humano.

Este proyecto fue financiado por la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; perteneciente al grupo de investigación GRUCITE y a la línea desarrollo e implantación de plataformas informáticas y sistemas de visión por Computador.

#### 5. FINANCIACIÓN

Por los recursos aprobados por la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

- Akbaylar, I. y Turan Hamamcioğlu, M. (2007). Documentation Of A Vernacular House With Close-Range Digital Photogrammetry. Washington, DC, EE.UU
- Liq, P., Tiong, Mustaffar, M. y Hainin, M. R. (2012). Road Surface Assessment of Pothole Severity by Close Range Digital Photogrammetry Method. World Applied Sciences Journal
- Canada, C., Beraldin, J.-A., Guidi, G., Ciofi, S. y Atzeni, C. (2002). Improvement of metric accuracy of digital 3D models through digital photogrammetry. A case study: Donatello's Maddelena. Canadá
- Caro, José L. (2012). Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística. Madrid MEC, CNREE

Tabares Esteban, Guillermo; Fernández de Gamboa Céspedes, Cesar y Ballesteros García-Asenjo, Ernesto (1999). La fotogrametría y la ortofoto: técnica y aplicación práctica al proyecto de investigación e intervención del retablo mayor de la Capilla Real de Granada. Madrid: Madrid: Siglo XXI

Mohr, R., Quan, L., y Veillon, F. (1995). Relative 3D reconstruction using multiple uncalibrated images. International Journal of Robotics Research. The International Journal of Robotics Research,14(6), 619-632.

Waldhäusl, Peter y Ogleby , Cliff. (1994). Close Range Techniques and Machine Vision. Close Range Techniques and Machine Vision