



Gifo del Templo Olvidado. Palenque, Chiapas

Detalle de la malla poligonal. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

# El laboratorio de documentación y análisis tridimensional de la CNCPC. Resultados a un año de operación

*María Fernanda López-Armenta, Gilberto García Quintana y Celedonio Rodríguez Vidal\**

*\*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, Instituto Nacional de Antropología e Historia*

## **Resumen**

*Este trabajo expone algunos resultados del trabajo que el Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural ha realizado en su primer año de operación (2016). A la vez es una invitación a quienes trabajan en conservación del patrimonio a aprovechar las tecnologías de digitalización tridimensional pues permiten documentar de manera precisa y rápida una gran variedad de bienes culturales. Asimismo, proporcionan diferentes aproximaciones a los objetos para obtener resultados muy diversos: a partir de la inspección visual de los modelos 3D podemos evidenciar detalles que no son identificables a simple vista, permite realizar interpretaciones útiles para diagnóstico y realizar monitoreo del estado de las piezas para proponer acciones de conservación. Además, los modelos tridimensionales pueden ser estudiados por investigadores, arqueólogos, conservadores en caso de que los bienes culturales sean reenterrados o sufran pérdidas parciales o totales. También constituyen recursos que sirven para fines didácticos y de difusión, ya sea de manera digital o de reproducciones físicas. A través de la implementación de tecnologías de documentación y análisis 3D hemos evolucionado también la forma en que se llevan a cabo las investigaciones. Esto ha hecho posible colaboraciones interinstitucionales pues es posible consultar los modelos a distancia y así obtener información que antes solo era obtenible directamente del objeto.*

## **Palabras clave**

*Digitalización 3D, modelos 3D, escaneo 3D, patrimonio cultural.*

## **Abstract**

*This paper presents some of the work that the Laboratory of Documentation and Tridimensional Analysis of the Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural has accomplished in its first year of operation. It is also an invitation to those who work in cultural heritage conservation to take advantage of the technologies of digitalization and tridimensional analysis, since these allow precise and fast recording of a great variety of cultural heritage. Likewise, they allow different approaches to the objects under study, which give different results: the visual inspection of 3D models show details that are not identifiable to the naked eye, the tridimensional analysis allows us to make useful interpretations for diagnosis and to monitor the condition of objects in order to propose conservation actions. In addition, researchers, archaeologists, and conservators can study 3D models in case of reburial of cultural sites or in the event of partial or total loss. They become resources that can be used for didactic and dissemination purposes, either digitally or through physical reproductions. It is also worth mentioning that through implementation of these technologies, the way research is made has evolved. This has made possible interinstitutional collaboration since it is possible to consult 3D models remotely and collect information that was only obtainable directly with the object.*

## **Keywords**

*3D digitalization, 3D models, 3D scanning, cultural heritage.*

El Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional (en adelante Laboratorio 3D) de la Coordinación Nacional de Conservación de Patrimonio Cultural (CNCPC) se implementó en 2015 con el apoyo para la adquisición de infraestructura científica que otorga el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Tiene el propósito de utilizar las tecnologías de digitalización tridimensional para registro, documentación, investigación y diagnóstico para la conservación y restauración de bienes culturales. Desde entonces se ha buscado apoyar, mediante la generación y análisis de modelos 3D, a los proyectos de conservación de la CNCPC, así como a los proyectos de investigación de otras áreas del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) que así lo soliciten.

El Laboratorio 3D de la CNCPC cuenta con un escáner de luz estructurada<sup>1</sup> que se usa por lo general en piezas de 50 a 500 mm. Éste genera como resultado un modelo en malla poligonal con color y alcanza una resolución de hasta 0.1 mm. Además, cuenta con un escáner láser<sup>2</sup> utilizado en objetos desde 500 mm hasta conjuntos arquitectónicos. Gracias a éste se obtienen modelos de nube de puntos con resolución de 3 mm aproximadamente. Vale la pena decir que se seleccionaron estos dos equipos de una amplia variedad que existe en el mercado porque en cierta forma se complementan ya que, como toda técnica, cada uno tiene sus ventajas y limitaciones.

A fin de exponer las diferentes aplicaciones que puede tener un modelo tridimensional en la labor de conservación del patrimonio cultural, hemos decidido estructurar este documento en diferentes líneas de trabajo para ilustrar lo que se ha desarrollado en el Laboratorio 3D en 2016, durante el primer año de su operación.

### **Levantamientos 3D en apoyo a los proyectos de conservación**

Es importante señalar que los modelos tridimensionales permiten tener múltiples resultados y diferentes aproximaciones a los objetos de estudio. Existen proyectos cuya magnitud y complejidad han demandado un continuo análisis e interpretación de los datos obtenidos con el levantamiento tridimensional, a fin de generar información que pueda ser utilizada para el conocimiento, diagnóstico y conservación de los bienes.

Tal es el caso del *Proyecto de levantamiento 3D de la pirámide de las serpientes emplumadas* en la Zona Arqueológica de Teotihuacan, Estado de México. Se trata de una de las pirámides de mayor relevancia en México caracterizada por elementos escultóricos que se conservan en una de sus fachadas y representan a los dioses Tláloc y Quetzalcóatl. A solicitud del proyecto se realizó un levantamiento tridimensional de la pirámide completa y su contexto inmediato con escáner láser. El levantamiento se llevó a cabo en diez días del mes de junio de 2016 en los que se obtuvo un total de 200 posiciones de escaneo con fotografía integrada, mismas que se incorporaron en una nube de puntos única posteriormente.

---

<sup>1</sup> Escáner de luz estructurada Creaform Go!Scan 20.

<sup>2</sup> Escáner láser Leica Scanstation P20.





Figura 1. Fachada principal de la Pirámide de las Serpientes emplumadas en la Zona Arqueológica de Teotihuacan, Estado de México. Nube de puntos. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

El objetivo fue tener un modelo de alta definición para obtener toda la información dimensional, formal y volumétrica conforme el proyecto lo fuera requiriendo. Algunos de los resultados obtenidos son: esquemas acotados, secciones y análisis del actual sistema de desagüe. Asimismo, el modelo ha servido de base para diseñar posibles sistemas de protección para los elementos escultóricos de la fachada.

Por otro lado, el monitoreo es parte fundamental de este proyecto. Se pretende implementar un sistema de medición de condiciones medioambientales por medio de dispositivos cuyas ubicaciones quedarán registradas en el modelo tridimensional. Esta medida permitirá realizar interpretaciones específicas sobre los diversos fenómenos que ocurran en diferentes puntos de la fachada a corto y mediano plazo.

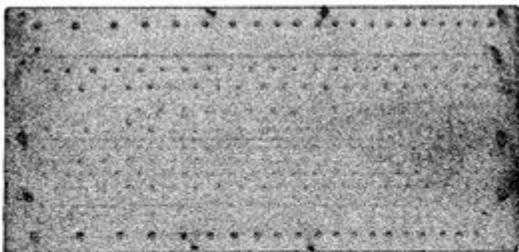
Cabe mencionar que la fachada de las serpientes emplumadas ya había sido escaneada en 2013 por la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH) del INAH, por lo que otro de los análisis realizados a partir del anterior es un estudio comparativo mediante el cual se pueden conocer los cambios a nivel superficial que ha sufrido la fachada en tres años. Lo anterior permite identificar los puntos críticos de deterioro así como estimar la velocidad a la que avanzan las afectaciones y, a partir de ello, hacer evaluaciones que tendrán impacto en la toma de decisiones de las acciones de conservación.

### Investigación de sistemas constructivos y técnicas de manufactura

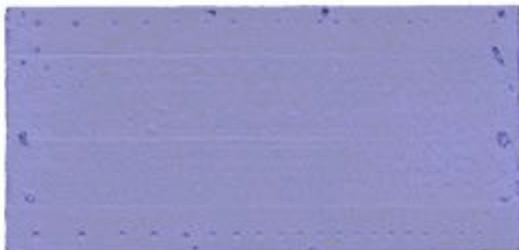
Parte importante de las labores de conservación del patrimonio es el estudio de sistemas constructivos y técnicas de manufactura. Información sobre materiales y herramientas utilizados son elementos que se pueden evidenciar en una digitalización 3D y, a partir de su análisis, se pueden deducir en algunos casos sus procesos de manufactura, al mismo tiempo que se registra el nivel de deterioro o afectaciones con que cuenta el objeto de investigación.

Un caso de estudio es el órgano tubular portátil de madera resguardado en el Museo Comunitario "Mixcoahtecuhtli" en San Bartolomé Matlalohcan, Tlaxcala. Un equipo de especialistas en conservación de órganos históricos del INAH actualmente lleva a cabo un proyecto para su investigación, documentación y divulgación (Álvarez *et al.*, 2016: 34-39). Por ello, se decidió digitalizar el órgano con el objetivo de elaborar planimetrías precisas, el despiece e incluso, el planteamiento de una reconstrucción digital con fines museográficos y de investigación.

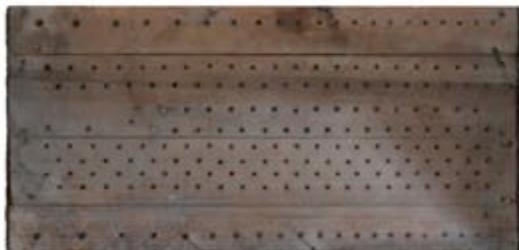
Fotogrametría de secreto del Órgano de San Bartolomé Matlahochan, Tlaxcala.



Modelo 3D del secreto en nube de puntos



Modelo 3D del secreto en malla triangulada

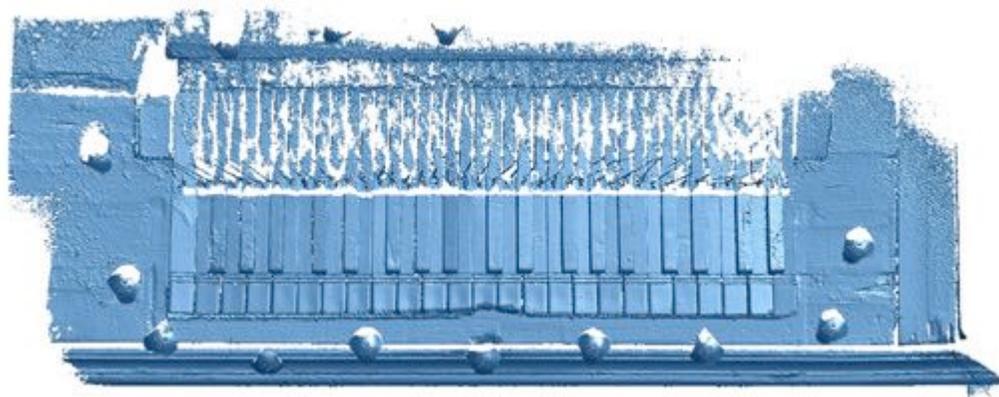


Modelo 3D del secreto con textura aplicada

Figuras 2 y 3. Detalles de despiece del órgano de Matlahochan: tapa del secreto y teclado, respectivamente.

Nube de puntos y mallas poligonales.

Imágenes: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.



El segundo caso corresponde a dos esculturas de madera de aproximadamente 1 m de altura provenientes de Epazoyucan, Hidalgo. Se realizó el levantamiento con escáner de luz estructurada con el objetivo de obtener un modelo tridimensional en que fuera posible apreciar la calidad de las obras: su técnica de manufactura, talla, volumen y recubrimientos decorativos; información relevante para el catálogo de técnicas y patrones decorativos en esculturas virreinales elaboradas con técnica de dorado y estofado, que el taller de Escultura Policromada de la CNCPC está compilando.





Figura 4. Detalles de manufactura en escultura de madera policromada. Malla poligonal con y sin fotografía.  
*Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.*

### Registro de las excavaciones arqueológicas

La arqueología, en su quehacer, estudia el pasado a través de restos materiales que se obtienen en excavaciones y que pueden ser muy variados en función, materiales y escala. La posición de los objetos y su relación con otros brinda una gran cantidad de datos útiles antes, durante y después de los trabajos de excavación. Asimismo, en ocasiones, para avanzar en la excavación es necesario destruir o dismantelar estructuras y mover artefactos, por lo que es fundamental dejar registro de todo cuanto se va encontrando en su condición de hallazgo. Muchas veces estos registros se deben realizar en un periodo corto de tiempo para reanudar a la brevedad las actividades de excavación. Por ello, las técnicas de digitalización con escáneres 3D se usan frecuentemente para documentar con precisión y rapidez los hallazgos arqueológicos.

Además, los modelos tridimensionales que resultan de los levantamientos pueden consultarse de manera casi inmediata: es posible seccionarlos, hacer mediciones y hasta modificar sus texturas, lo que los convierte en materiales didácticos e interactivos.

En 2016, el Laboratorio 3D brindó apoyo al Centro INAH Tlaxcala para la documentación tridimensional del proceso de excavación arqueológica de la Zona Arqueológica de Tepeticpac, en el estado de Tlaxcala. Dicho levantamiento formará parte de los trabajos de restauración, conservación e investigación de la temporada 2016. Se realizó con escáner láser y consistió en el registro de una superposición de estructuras prehispánicas antes de los trabajos de consolidación teniendo en cuenta que no se podrá recuperar ese momento después de la intervención.



Figura 5. Vista en planta de las posiciones de levantamiento de la Zona Arqueológica de Tepeticpac. Nube de puntos. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

Por otro lado, es posible generar modelos tridimensionales a diferentes escalas; un ejemplo es la documentación tridimensional de la micro excavación de la Ofrenda no. 5 de la Zona Arqueológica de Tlatelolco, Ciudad de México. Se trata de una matriz de tierra en la cual hasta ahora se han hallado diferentes materiales tanto orgánicos como inorgánicos: punta de maguey, carbón, textiles carbonizados, cestería, cerámica y obsidiana.

Se realizó un primer levantamiento con escáner de luz estructurada y, a pesar de que en el modelo se pueden apreciar perfectamente la ubicación y el tamaño de los objetos, no se registraron satisfactoriamente las finas texturas de algunos elementos como son las fibras de los textiles y de hoja de maíz. Posteriormente, se llevó a cabo un levantamiento fotogramétrico de la matriz de tierra. El resultado fue un segundo modelo 3D en malla triangulada que mejoró el color en comparación al primero, pero tampoco se pudo alcanzar el nivel de detalle esperado.



Figura 6. Modelo fotogramétrico de la matriz de tierra correspondiente a la Ofrenda no. 5 de la Zona Arqueológica de Tlatelolco. Malla triangulada con fotografía. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.



Finalmente, se decidió que se realizará próximamente otro modelo fotogramétrico, únicamente de las áreas donde se encuentran los textiles y fibras vegetales, utilizando fotografía "macro" con la cual se espera obtener mayor resolución.

### *Catálogo de piezas arqueológicas*

Simultáneamente, las piezas recuperadas de las excavaciones arqueológicas contribuyen en gran medida al conocimiento de las culturas a las que pertenecen. Así, por ejemplo, la digitalización de 31 piezas de variadas dimensiones, formas y materiales del *Proyecto arqueológico Quimicho* en el Centro INAH Tlaxcala, Museo Regional de Tlaxcala y en el museo de sitio de la Zona Arqueológica de Cacaxtla, tiene el objetivo de crear un catálogo que contenga información de cada pieza incluyendo un modelo 3D que pueda ser consultado y estudiado sin la necesidad de manipular las piezas originales. El registro se realizó con escáner de luz estructurada, que permite alcanzar resoluciones muy altas. Se escanearon piezas de concha, obsidiana, cerámica, así como huesos humanos y caninos.



Figura 7. Modelos tridimensionales de algunas piezas recuperadas en excavaciones arqueológicas, Tlaxcala.  
Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

En particular, se escanearon por separado el cráneo y mandíbula humanos, así como el cráneo y mandíbula caninos. Éstos se ensamblaron de manera digital para recrear la posición anatómica de los sujetos. Por último, se escaneó un fragmento de un jarrón, a partir del cual se hizo un ejercicio de reconstrucción hipotética mediante modelado 3D.



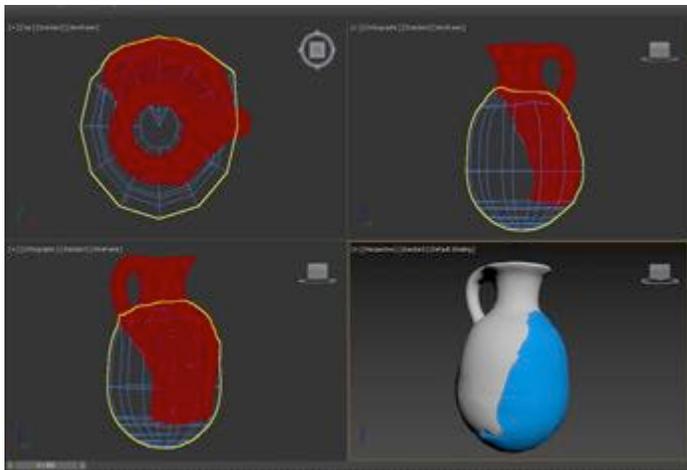


Figura 8. Reconstrucción hipotética digital de jarrón recuperado en excavación arqueológica, Tlaxcala. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

### Documentación como memoria digital

En años recientes, se ha vuelto muy común la necesidad de volver a enterrar o recubrir total o parcialmente los bienes culturales debido a que no es posible su conservación de otra manera (Agnew *et al.*, 2004). Dicha práctica conlleva sacrificar toda posibilidad de tener acceso a dichos bienes y es por ello que la documentación previa al reenterramiento es crucial.

Durante 2016, el Laboratorio 3D colaboró con tres proyectos que coinciden con esta circunstancia. El primero fue el caso de la pintura mural del Palacio de Atetelco, Teotihuacan, Estado de México, en el cual se realizó escaneo láser con fotografía externa de las pinturas, así como de su soporte arquitectónico.



Figura 9. Vistas de muros con pintura mural del Palacio de Atetelco. Nube de puntos. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

El segundo caso, el levantamiento del Sitio Rupestre de Cuevas Pintas, del cual existe un artículo en la presente edición que se puede consultar para conocer los trabajos de conservación.

Por último, está el caso de la excavación arqueológica del sitio Tlalancaleca, Tlaxcala. Éste es un sitio que no ha sido muy explorado. No obstante en él se descubrió parcialmente una estructura piramidal durante la temporada de excavación 2016. El Centro INAH Tlaxcala solicitó apoyo para digitalizar la estructura puesto que, al no ser un sitio explorado, no es posible garantizar su conservación. Así que, cuando concluyera la temporada de trabajo in situ, iba a ser reenterrado y no se tiene planeado desenterrarlo a corto plazo.



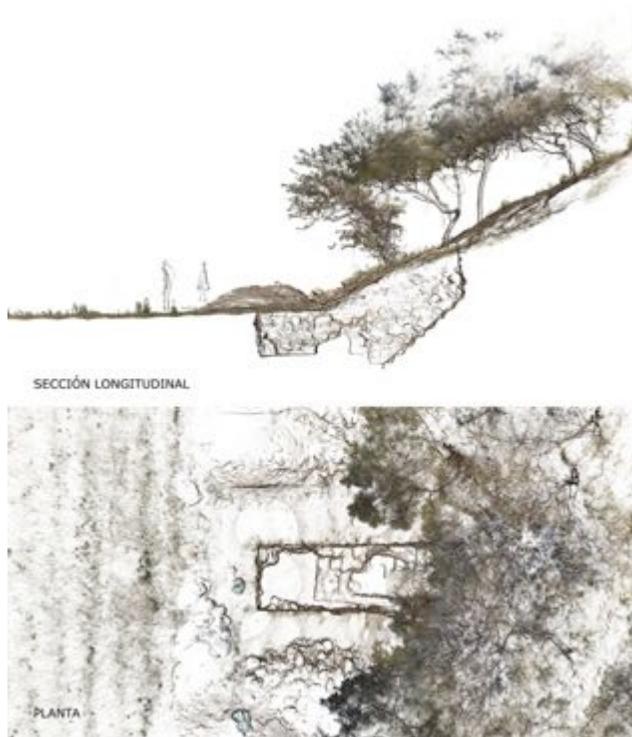


Figura 10. Vista en planta y sección de la excavación del sitio Tlalancaleca. Nube de puntos.

Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

Algo semejante ocurre con aquellos bienes que, a pesar de que se les realizan trabajos de conservación, siguen siendo insuficientes y resulta inevitable la pérdida parcial o total de sus elementos. Éste es el caso de los grabados de los Jugadores de Pelota de la Zona Arqueológica de Dainzú, Oaxaca. Se determinó relevante hacer la documentación tridimensional ya que, de los primeros registros que se tienen de ellos a la fecha, se ha perdido buena parte de los relieves. Cabe recalcar que los modelos tridimensionales permiten, a través de diversos modos de visualización, ver detalles que no se aprecian a simple vista.



Figura 11. Comparación de fotografía y nube de puntos de un grabado de Dainzú. Nótese que el modelo 3D muestra detalles difícilmente perceptibles en la fotografía.

Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

También en Dainzú se escaneó parte del contexto puesto que los relieves se encuentran colocados en el muro de una estructura adosada a un cerro. Esto con la finalidad de conocer los escurrimientos pluviales y, a partir de la elaboración de planos arquitectónicos y topográficos, se detectó que las mayores concentraciones son hacia el muro que soporta los grabados. Con esta información se podrán tomar las medidas necesarias para conducir el agua hacia otros lugares que no afecten al muro.

En los cuatro casos se obtuvieron modelos tridimensionales en nube de puntos que podrán seguir siendo estudiados por los investigadores, arqueólogos y conservadores. También sirven como base para comparar futuros levantamientos y de esta manera conocer las variaciones que el tiempo y las condiciones ambientales y humanas generen sobre ellos. Además, constituyen recursos que pueden servir para fines didácticos y de difusión, con la posibilidad de hacer incluso réplicas como en el caso de Cuevas Pintas y recorridos virtuales como el que se realizó en Dainzú.

### Materialización a partir de modelos digitales

El patrimonio cultural es para el goce de todas las personas. Esto puede darse de manera directa al visitar sitios arqueológicos y museos. A la par, muchos sitios y objetos pueden disfrutarse de manera digital, gracias a las tecnologías de reconstrucción en dos y tres dimensiones. El siguiente paso que se ha dado con ayuda de la tecnología de impresión 3D es materializar estos modelos digitales con diferentes materiales y escalas.

Esta tarea ha ayudado de manera importante a generar una mayor inclusión de las personas con diferentes capacidades al conocimiento de nuestro patrimonio cultural, por medio de recursos hápticos para que el usuario pueda interactuar de manera directa con las réplicas. También ha sido muy útil en la investigación pues no siempre es posible manipular las piezas originales por diferentes causas, por ejemplo, su alto nivel de deterioro, las condiciones ambientales o la falta de accesibilidad, por mencionar algunas.

Como demostración se mencionarán tres casos en los que se realizaron levantamientos tridimensionales con el objetivo de reproducir los objetos a partir de su modelo digital para diversos fines.

El primer ejemplo es una pieza que consiste en una tabla rectangular de 2.5 m de ancho y 1.22 m de alto cuyo diseño, elaborado a base de estambres de colores sobre cera, representa la cosmogonía huichol o *wixarika*. La obra llamada “La visión de Tatutsi Xuweri Timaiweme” forma parte de la colección de la Sala Gran Nayar del Museo Nacional de Antropología (MNA) en la Ciudad de México y fue elegida para formar parte de una serie de exposiciones temporales denominada “Una pieza, una cultura”, organizada por el INAH.

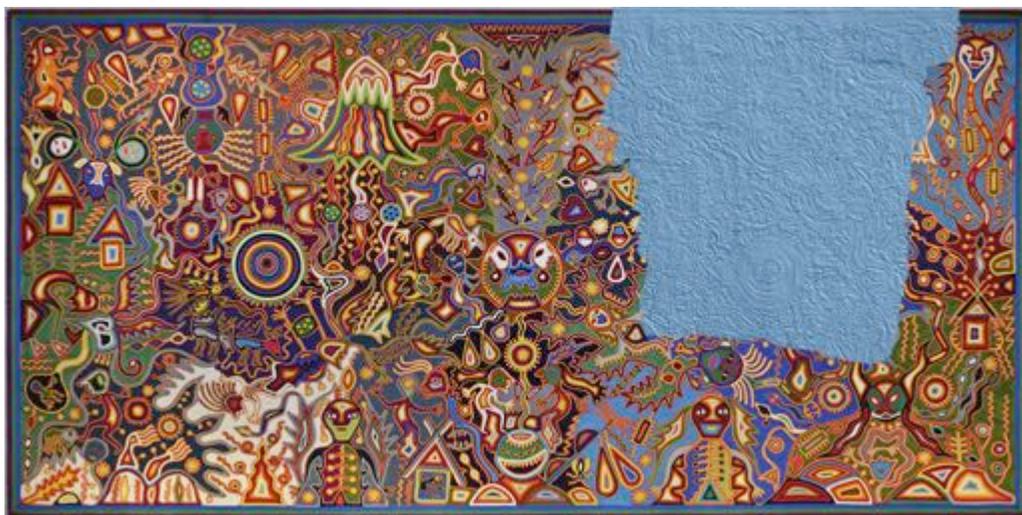


Figura 12. Vista de la tabla *wixarika* en fotografía con detalle en malla poligonal.  
Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.



La exposición abriría un espacio dedicado a atender necesidades didácticas y de accesibilidad. Es por ello que se consideró la elaboración de una réplica exacta generada a partir de un modelo tridimensional que pudiera ser tocada por todo público y en especial por personas invidentes y débiles visuales, a fin de no obstaculizar la transmisión de conocimientos de la exposición. Esto además permitió registrar el estado de conservación de la pieza y tener el archivo digital para el museo que la resguarda.

Otro caso consiste en 11 piezas de copal recuperadas del contexto subacuático de la laguna de la Luna en el Nevado de Toluca, Estado de México. Debido a su estado de deterioro avanzado han permanecido sumergidas en cajas con agua y en refrigeración, tratando de mantenerlos en condiciones lo más parecidas a las de su hallazgo. Por tanto, mientras se realizan estudios para saber las causas de su deterioro y se desarrolla un tratamiento para su conservación a largo plazo, el *Proyecto de Arqueología Subacuática en el Nevado de Toluca* de la Subdirección de Arqueología Subacuática (SAS) planteó la necesidad de realizar algunas réplicas como recursos didácticos y de exposición. Debido a que las piezas son sumamente frágiles y requieren estar constantemente humectadas, no pueden ser manipuladas. Así, la mejor forma de registro para su reproducción fue mediante escaneo de luz estructurada, modelo a partir del cual se llevó a cabo la impresión 3D.<sup>3</sup>



Figura 13. Comparativa de dos piezas de copal: vistas en fotografía, malla triangulada e impresión 3D.

Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

<sup>3</sup> Se conoce como impresión 3D al proceso de *fabricación por adición o manufactura aditiva*, que es una técnica en la cual se construye un objeto físico a partir de un archivo digital mediante la deposición sucesiva de capas de material (Morales, 2013; Fressol y Smith, 2015: 112-125).

El último caso corresponde a nueve esculturas de glifos mayas que alberga la Sala Maya del MNA y provienen del *Templo Olvidado* de la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas. En este caso, el objetivo del modelo es la producción de un molde para vaciado, a partir del cual se pueda realizar una réplica del mismo material de las piezas originales.



Figura 14. Malla poligonal de glifo del Templo Olvidado. Imagen: Laboratorio 3D, ©CNCPC-INAH, 2016.

### Formación y difusión

Parte de la misión del Laboratorio 3D de la CNCPC es la de transferencia de conocimiento, puesto que a medida que se conozcan más las tecnologías de digitalización 3D y cómo interpretar sus datos, éstos traerán más beneficios al cuidado del patrimonio cultural y, por ende, a nuestra sociedad.

Por un lado, se ha buscado difundir el trabajo que se realiza en el Laboratorio 3D mediante la participación con ponencias en foros y congresos como han sido el *2do Congreso internacional el patrimonio cultural y las nuevas tecnologías*<sup>4</sup> y el *1er Encuentro internacional sobre patrimonio cultural de Oaxaca*.<sup>5</sup> A la par, se han publicado artículos en revistas especializadas como *CR. Conservación y Restauración* (García *et al.*, 2015: 45-50 y Álvarez *et al.* 2016: 34-39) y la publicación *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales: experiencias recientes desde México* (López-Armenta, 2016: 156-166).

<sup>4</sup> 2015 Ponencia "Tecnologías 3D para el registro, diagnóstico e investigación para la conservación de bienes culturales" en el *2do Congreso Internacional El Patrimonio Cultural y las Nuevas Tecnologías*, Ciudad de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

<sup>5</sup> 2016 Ponencia "Los jugadores de pelota de Dainzú. Registro y documentación con escáner 3D" en el *1er Encuentro Internacional sobre Patrimonio Cultural de Oaxaca*, Oaxaca de Juárez, Centro INAH Oaxaca/Zona Arqueológica de Monte Albán.



En cuanto a formación de recursos humanos, en el Laboratorio 3D hemos impartido cursos especializados en digitalización y análisis tridimensionales dirigidos a personas dedicadas a la conservación del patrimonio cultural, así como a estudiantes de programas afines<sup>6</sup>. Además, a través de asesorías personalizadas, se ha capacitado en la generación, manejo e interpretación de modelos tridimensionales tanto a personal de la CNCPC como a prestadores de servicio social de las carreras de arquitectura y restauración de bienes muebles.

## Conclusiones

En una sociedad tan cambiante como la nuestra, conforme la tecnología avanza, nos vemos obligados a transformarnos a la par: se modifican las formas de comunicación, el aprendizaje y el modo en que nos acercamos al patrimonio cultural. Es por ello que, quienes trabajamos para la conservación del patrimonio cultural, debemos evolucionar también en nuestras metodologías y en nuestros medios de difusión. Las tecnologías de registro tridimensional no sólo nos aportan herramientas para el diagnóstico y la conservación documental de los bienes culturales, sino que pueden ser aprovechadas para dar a conocer nuestro patrimonio y el trabajo que realizamos para preservarlo.

A través de la implementación de estas tecnologías, hemos modificado también la forma en que se llevan a cabo las investigaciones. En el Laboratorio 3D y en la CNCPC trabajamos en colaboración con especialistas de varios centros de trabajo en toda la República Mexicana e incluso en el extranjero. Algo que ha favorecido estas colaboraciones es que los modelos tridimensionales nos aportan información que antes sólo era obtenible del objeto mismo y que ahora se puede consultar en cualquier lugar.

En este texto se bocetó, a grandes rasgos, una porción de la gran variedad de resultados que pueden obtenerse a partir de la digitalización tridimensional. Esperamos sirva al lector como invitación al aprovechamiento de los modelos tridimensionales e inspire nuevas aplicaciones de los mismos, puesto que el levantamiento 3D es solo una parte del trabajo. La otra parte es la interpretación de los datos, y esa dependerá del enfoque que el usuario dé a dicha información.

---

<sup>6</sup> “Curso taller Digitalización y Análisis 3D” impartido en la CNCPC en Marzo 2016; 2do “Curso taller Digitalización y Análisis 3D” impartido en la CNCPC en Abril 2016; “Curso Digitalización 3D del Patrimonio Edificado” impartido en la Maestría en Reutilización del Patrimonio Edificado de la UAM Xochimilco en Mayo 2016.



### Referencias

Agnew, Neville, Jake Barrow, Martha Demas, Dabney Ford, Thomas Roby, Nicholas Stanley-Price, Michael Romero Taylor y Jeanne Marie Teutonico (2004) "El reenterramiento de los sitios arqueológicos", *Boletín ICCROM* (30): 12-13.

Álvarez Jacinto, Sandra María, Gilberto García Quintana, Salvador Guillén Jiménez, Fanny Magaña Nieto y Norma Cristina Peña Peláez (2016) "Tecnología 3D como herramienta para la investigación de órganos históricos. El caso de San Bartolomé Matlahocan, Tlaxcala", *Boletín CR, Conservación y Restauración*, [en línea], (8), 34-39, disponible en: <<http://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/?p=1709>>, [consultado el 8 de mayo de 2017].

Fressol, Mariano y Adrian Smith (2015) "Impresiones 3D y fabricación digital ¿una nueva revolución tecnológica?", *Integración y Comercio*, [en línea], (39): 112-125, disponible en: <<http://www19.iadb.org/intal/icom/notas/39-18/>>, [consultado el 11 de mayo 2017].

García Quintana, Gilberto, María Fernanda López-Armenta y Celedonio Rodríguez Vidal, (2015) "Levantamiento de alta definición con escáner láser 3D. Estructura B Muro Este Zona Arqueológica de Tula", *Boletín CR, Conservación y Restauración*, [en línea], (6), 45-50, disponible en: <<http://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/?p=1359>>, [consultado el 8 de mayo de 2017].

López-Armenta, María Fernanda (2016) "La importancia de crear un acervo digital tridimensional del patrimonio cultural de México", en Diego Jiménez-Badillo y Manuel Gándara Vázquez (eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales. Experiencias recientes desde México*, Ciudad de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp. 156-166.

Martínez Muriel, Alejandro (1988, septiembre-octubre) "La arqueología histórica del INAH", *Antropología, Boletín oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, Nueva época (22): 5.

Morales, Carlos (2013) "Impresión 3D, ¿qué diablos es eso?", *Forbes México*, [en línea] disponible en: <<https://www.forbes.com.mx/impresion-en-3d-que-diablos-es-eso/>>, [consultado el 11 de mayo 2017].

### Agradecimientos

Al Conacyt por el apoyo otorgado para la implementación del Laboratorio 3D de la CNCPC (Conacyt INFR-2015-01-251436).

Los proyectos de digitalización se han realizado en colaboración con diferentes equipos de trabajo, es por ello que queremos agradecer a los participantes por sus valiosas aportaciones: *Departamento de Conservación Arqueológica In Situ (CNCPC)*, Proyecto Serpientes Emplumadas y Palacio de Atetelco, Teotihuacan, Estado de México; Área de Conservación Histórica In Situ (CNCPC), Proyecto Órgano de Matlahocan, Tlaxcala; Taller de Escultura policromada (CNCPC), Proyecto esculturas Epazoyucan, Hidalgo; *Centro INAH Tlaxcala*, doctor Aurelio López Corral, Proyecto Tepeticpac, Tlalancaleca y Catálogo de piezas arqueológicas, Tlaxcala; *Taller de Textiles (CNCPC)*, *Zona Arqueológica de Tlatelolco*, Proyecto Ofrenda no. 5 de Tlatelolco, Ciudad de México; *Programa Nacional de Conservación de Manifestaciones Gráfico Rupestres (CNCPC)*, Proyecto Cuevas Pintas, Baja California Sur; *Proyecto de Atención a zonas Arqueológicas de Oaxaca (CNCPC)*, Proyecto Jugadores de Pelota Dainzú, Oaxaca; *Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones, Museo Nacional de Antropología*, María del Pilar Cuairán Chavarría, Proyecto tabla *wixarika*; Proyecto Conservación de los objetos de copal recuperados del contexto subacuático lacustre de la Laguna de la Luna del Nevado de Toluca (CNCPC), Proyecto de Arqueología Subacuática en el Nevado de Toluca (SAS), Proyecto Copales de la Laguna de la Luna, Nevado de Toluca, Estado de México, *CNCPC*, restauradora Luz de Lourdes Herbert Pesquera, Proyecto Glifos del Templo Olvidado de Palenque, Chiapas.

A Michel Segura Pérez y Alberto Soto Villalpando por el apoyo en la realización del levantamiento y modelo fotogramétrico de la Ofrenda no. 5 de Tlatelolco.

