



Año 11, Julio-Diciembre 2024
Fecha de recepción: 23 de mayo 2024
Fecha de aceptación: 29 de julio 2024

DOI: 10.5377/hycc.v1i24.19889

Reconstrucción y restauración virtual de cerámica prehispanica. Fuente didáctica de difusión arqueológica

Reconstruction and virtual restoration of pre-Hispanic ceramics. Didactic source of archaeological dissemination

Jeus Antonio González Tuckler 

jeus.gonzalez@unan.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0003-1124-7298>

Centro Arqueológico de Documentación e Investigación
CADI-UNAN-Managua

Resumen

Este artículo aborda el uso de las técnicas de diseño 3D aplicadas concretamente al patrimonio arqueológico, es decir a las evidencias cerámicas recuperadas en contextos primitivos. El objetivo del presente trabajo es demostrar el alcance que tiene la aplicabilidad de técnicas de virtualización del patrimonio en la cerámica arqueológica para la producción de medios de información didácticos para su difusión y comprensión. Se aplicaron conocimientos y técnicas digitales como softwares relacionados a la fotogrametría digital y diseño 3D. También se utilizaron otros programas de diseño vectorial para la creación de infografías permitiendo la reconstrucción total de una vasija con base en un solo fragmento. Además del aporte a la restauración de manera digital cubriendo los faltantes de las vasijas, con este trabajo se destaca la importancia de este recurso en la difusión del patrimonio y la obtención de nuevos datos en la investigación. Se concluye que las nuevas Tecnologías de Información y la Comunicación han venido ganando espacio en la ciencia arqueológica a través de la virtualización del patrimonio, recuperando visualmente los restos históricos a su forma original sin perder el rigor científico.

Palabras clave: *Patrimonio virtual, reconstrucción 3D, restauración, arqueología virtual.*

Abstract

This article explores the application of 3D design techniques to archaeological heritage, with a focus on ceramic artifacts recovered from archaeological sites. Its goal is to demonstrate the potential of heritage virtualization methods in enhancing the dissemination and understanding of archaeological ceramics. The study employs digital tools such as photogrammetry software and 3D design programs, alongside vector design applications, to create infographics and reconstruct entire vessels from a single fragment. Additionally, the article discusses the role of digital restoration in reconstructing missing portions of artifacts, emphasizing its significance for heritage outreach and advancing research. The findings highlight the growing role of information and communication technologies in archaeological science, particularly in the virtualization of heritage, which allows for the visual reconstruction of historical objects while maintaining scientific accuracy.

Keywords: *Virtual heritage, virtual reconstruction 3D, restoration, virtual archeology.*

Introducción

La Arqueología a lo largo de los años ha tenido como una de las principales fuentes de información los restos cerámicos que le permiten conocer rangos cronológicos o dataciones relativas. Al mismo tiempo, estos indicios permiten identificar tecnologías o intercambios regionales en las sociedades pasadas. Esta particularidad de uso la identifica el arqueólogo mediante el análisis morfométrico y funcional de la vasija, siendo estas evidencias de las más estudiadas en contextos arqueológicos controlados. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes que se plantean en las investigaciones de campo, tanto prospección como excavación, es la recuperación de restos altamente fragmentados de distintas formas como asas, bordes, cuellos, cuerpos, etc., los cuales son clasificados y separados en fragmentos diagnósticos con decoraciones y formas específicas de interés, quedando su estudio reducido a descripciones generales y técnicas de su morfología para el cumplimiento de informes técnicos entre el gremio profesional.

Otra de las dificultades que también se presenta en el quehacer de esta profesión es la recuperación de piezas arqueológicas con faltantes, ya sea recuperadas en intervenciones de rescate o en trabajo de gabinete mediante el remontaje de fragmentos. En este caso, el vacío de expertos especializados en la restauración, o bien, los costos de los materiales y herramientas para ejercer esta actividad hace que las labores de restauración física de vasijas queden sin desarrollarse.

Surge entonces un interés por tomar estas evidencias fragmentadas y faltantes para presentar una alternativa de estudio y restauración digital, aplicando las herramientas desde la arqueología virtual a los hallazgos recuperados en distintos contextos arqueológicos, especialmente en las investigaciones desarrolladas desde el Centro Arqueológico de Documentación e Investigación CADI, de la UNAN-Managua.

En el caso de la cerámica, concretamente de los fragmentos, se puede obtener de ellos, además de las descripciones técnicas, otros datos de interés mediante las reconstrucciones virtuales de estos, tal como una representación visual de la forma original de la vasija antes de su fragmentación, además del cálculo volumétrico interno de almacenamiento. Estas mismas técnicas permiten también las restauraciones virtuales, siendo esta una alternativa complementaria en el trabajo de gabinete para recuperar visualmente la vasija o pieza arqueológica con todos sus detalles y partes faltantes.

Reforzando lo anterior y en concordancia con Carosio et al (2013), quien considera que:

El mayor problema con el que cuentan los arqueólogos para identificar, restaurar y visualizar las formas cerámicas es que, en general, se recuperan fragmentos más que piezas completas, por lo que la caracterización y reconstrucción de formas de recipientes son labores complicadas (p.58).

Ante esta situación, el uso de las tecnologías ha venido a complementar la investigación arqueológica iniciando por los dibujos técnicos levantados en campo y digitalizados en programas de dibujos vectoriales hasta las representaciones visuales en 3D. Ante esta incursión de técnicas se ha venido desarrollando una línea de investigación especializada conocida como arqueología virtual que corresponde a una “disciplina científica que tiene por objeto la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico” (ICOMOS, 2017, p.12). Esta tiene su cuerpo teórico metodológico bajo el cual se desarrollan los trabajos relacionados a la virtualización del patrimonio.

En lo correspondiente a las reconstrucciones virtuales deben considerarse estas como el intento de representar visualmente imágenes de las evidencias materiales fabricadas en su contexto histórico, partiendo de la propia materialidad, datos recopilados en campo y la interpretación de estas. Por otra parte, las restauraciones virtuales corresponden al ordenamiento de las partes fragmentadas y la creación de las faltantes desde un modelo virtual del objeto para recuperar visualmente la forma de la pieza original (ICOMOS, 2017).

Al ser la arqueología una ciencia social donde pone como principal actor al ser humano en su proceso evolutivo, una de las principales acciones debe ser la difusión de las investigaciones tanto en el ámbito académico como en el entorno público, adaptándose y ampliando técnicas novedosas, tecnológicas e interactivas que permitan llevar en un lenguaje sencillo los resultados obtenidos.

En este sentido, Ruiz y García (2020) indican que:

Si existe algún rasgo o característica que podamos resaltar dentro de la disciplina arqueológica, es sin duda alguna su capacidad de adoptar y adaptar innovaciones creadas por otras disciplinas y emplearlas en su propio beneficio. Herramientas pensadas para un fin específico que terminan convirtiéndose, gracias a la naturaleza multidisciplinaria de la arqueología, en instrumentos básicos e imprescindibles de su corpus metodológico (p.162).

Ante esta necesidad de la democratización del conocimiento y dar a conocer la historia de una manera interactiva se ha venido trabajando desde la Arqueología con la virtualización del patrimonio implementando técnicas de documentación y reconstrucción 3D a los restos materiales. La aplicación de estas técnicas vendría a aportar nuevos datos relacionados a las investigaciones a nivel nacional desde la academia, ya que hasta la fecha el trabajo de gabinete se ha centrado principalmente en la clasificación general y tecnológica del material cerámico.

Este artículo pretende transformarse en un precedente de cómo el diseño 3D ofrece nuevos datos a la investigación arqueológica desde la cerámica, tanto en la conservación como la difusión mediante modelos digitales. “Los modelos 3D aportan una nueva forma de visualización que permite al usuario un mayor acercamiento a la pieza, a la vez que constituye una manera más precisa e interactiva de conocimiento visual del recipiente” (Carrillo et al, 2010, p. 135).

Por otro lado, en el país se han llevado a cabo distintos trabajos relacionados al análisis morfológico de la cerámica, que han servido como referencia al momento de estudiar esta temática. Como ejemplo está el trabajo desarrollado por la arqueóloga nicaragüense, Brenda Latino (2006), quien dirigió su tesis principalmente a la materialidad cerámica del sitio arqueológico Karoline, en el municipio de Kukra Hill, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS). La investigadora aplicó el análisis morfométrico, proceso productivo y análisis funcional con el fin de evaluar el significado económico social. Sin embargo, el uso de métodos de reconstrucción virtual en el estudio de la cerámica hasta la fecha no se ha desarrollado en el país por lo que este trabajo se considera pionero en el uso complementario del diseño 3D para la documentación, investigación, reconstrucción y difusión de la cerámica arqueológica de Nicaragua.

El lenguaje de la imagen, al tener gran poder de síntesis, es una forma eficaz de transmitir un mensaje. De este modo, la representación gráfica de bienes arqueológicos, como de otros elementos patrimoniales, es fuente de conocimiento y soporte para procesos de conservación, difusión y comunicación del patrimonio. (Ghiani et al., 2017, p.20)

De esta manera se plantea como hipótesis que con la aplicación de estas técnicas metodológicas al análisis de los bordes cerámicos se producirá un material didáctico más comprensible y digerible al aprendizaje de una población general no especializada, permitiendo una comprensión más amplia de la funcionalidad que tuvieron estas evidencias. El uso de estas herramientas tecnológicas aporta nuevos datos asociados a la morfología cerámica mediante la identificación de capacidad volumétrica de almacenamiento en los restos cerámicos mencionados.

Para esto se ha planteado como objetivo general demostrar el alcance que tiene la aplicabilidad de técnicas de virtualización del patrimonio en la cerámica arqueológica para la producción de medios de información didácticos para su difusión y comprensión.

Materiales y métodos

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo, basada en la aplicación de técnicas de reconstrucción 3D y acumulación de experiencia; se hace énfasis en el uso de las herramientas de documentación tradicional como el dibujo técnico arqueológico, complementadas con técnicas de virtualización del patrimonio.

Se trabajó con una muestra de fragmentos cerámicos resguardados en el Centro Arqueológico de Documentación e Investigación (CADI UNAN- Managua). Mediante este ejercicio se busca demostrar cómo la reconstrucción y restauración virtual aplicada en evidencias fragmentadas del patrimonio arqueológico nicaragüense puede ayudar a crear información didáctica para un público general.

Estas evidencias generalmente están fuera de la vista del público en las instituciones museísticas, perdiéndose un recurso más de difusión del patrimonio arqueológico. En este sentido, "...el uso de las TIC forma parte de nuestro día a día. Como hemos podido ver a través de diferentes ejemplos, su aplicación al patrimonio cultural nos permite acercar la Arqueología a la sociedad" (Delgado y Romero, 2017.p210).

Resultados y discusión

Dentro de la muestra seleccionada se tomó un ejemplar de borde cerámico recuperado durante inspecciones arqueológicas realizadas en el sitio La Paz, Niquinhomo, sobre la base del cual se reconstruyó la vasija cerámica a su forma original. Así también, se tomó

otra muestra, una vasija cerámica incompleta recuperada en el estudio de factibilidad del tramo carretero Mechapa-Punta Ñata, Chinandega, concretamente, del sitio Cañada Los Tiestos, comunidad Apascalí.

Estos fragmentos cerámicos recolectados in situ fueron reintegrados o remontados en el laboratorio y trabajo de gabinete. De esta manera se inició el proceso de restauración donde parte de la vasija en físico sirvió de base para ser restaurada de manera digital con la integración de sus partes faltantes.

En general este trabajo implicó el uso de dibujo técnico de bordes cerámicos, la documentación bibliográfica sobre morfología cerámica, el levantamiento fotogramétrico a una vasija remontada, uso de software de fotogrametría, software de dibujo 2D y de diseño 3D.

Figura 1. Imagen de las muestras tomadas para la reconstrucción y restauración virtual en su estado actual. imagen izquierda fragmento de borde cerámico e imagen derecha una vasija fragmentada y remontada



Fuente: Elaboración propia

El logro de esta restauración digital con tecnologías de la información y la comunicación (TIC) viene a confirmar lo dicho por especialistas de la arqueología en cuanto a que:

Si existe algún rasgo o característica que podamos resaltar dentro de la disciplina arqueológica, es sin duda alguna su capacidad de adoptar y adaptar innovaciones creadas por otras disciplinas y emplearlas en su propio beneficio. Herramientas pensadas para un fin específico que terminan

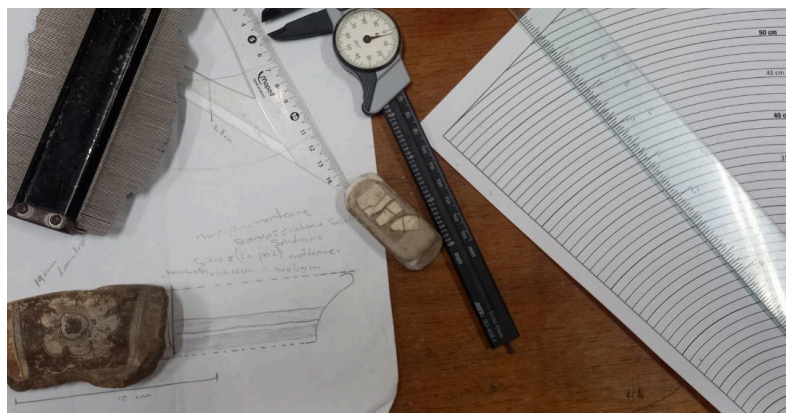
convirtiéndose, gracias a la naturaleza multidisciplinaria de la arqueología, en instrumentos básicos e imprescindibles de su corpus metodológico. (Maldonado y Fernández, 2020, p.135)

Por otro lado, para el dibujo técnico de bordes se utilizó instrumental como lápiz de grafito, hojas blancas, pie de rey, conformador metálico, diametrador y herramienta como un software de dibujo 2D. Para el proceso de restauración de la vasija cerámica se requirió el levantamiento fotogramétrico para lo cual se utilizó una cámara NIKON D3100, seguidamente, estas capturas fueron editadas en el programa Adobe Photoshop para eliminación de fondos optimizando el tiempo de limpieza una vez procesadas en el software fotogramétrico. Como último proceso de esta etapa, los datos son procesados con el software Agisoft Metashape para obtener el modelo en 3D, el que es orientado y escalado previo a la exportación hacia el programa de diseño 3D. La virtualización de la muestra, tanto en la reconstrucción de los bordes como de la restauración de la vasija, se desarrolló mediante el uso del software de diseño 3D *Blender V4.1*. Una vez obtenidas las imágenes renderizadas las que son los resultados esperados, se utiliza el software Adobe Photoshop para la creación y montaje de infografías informativas de las muestras trabajadas.

Del dibujo vectorial 2D a la reconstrucción 3D de bordes cerámicos

Para la reconstrucción de una vasija partiendo de un fragmento de borde cerámico se inició con el dibujo técnico de las evidencias. En esta etapa se obtiene una representación del perfil del borde con sus respectivas medidas tanto del grosor como el cálculo del diámetro, datos morfométricos indicadores del tipo de recipiente procediendo luego con el dibujo digital vectorial en el software Adobe Illustrator.

Figura 2. Instrumental empleado para el dibujo de bordes cerámicos para la obtención de una representación vectorial de perfil.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez digitalizado el dibujo en Adobe Ilustrador este es importado al software de diseño 3D *Blender*. En este momento se escala el dibujo con respecto al área de trabajo del software y se procede con un calcado de las líneas vectoriales a las que se aplican un modificador correspondiente para crear el contorno sólido en 3D.

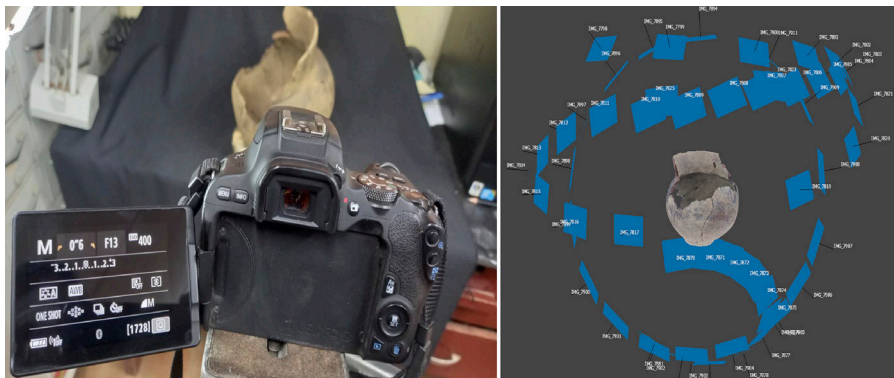
Del remontaje de fragmentos cerámicos a la restauración de áreas faltantes

El desarrollo de una restauración virtual depende principalmente de la obtención de un modelo digital 3D de lo que se quiere trabajar, precediendo a este, el proceso de Anástilosis en físico o virtual (reconstrucción por medio de la unión de partes o fragmentos dispersos). Como se ha expresado, la vasija obtenida como muestra corresponde al remontaje de varios fragmentos físicos recuperados en un estudio de factibilidad por investigadores del CADI – UNAN Managua.

Para la obtención del modelo digital 3D de la vasija cerámica se realizó un escaneado fotogramétrico, conllevando los siguientes procesos: planificación del levantamiento en relación al objeto, obtención de una iluminación uniforme evitando zonas oscuras o con sombras, configuración de la cámara en modo manual y capturas fotográficas al contorno, eliminación de fondos mediante el uso de software de edición de imágenes, finalizando con la importación de los datos al software fotogramétrico para su procesamiento y creación del modelo 3D de la vasija cerámica.

Según Niquet y Mas-Barberá (2018), los modelos digitales en 3D corresponde a la obtención de una copia idéntica de un modelo en físico original constituyendo una copia fidedigna con respecto al original y aporta en la documentación, conservación y la difusión del patrimonio (p.6).

Figura 3. Imagen izquierda del proceso de captura y levantamiento fotogramétrico. Imagen derecha se muestra el resultado del modelo 3D de la vasija.



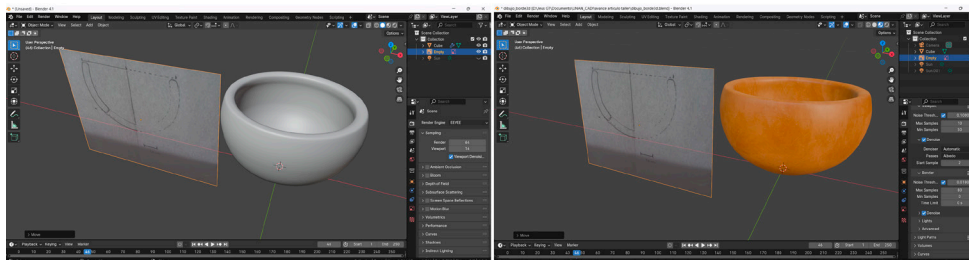
Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el modelo digital 3D orientado y escalado, se exporta como archivo Obj. en una carpeta opcional de trabajo, posteriormente, se importa al software de diseño 3D *Blender*. Aquí se corta una sección de esta para obtener perfiles y realizar el mismo proceso ya mencionado para la reconstrucción de vasijas mediante los bordes cerámicos. En caso de que la vasija tenga algunas deformaciones en su proceso de elaboración o decoraciones, estas serían trabajadas en el mismo software de diseño 3D mediante sus herramientas de modelado y esculpido.

Con la aplicación de estos procesos en la reconstrucción 3D con bordes cerámicos, el resultado es una muestra de cómo el dibujo técnico arqueológico de la cerámica junto al uso de programas de diseño 3D para la reconstrucción virtual del patrimonio, permite la reconstrucción digital de una vasija cerámica facilitando una proyección visual de su forma original antes de su fragmentación, en consecuencia, partiendo de un fragmento de borde cerámico se obtiene una producción didáctica de un elemento visto generalmente con apatía.

Para este caso, el resultado fue una imagen de la reconstrucción 3D a partir de un borde cerámico, la cual fue renderizada en el mismo programa *Blender* a una resolución de 1920x1080 píxeles de las cuales se hicieron varios ensayos para regular el tipo y densidad de iluminación.

Figura 4. Reconstrucción 3D de borde cerámico vista desde el escritorio de trabajo en el software *Blender*. Se muestra junto al dibujo técnico un modelo 3D en estado sólido y otro con textura.



Fuente: Elaboración propia.

En el segundo caso relacionado a la restauración digital de áreas faltantes, se han ejecutado las técnicas desde el escaneo 3D de la pieza ya remontada hasta el trabajo en el software de diseño 3D, en consecuencia, se obtuvo la restauración de la vasija a su forma completa permitiendo tener una percepción visual de su forma original antes de su fragmentación en base a las evidencias físicas.

En este sentido, Escrivá y García (2010) destacan que “con la restauración virtual trabajamos y hacemos real esas hipótesis, pero es esencial que no se confunda hipótesis con invención. Nuestro límite descansa en aquello que podemos conocer con absoluta certeza o, como mínimo, en aquello basado en indicios sólidos” (p.14).

Como resultado de este proceso se obtuvo un modelo 3D con el relleno de las zonas faltantes en la pieza física original, como comparativa del antes y después, teniendo como imagen final el modelo de la vasija restaurado y texturizado en su totalidad la cual para su publicación fue renderizada a una resolución de 1920x1080 píxeles.

Figura 5. Restauración virtual de vasija cerámica a partir de un modelo fotogramétrico 3D, se muestra el proceso de restauración digital.



Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Con el desarrollo de este trabajo se deja un precedente de cómo la reconstrucción y restauración virtual en la arqueología nicaragüense puede revolucionar la comprensión del pasado, permitiendo un juicio más amigable sobre el significado de la materialidad arqueológica, especialmente en la difusión de las investigaciones a un público no especializado.

Por otra parte, es evidente cómo la aplicación de la documentación 3D permite una preservación y conservación digital de las vasijas cerámicas, además, es una base para desarrollar restauraciones virtuales con las que pueden crearse paneles infográficos como un recurso didáctico para la educación, difusión y conservación del patrimonio en evidencias cerámicas deterioradas.

Finalmente, los trabajos de reconstrucción y restauración virtual se abordan de una manera complementaria de la interpretación y para la difusión de las evidencias arqueológicas por lo cual deben de tener un rigor metodológico y una interpretación basada en evidencias sólidas para asegurar que las recreaciones sean fieles a la representación del pasado, ya que al integrar estas herramientas en la investigación arqueológica permite un mejor entendimiento del discurso técnico, siendo la parte teórica y la imagen visual de las evidencias un puente entre el conocimiento del pasado con el presente. Lo más importante es que estos recursos digitales pueden traerse a un plano físico con la implementación de la impresión en 3D.

Bibliografía

- Carosio, S. A., Aguilar, J. P.; Barcena, J. R. (2017) Reconstrucción 3D y cálculo volumétrico de recipientes cerámicos : Alcances y limitaciones para el estudio y conservación de cerámica en de la Tambería de Guandacol (Provincia de La Rioja); *Sociedad Argentina de Antropología; La Zaranda de Ideas*; (10); 57-76.
- Carrillo A., Rodríguez A. y Paramio, M (2010). Digitalización y visualización 3D de cerámica arqueológica. *Virtual Archaeology Review*, 1(2), 133-136.
<https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/4715/4868>
- Delgado Anés, L., y Romero Pellitero, P. (2017) La arqueología virtual, generadora de recursos para la comunicación y participación. En: Bocanegra Barbecho, L.; García López, A. (eds.). *Con la Red / En la Red. Creación, investigación y comunicación cultural y artística en la era Internet*. Universidad de Granada. pp. 193-214. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/48875>

Escrivá Estevan, F. y Madrid García, J.A. (2010). El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio. *Arché*. (4-5):11-20. <http://hdl.handle.net/10251/30147>

Ghiani Echenique, N., Sokol, O. L., y Lozano, M. (2017). *Reconstrucción virtual: un aporte a la arqueología en tres dimensiones*. Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Series Especiales, 4.
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/78990>

ICOMOS. (2017). *Principios de Sevilla: Principios internacionales de arqueología virtual*. ICOMOS. <https://culturapedia.com/wp-content/uploads/2020/09/2017-principios-de-sevilla.pdf>

Latino B. (2005). *Alfarería en la Costa Caribe de Nicaragua, Kukra Hill: Caracterización Morfométrica, Tecnológica y de uso de Artefactos Cerámicos procedentes del Sitio Karoline, Conchero KH-4. Unidades Estratigráficas 1006 y 2006 (250-350 cal. DNE)*. [Tesis para optar al grado de licenciatura]. CADI-UNAN-Managua.

Maldonado Ruiz, A., y Fernández García, M. I. (2020). Técnicas de digitalización, reconstrucción y visualización 3D aplicadas a los moldes de Terra Sigillata del yacimiento romano de Los Villares de Andújar (municipio isturgitano). Las posibilidades en la difusión, estudio y conservación del patrimonio. *Pyrenae*, 51(2), 159-177. <https://raco.cat/index.php/Pyrenae/article/view/372493>

Niquet, N. D., y Barberá, X. M. (2018). El registro 3D como medio para el análisis y difusión del patrimonio escultórico. El caso de la escultura en cera del Écorché. *Ge-conservación*, 13, 05-16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6545873>

Ruiz A y García M (2020). Técnicas de digitalización, reconstrucción y visualización 3D aplicadas a los moldes de terra sigillata del yacimiento romano de Los Villares de Andújar (Municipio Isturgitano). Las posibilidades en la difusión, estudio y conservación del patrimonio a. *Pyrenae*, 51(2), 159-179
<https://www.raco.cat/index.php/Pyrenae/article/download/372493/465990/>

Anexos

Figura 6. Render de reconstrucción virtual a partir de un borde cerámico.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Render de restauración virtual a partir de modelo fotogramétrico 3D.



Fuente: Elaboración propia.