



59.

**PROPUESTA METODOLÓGICA
PARA EL ESTUDIO, DIAGNOSIS Y CONSERVACIÓN
DE LA ARQUITECTURA PREHISPÁNICA
EN OXKINTOK, YUCATÁN**

Luis R. Pantoja Díaz, Luis J. Venegas de la Torre y Víctor J. Ley Paredes

XXXIII SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA
15 AL 19 DE JULIO DE 2019

EDITORES
BÁRBARA ARROYO
LUIS MÉNDEZ SALINAS
GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

REFERENCIA:

Pantoja Díaz, Luis R.; Luis J. Venegas de la Torre y Víctor J. Ley Paredes
2020 Propuesta metodológica para el estudio, diagnosis y conservación de la arquitectura prehispánica en Oxkintok, Yucatán. En *XXXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2019* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 757-769. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO, DIAGNOSIS Y CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA PREHISPÁNICA EN OXKINTOK, YUCATÁN

Luis R. Pantoja Díaz
Luis J. Venegas de la Torre
Víctor J. Ley Paredes

PALABRAS CLAVE

Yucatán, Oxkintok, Clásico Temprano, Conservación arquitectónica.

ABSTRACT

This article demonstrates the importance of diagnostics and analyses of architectural heritage within the larger framework of heritage intervention. In order to further knowledge on the buildings and their construction materials, we report on the use of photogrammetry for architectural registries and the monitoring of pathologies and signs of deterioration, as well as the results of a series of mechanical tests, which were utilized for the characterization of construction materials. The buildings under analysis belong to the Ah Canul, May, and Dzib architectural compounds at the Classic (AD 300-600) Maya site of Oxkintok, located in the Maxcanú municipality of the state of Yucatán, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El patrimonio arquitectónico está conformado por dos aspectos esenciales: el elemento físico, (los materiales que lo constituyen) y el espacio arquitectónico (cargado de valores y significados), es por ello, que el patrimonio arquitectónico arqueológico representa la prueba material de la cultura que la elaboró, por lo que la tarea de investigación-conservación, conlleva una labor especializada que implica determinar el estado de preservación de los edificios y su sistema constructivo, sus materiales de fábrica, los grados de intervención al cual se quiere llegar, los tipos de intervención que se deben aplicar con el apego a las normas vigentes y los principios teóricos con enfoque en materia de conservación-restauración.

El patrimonio arqueológico en México ocupa un lugar preponderante como elemento y símbolo de nuestra identidad nacional y por ley, es propiedad de todos los mexicanos y corresponde al estado a través de sus instituciones competentes, ponerlo al alcance de

los ciudadanos. Sin embargo, la conservación y puesta en valor de estos recursos culturales, no es considerada con la debida importancia, a pesar de que son elementos esenciales para el desarrollo económico a través del uso turístico. Aunado a ello, no existen los suficientes planes de manejo ni programas con los recursos suficientes que permitan su ejecución.

En el área maya se cuenta con una cantidad importante de patrimonio prehispánico edificado, el cual ha sido intervenido desde varios enfoques metodológicos y técnicos, con aciertos y desaciertos, desde el uso de materiales constructivos diversos hasta los aspectos socioeconómicos de su uso, que ahora permiten al nuevo usuario –el turista– acercarse al pasado a través del elemento arquitectónico rehabilitado con fines contemplativos.

Este trabajo expone la importancia que tiene el diagnóstico y análisis de patrimonio edificado en la intervención patrimonial, al adentrarse al conocimiento de los edificios, sus materiales de fábrica, empleando la fotogrametría para el registro y monitoreo de la ar-

quitectura, patologías y deterioros, así como los resultados de una serie de pruebas mecánicas aplicadas para la caracterización de los materiales constructivos. Las construcciones abordadas para este fin forman parte de los conjuntos arquitectónicos *Ah Canul, May y Dzib*, de *Oxkintok*, una de las ciudades prehispánicas del periodo Clásico Maya (300-600 DC); emplazada en el municipio de Maxcanú, Yucatán.

EL PATRIMONIO EDIFICADO

En la arqueología, la arquitectura no sólo se concibe como un elemento construido, un buen diseño, su funcionalidad, su estética y significado; sino también, su relación con el entorno medio ambiental y social, representado con una población de características particulares, con preferencias y costumbres, con una historia propia, que se traduce en su forma de vivir, y esto a su vez, en su propia arquitectura (Florentín y Granada 2009:4) (Figura 1).

Por ello la arquitectura es la evidencia material que trasciende a través del tiempo, así mismo refleja, aspectos como: el nivel tecnológico alcanzado, la cosmovisión, las relaciones socio culturales, aspectos económicos, la organización social y política de la sociedad que la construyó; hablamos de un patrimonio material, que crea un sentir y vivir determinado; cada grupo social ha tenido la necesidad de mantener su continuidad y ésta ha sido la función inicial de la memoria; la cual se ha transmitido a través de una variedad de lenguajes: corporales, orales y visuales (Florescano 1999:13).

Asimismo, de acuerdo con Webster (1998), la arquitectura es entendida como un medio ambiente construido, es una expresión de largos procesos, a través de los cuales los miembros de una sociedad fueron elaborando patrones ideológicos, de diseño, de organización del espacio, así como también acumularon conocimientos científicos y prácticos, que se transmitieron a lo largo de generaciones, cristalizando en la construcción de un hábitat puramente humano donde desarrollaron sus actividades cotidianas; es por esto, que la arquitectura se concibe como una construcción social (Berger y Luckmann 2001) (Figura 2).

La arquitectura maya constituye uno de los más importantes géneros de estudio, con una fuerte identidad que se ve reflejada a través de sus elementos estilísticos, ornamentales, constructivos, técnicos y espaciales (Ley 2011:54). Por consiguiente, la expresividad resultante enmarca diacrónica y sincrónicamente todos los eventos desarrollados durante los diferentes estadios evolutivos

que tuvieron los mayas prehispánicos.

Concebir la arquitectura como un legado, es un compromiso que nos lleva a entender la responsabilidad que se tiene como especialistas e investigadores, con el compromiso de formar y preservar una identidad. De acuerdo con la carta de Zimbabue de 2003; *“las estructuras del patrimonio arquitectónico, por su propia naturaleza e historia (material y constructiva), plantean desafíos específicos en la diagnosis y la restauración que limitan la aplicación de las normas y reglamentos actuales sobre edificación”* (ICOMOS 2015).

Asimismo, según Terán Bonilla, el patrimonio arquitectónico está conformado por dos aspectos coexistentes: *“el primero corresponde a la materia física o sea el conjunto de materiales constructivos que lo constituyen y, el segundo al espacio arquitectónico (con todos los valores que implican: el valor histórico, el estético su antigüedad, su tipología, el aspecto simbólico, el valor que tiene para la comunidad en que está inmerso, mismo que está delimitado por materiales constructivos, y teniendo en cuenta que la interrelación de dichos espacios es la que le dará el carácter o sentido a cada género arquitectónico”* (Terán 2004:102) y comprendiendo los preceptos anteriores se deberá considerar la importancia de los elementos arquitectónicos prehispánicos y su preservación.

LA DIAGNOSIS Y LAS PATOLOGÍAS

En la investigación de los monumentos arquitectónicos prehispánicos uno de los principales pasos es conocerlo, por ello la diagnosis es una de las primeras tareas que hay que realizar, pues en ésta se incluyen los aspectos históricos, arquitectónicos, constructivos, además de los aspectos arqueológicos, estéticos y simbólicos del monumento a intervenir.

Asimismo, es importante adentrarse a sus patologías, término que es entendido dentro del campo de la intervención patrimonial, como el estudio de las anomalías, deterioros y lesiones que aparecen en un edificio o en alguna de sus unidades, causado por un agente interno o externo (Monjo 2001:299) que pueden tener orígenes fisicoquímicos, mecánicos, biológicos y antrópicos (Figura 3).

La diagnosis o diagnóstico, nos ayuda a determinar mediante el análisis de datos e información, qué es lo que está pasando y cómo podríamos reparar, mejorar o corregir una situación. Para ello, en la carta de Zimbabue antes mencionada, en su artículo 2.2 se establece la necesidad de: *“...primero analizar los datos disponibles*

para después poder elaborar, si es necesario, un plan de actividades más amplio adecuado a los problemas de la estructura” (ICOMOS 2015).

Para el caso que nos ocupa; “*el diagnóstico se basa en información histórica y análisis cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo parte de la observación directa del daño estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo precisa ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura*” (ICOMOS 2015).

Los resultados de la diagnosis serán el punto de partida para el planteamiento de una propuesta de intervención adecuada de un monumento arquitectónico (histórico o arqueológico), “*en donde se evalúe el grado de intervención para cada caso y se consignen los tipos de intervención que se realizarán en el inmueble, llevando una secuencia y orden en dichas acciones, asimismo deberá estar fundamentado en los principios teóricos de la Restauración*” (Terán 2004), buscando siempre determinar las causas del daño y el deterioro, para corregir desde el origen y finalmente evaluar el nivel de seguridad de la estructura del monumento.

OXKINTOK, YUCATÁN. CASO DE ANÁLISIS

La ciudad prehispánica de *Oxkintok*, también conocida como *Maxacan* o *Tzat Tun Tzat* (Barrera 1980), se ubica a 6 km de la cabecera de Maxcanú, a 70 kilómetros de la ciudad de Mérida. Básicamente asentada en una planicie a las orillas de la cordillera *Puuc*, la cual representa un referente regional, cultural y económico. Como ciudad prehispánica, es catalogada en el Atlas Arqueológico del Estado de Yucatán (Garza y Kurjack 1980) como sitio de rango II y fue considerada durante varias décadas como la capital de la región serrana antes de la hegemonía de Uxmal, y presenta un área de mayor concentración de estructuras monumentales o abovedadas que ocupa aproximadamente 1,5 km² de una suave depresión o valle que discurre paralelamente al sur de la cordillera *Puuc* (Figura 4).

Este sitio, cuyos inicios según Rivera Dorado (1986, 1987, 1996) se fechan para el periodo Clásico Temprano (250/300-500 DC), tuvo una tradición cultural procedente del Petén Guatemalteco que se manifestó no sólo en los patrones de diseño arquitectónico y de organización del espacio, sino también en la cerámica, los materiales líticos, el uso de la cuenta larga y en las costumbres funerarias. Su privilegiada posición geográfica (cercana al mar y en la confluencia de las serranías Este

y Oeste del cordón *Puuc*), nos indica que en tiempos antiguos debió de constituir un importante centro estratégico, desde el punto de vista político y económico (Vidal 1994:17).

Los primeros trabajos de restauración arquitectónica en el sitio de *Oxkintok*, inician a partir de 1986, a través de un proyecto ejecutado por la Misión Arqueológica de España en México (MAEM), concluyendo hasta 1991 y cuyo objetivo pretendía reconstruir la organización social de los habitantes del lugar y los cambios que experimentó el sitio en las distintas fases de ocupación. También, consideraron prioritario el estudio del orden político antiguo, es decir, los modos de gobierno y el papel que jugó la ciudad en la historia de los reinos de Yucatán (Rivera 1986:92) (Figura 5).

El INAH a través de su delegación en Yucatán continuó con los trabajos en la zona arqueológica de *Oxkintok*, desde marzo de 1996 hasta el 2002 (Morales 2008: X; Velázquez 2001), bajo la dirección del Arqlogo. Ricardo Velázquez Valadez, enfocados a la continuación de la investigación y restauración arquitectónica en los principales conjuntos; *May, Ah Canul y Dzib* de la antigua ciudad. Posteriormente, la investigación en *Oxkintok* se postergó por más de una década, quedando en una etapa de receso, planteando nuevas investigaciones en 2015 y atiendo las problemáticas que presentan los sitios abiertos al público en México.

EL ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO EN OXKINTOK

Como se ha mencionado, para la intervención en una edificación patrimonial es necesario el planteamiento de un proyecto adecuado, elaborado sobre la base de un diagnóstico previo, que brinde la mayor cantidad de información sobre la edificación objeto de estudio, su historia, principales deterioros, las causas de estos, su evolución y los posibles tratamientos para su conservación.

De acuerdo con la normatividad vigente en conservación del patrimonio edificado (Cartas de restauración y disposiciones federales), es esencial la elaboración de un análisis que conduzca a la conservación de los edificios, y que permita frenar o corregir el deterioro en su estructura. El diagnóstico como herramienta es indispensable para tener un punto de partida y tener conocimiento sobre sus aspectos medulares que requieren de una pronta intervención y solución.

Los diversos criterios de intervención aplicados a los monumentos arqueológicos a través de los años en *Oxkintok* han propiciado otras afectaciones, haciendo que la lectura de la arquitectura que se ofrece al pú-

blico sea distorsionada, incompleta e interpretable. Por ello, tomando como referentes lo anterior y los resultados del diagnóstico usados en el sitio arqueológico de *Chichén Itzá* por Huchím y colaboradores (Huchím *et al.* 2013), se realizó un primer diagnóstico en *Oxkintok* (Pantoja 2016) que se complementó en la temporada 2017, permitiendo determinar el estado de conservación de los edificios y sus patologías más recurrentes.

En este primer acercamiento de diagnóstico, el estudio fue de tipo cualitativo, que consistió en la recolección y análisis de datos a través de la observación directa, los cuales fueron plasmados en cédulas elaboradas ex profeso, lo que permitió documentar las afectaciones y priorizar las intervenciones en cada edificio (Figura 6).

METODOLOGÍA, EL REGISTRO CON FOTOGRAMETRÍA

El avance tecnológico, ha permitido, un avance en los procesos de intervención y registro para la elaboración de los diagnósticos arquitectónicos. A pesar de que existen ejemplos de análisis arquitectónicos para evaluar el estado de conservación, el planteamiento de las herramientas digitales, permiten el monitoreo de los edificios desde diversos aspectos.

La fotogrametría es entendida como una ciencia y tecnología que emplea un conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales podemos conocer la forma y las dimensiones de un objeto a partir de fotografías (Hernández 2006; Santamaría y Sanz 2011). Esta técnica ha sido empleada en el ámbito de la cartografía desde finales del Siglo XIX, evolucionando a lo largo de los años, de la mano con los avances tecnológicos. Podemos clasificar los distintos tipos de fotogrametría de acuerdo con el prototipo de imagen empleada, ya sea terrestre o aérea; o bien, según el procesamiento empleado, teniendo procesos analógicos, analíticos y digitales (Hernández 2006), siendo estos últimos los más empleados en la actualidad.

El fundamento metodológico se basa en el análisis de las fotografías para detectar puntos en común y a partir de la restitución de los haces de proyección, se obtienen las coordenadas del punto a partir de un eje de referencia relativo, permitiéndonos reconstruir la geometría del elemento fotografiado (Hernández 2006). La correcta aplicación de esta herramienta conlleva a generar modelos tridimensionales de alta calidad, resolución y precisión; es por ello que también se le puede considerar como un método pasivo de escaneo 3D, que, a diferencia de los métodos activos, no

irradian una señal, sino que se limitan a captar la luz que emite el elemento.

El desarrollo de la tecnología digital de la última década ha planteado un escenario con cámaras fotográficas, procesadores y softwares de gran capacidad con costos cada vez menores, lo que ha llevado a la aplicación de la fotogrametría en diversos ámbitos ordinarios y científicos. Dentro de la arqueología se ha empleado para el registro de sitios arqueológicos, edificaciones, contextos arqueológicos, unidades de excavación y bienes muebles, proporcionando resultados idóneos (Moyano 2017; Venegas *et al.* 2018; Venegas 2019).

Para el caso de *Oxkintok*, se planteó el uso de la fotogrametría por la necesidad de contar con un registro fotográfico y tridimensional de las construcciones, su estado de conservación, las patologías y agentes de deterioro presentes en ellas. Para ello se emplearon imágenes aéreas adquiridas mediante un Vehículo Aéreo No Tripulado (Dron) marca DJI Phantom 3 con cámara integrada de 12 megapíxeles, así como imágenes terrestres obtenidas con una cámara Nikon Coolpix de 14 megapíxeles.

Las estrategias diseñadas para el levantamiento fotográfico de cada estructura incluyeron la preparación del área circundante, colocación de puntos de control en los paramentos y pavimentos, toma de fotografías aéreas y terrestres; y el procesamiento fotogramétrico empleando el software Agisoft Photoscan.

Esta metodología permitió obtener modelos tridimensionales de 15 estructuras (grupos *May. Ah Canul y Dzib*), nubes de puntos de alta densidad, modelos digitales de elevación con resolución milimétrica, así como diversos ortomosaicos de alta resolución vista en planta y de cada uno de los paramentos, interiores y exteriores. Estos archivos digitales fueron empleados para el mapeo de las patologías y los agentes de deterioro de los edificios arquitectónicos (Figura 7).

LAS CÉDULAS DE REGISTRO, COMO HERRAMIENTA BÁSICA

Para la diagnosis se acondicionó una cédula de registro que retoma algunos aspectos de formatos similares aplicados previamente en *Oxkintok* (Pantoja 2016) y en otros sitios arqueológicos de la región (Huchím *et al.* 2013, Huchím s/f). La cédula generada está compuesta por seis apartados: 1) los datos generales de la estructura, 2) rasgos arquitectónicos, 3) registro de las patologías identificadas, 4) imágenes de las patologías principales, 5) planos de las patologías, y 6) propuesta de intervención.

El primero está enfocado a concentrar la información general de la estructura: incluyendo su numeración, ubicación, clasificación, temporalidad, entre otros, así como el registro de los datos, es decir, el número único de la cédula, la fecha y el nombre de quién levantó.

El segundo apartado generó una matriz que registró la presencia de rasgos arquitectónicos en cada cuerpo o nivel que conformó la estructura. Los rasgos clasificados se organizaron en ocho categorías principales y 22 subcategorías (Figura 8).

El tercer componente registró la presencia y el grado de incidencia (1= bajo, 2= medio y 3= considerable) para las diversas patologías y agentes de deterioro identificados en cada cuerpo, cuarto o subestructura de la construcción y de acuerdo con la fachada, piso o cubierta en la que se localiza. Para ello se realizó una selección de deterioros que se agruparon en patologías mecánicas, fisicoquímicas y humedades, mismas que se subdividen en 16 subcategorías específicas. Mientras que los agentes se agrupan en biológicos y antrópicos; que se desglosan en 10 subcategorías (Figura 9).

Posteriormente, se encuentra el cuarto y quinto apartados, destinados respectivamente para la colocación de fotografías de las patologías o deterioros principales, la inserción de los planos donde se registra la ubicación y el área afectada, por último, en el sexto apartado se expone una propuesta general de intervención para la estructura.

La implementación de esta cédula de registro permitió resumir y organizar la información relacionada con las intervenciones anteriores, las características arquitectónicas y las lesiones que presenta la estructura arqueológica. Lo que consintió realizar una diagnosis más detallada; de tipo mixto, es decir, cualitativa y cuantitativa con la posibilidad de monitorear, priorizar y prevenir afectaciones posteriores. Además, brinda la oportunidad de llevar a cabo análisis comparativos entre construcciones o conjuntos arquitectónicos.

ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE FÁBRICA

La diagnosis también comprende el conocer el sistema y sus componentes constructivos; es decir, su material de fábrica. El sistema constructivo de la arquitectura maya está constituido por cimentaciones (basamentos), apoyos corridos (muros de carga), vanos (jambas y dinteles), cubiertas y circulaciones (escaleras) (Ley 2011), cada uno de ellos juega un papel fundamental en los edificios y en su conjunto, conforman una unidad que trabaja sistemáticamente.

Cada uno de estos elementos tiene una función independiente; sin embargo, trabajan constructiva y estructuralmente en conjunto para distribuir las cargas y esfuerzos de cada sección, este funcionamiento se da, de manera general; los cimientos soportan toda la carga de los apoyos, vanos y cubiertas, en tanto los apoyos soportan a la cubierta y transfieren todos los esfuerzos ejercidos a la cimentación (basamentos) o suelo; y finalmente, la cubierta, que es la que proporciona estabilidad y remata la construcción, transfiere todo su peso a los apoyos, mismos que los transmiten a los basamentos hasta disiparse en el suelo (Ley 2011).

Como se pudo observar, cada parte del sistema es esencial conociendo de qué forma trabaja estructuralmente cada sección del edificio que evitará que se generen daños o afectaciones al componente arquitectónico al momento de intervenir o restaurarlo.

Por consiguiente, se han realizado estudios y pruebas mecánicas (técnicas destructivas y no destructivas) a los pétreos que conforman los elementos del sistema estructural, obteniendo resultados valiosos para el entendimiento del comportamiento mecánico de dichas secciones (Ley *et al.* 2014, 2015).

Cabe señalar que, dentro del sistema estructural los mampuestos que la integran tienen propiedades y características mecánicas diferentes dependiendo del lugar en el cual estén trabajando, es decir, en qué parte del sistema estructural está siendo empleado (Pantoja *et al.* 2018a, 2018b). Esta aseveración es resultado de estudios específicos realizados a los materiales, particularmente de ensayos mecánicos a compresión axial y de tres puntos, acoplados con emisión acústica, aplicados sobre reproducciones de sillarejos de jambas y dinteles (Ley *et al.* 2014 y 2015) (Figura 10).

En tanto, las piedras de revestimiento de los edificios han sido evaluadas con una técnica no destructiva conocida como medición de la dureza superficial, usando un esclerómetro o martillo de rebote. Esta técnica permite medir superficialmente la resistencia mecánica que tiene el pétreo proporcionando valores (MPa), sin dañarlo o comprometerlo, aportando información relevante (tablas de esfuerzo mecánico), convirtiéndola en una herramienta metodológica idónea para el estudio formal de los elementos estructurales, considerando el grado anisotrópico del material pétreo (0° - 90°) (Ley *et al.* 2019).

Por otra parte, los ensayos mecánicos a compresión permiten estudiar la resistencia máxima de los pétreos (curva de esfuerzo-deformación) a través de la extracción de núcleos o corazones de las rocas sometidas a

compresión axial y de tres puntos, aportando valores o parámetros físicos (carga máxima) cuantificables (Ley *et al.* 2014, 2015). Asimismo, esta clase de ensayos pueden ser manejados para analizar los morteros utilizados en la restauración arquitectónica.

Ambas técnicas proporcionan información relevante con referencia al estudio de las propiedades mecánicas de las rocas y permiten correlacionar los datos, aportando mayor calidad en la información recopilada, determinando, contrastando y apoyando aspectos técnico-constructivos de los elementos estructurales de la arquitectura maya. Es decir, nos permite entender el comportamiento mecánico de los elementos y cómo se fractura dentro del sistema estructural (Ley *et al.* 2018).

CONCLUSIONES

Los monumentos arqueológicos son el legado histórico que nos han dejado nuestros antepasados y constituyen nuestro patrimonio arquitectónico, por lo que es fundamental conocerlos, estudiarlos, valorarlos y conservarlos para transmitirlos a las futuras generaciones. Todo esto nos permite comprender a la sociedad que los produjo y a entender el porqué, algunas de las formas de vida actuales, a valorar lo que tenemos y a planear nuestro futuro Terán Bonilla (2004:102).

Por su relevancia, la arquitectura como patrimonio arqueológico constituye el testimonio esencial de las actividades humanas del pasado. Con base a la Carta Internacional para la Gestión del Patrimonio Arqueológico (en ICOMOS 2015); su protección y su adecuada gestión son imprescindibles para permitir a los arqueólogos y a otros científicos estudiarlo e interpretarlo en nombre de generaciones presentes y futuras, y siendo en beneficio de estas (ICOMOS 2015:110-111).

La protección de este patrimonio no puede basarse únicamente en la aplicación de técnicas arqueológicas. Exige un fundamento más amplio de competencias y conocimientos profesionales y científicos. Algunos elementos del patrimonio arqueológico forman parte de estructuras arquitectónicas y, en este caso, deben estar protegidos de acuerdo con los criterios relativos al patrimonio de ese género estipulados en la Carta de Venecia de 1964, por lo que resulta esencial para su protección, conservación e investigación, la colaboración efectiva de especialistas de múltiples y diversas disciplinas.

Contribuyendo a lo anterior, la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas brinda nuevas posibilidades de análisis. En el caso particular de *Oxkintok*, la fotogrametría y sus diversos productos, hizo posible

generar un registro más detallado de los monumentos, componente imprescindible para la elaboración del diagnóstico arquitectónico y la correcta planeación de un proyecto de intervención. Esta herramienta nos brinda la oportunidad de aplicarla de manera periódica, abriendo la posibilidad de realizar un monitoreo del estado de conservación y de los procesos de deterioro de los edificios arqueológicos.

Los resultados de la diagnosis proporcionaron un panorama general del estado de conservación y deterioro que mostraron los edificios de los conjuntos; *Ah Canul, Ah May y Dzib*, al contar con el levantamiento de fichas y cédulas de registro específicos sobre deterioros, patologías y sintomatologías de las edificaciones.

Por otra parte, el estudio del comportamiento mecánico y morfológico de los materiales de fábrica, ayudarán no solo a comprender el comportamiento de los pétreos en las diferentes partes de una estructura, sino el prever futuras lesiones al conocer las propiedades mecánicas de cada elemento constructivo que compone un edificio determinado.

Finalmente, los trabajos de mantenimiento y los diagnósticos en los sitios mayas como Oxkintok permitirán prever y evaluar diversos aspectos importantes en materia de conservación, con los mecanismos adecuados para no comprometer o dañar al patrimonio arquitectónico, llevando a cabo estudios más profundos para brindar alternativas y soluciones de mayor alcance para el patrimonio arqueológico edificado.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Antropología e Historia, la Universidad Autónoma de Yucatán, a los colegas del equipo de trabajo que forman el Proyecto Arqueológico Región de Mérida por su colaboración voluntaria.

REFERENCIAS

- BARRERA VÁZQUEZ, Alfredo
1980 *Diccionario Maya Cordemex*. Ediciones Cordemex. Mérida, Yucatán.
- BERGER, Peter y Thomas Luckmann
2001 *La construcción social de la realidad*. Amorrortu editores. Decimoséptima reimpresión. Buenos Aires. Argentina.

- FLORENTÍN SALDAÑA, María Mercedes y Rubén Darío Granada Rojas
2009 *Patologías constructivas, en los edificios, prevenciones y soluciones*. Editado por Ricardo Meyer C. Decano. Publicación de la Facultad de Arquitectura, diseño y arte. Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.
- Florescano, Enrique
1999 *Memoria Indígena*. Editorial Taurus, México, D.F.
- GARZA, Silvia y Edward Kurjack
1980 *Atlas arqueológico del Estado de Yucatán*, 2 tomos. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- HERNÁNDEZ, David
2006 *Introducción a la fotogrametría digital*, Universidad de Castilla La Mancha, Ciudad Real, España.
- HUCHÍM HERRERA, José
s.f. *Cédula de registro para diagnóstico de deterioro*. Documento inédito. Archivo del Proyecto Uxmal.
- HUCHÍM HERRERA, José; Karol Molina Sánchez, Juan Martínez Rubín, Ana Rosado Torres, Brenda Sonora Martínez y Carlos Reyes Vélez
2013 *Diagnóstico preliminar del estado de conservación de la arquitectura de la zona arqueológica de Chichén Itzá*. Archivo del Consejo de Arqueología. México, D.F.
- ICOMOS
2015 *Cuadernos del Consejo de Monumentos Nacionales*. Segunda Serie N° 111. Primera coedición realizada en conjunto con ICOMOS Chile.
- LEY PAREDES, Víctor José
2011 *La tecnología constructiva de la arquitectura maya del cono sur: Witzinah, Yucatán, un sitio prehispánico del periodo clásico en las tierras bajas mayas*. Tesis de Maestría. Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.
- LEY PAREDES, Víctor; Carlos R. Ríos Soberanis, Pedro Herrera y Luis Pantoja
2014 Evaluating damage and mechanical behavior of mayan archaeological Stone by using Acoustic Emission Technique. En *National Conference Acoustic Emission* (2014):151-156, Sedai, Japan.
- 2015 Bending Mechanical test coupled with Acoustic Emission to Scale Lintels Mayan Archaeological Stone. En *National Conference Acoustic Emission* (2015):189-192, Sendai, Japan.
- LEY PAREDES, Víctor; Juan Cervantes, Emilio Pérez, Carlos Ríos y Suichi Wakayama
2018 Physicochemical and mechanical study of Mayan archaeological stony constructive materials. *Journal of Applied Research and Technology* 16:287-298. México, D.F.
- LEY PAREDES, Víctor José; Luis Raúl Pantoja Díaz y Carlos Vinajera
2019 Estudios de la resistencia mecánica en pétreos arqueológico en la región de Mérida. En *Actas del III Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. pp.537-543. Instituto Juan de Herrera. México, D.F.
- MORALES, Raúl
2008 *Excavación y restauración en Oxkintok, Yucatán: Estructuras CA-4, CA-26 y CA-27*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Antropológicas. Universidad Autónoma de Yucatán.
- MONJO CARRIÓ, Juan y Luis Maldonado Ramos
2001 *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Editores Munillalera, Madrid, España.
- MOYANO, Gonzalo
2017 El uso de fotogrametría digital como registro complementario en Arqueología. Alcances de la técnica y casos de aplicación. *Comechingonia* 21(2): 333-351. Argentina.
- PANTOJA DÍAZ, Luis
2016 *Informe técnico. Diagnóstico de deterioro. Proyecto Oxkintok. Investigación y conservación arquitectónica*. Documento entregado al Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Archivo Técnico, México D.F.
- PANTOJA DÍAZ, Luis R.; Víctor Ley y Mario Zimmerman
2018a Conservación e investigación en el Grupo Ah Canul de Oxkintok. Yucatán. En *Memoria del Cuarto Simposio de Cultura Maya Ichkaantijoo 2017* (editado por Á. Góngora), pp.64-78. Maldonado editores. Mérida Yucatán.

PANTOJA DÍAZ, Luis R.; Víctor Ley Paredes, Mario Zimmerman, Iliana Ancona y Elia Zaldívar

2018b *Informe Técnico temporada 2017. Proyecto Arqueológico Oxkintok. Investigación y conservación arquitectónica*. Documento entregado al Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Archivo Técnico, México D.F.

RIVERA DORADO, Miguel

1986 Investigaciones arqueológicas en Oxkintok, Yucatán. *Revista Española de Antropología Americana* 16:87-107. Universidad Complutense, España.

1987 El Proyecto Oxkintok. Introducción. En *Oxkintok 1. Misión Arqueológica de España en México* (editado por Ministerio de la Cultura), pp. 8-17. Madrid, España.

1996 Sobre la cronología de Oxkintok. *Revista Española de Antropología Americana* 26:57-75. Universidad Complutense de Madrid, España.

SANTAMARÍA PEÑA, Jacinto y Teófilo Sanz Méndez

2011 *Fundamentos de la fotogrametría*. Universidad de la Rioja, Logroño, España.

TERÁN BONILLA, José Antonio

2004 Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. *Revista Conserva* (8):101-122. Chile

VELÁZQUEZ VALADEZ, Ricardo

2001 *Informes técnicos sobre las actividades arqueológicas y restauración arquitectónica realizadas en el si-*

tio de Oxkintok, Yucatán. Mecanoescrito, Archivo del Centro INAH Yucatán.

VENEGAS DE LA TORRE, Luis J.

2019 Diagnóstico Arquitectónico y fotogrametría. En *Informe Técnico temporada 2018. Proyecto Arqueológico Oxkintok. Investigación y conservación arquitectónica* (editado por L. Pantoja), pp.202-230. Documento entregado al Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Archivo Técnico, México D.F.

VENEGAS DE LA TORRE, Luis; Sergio Uribe y Luis Pantoja

2018 *Aplicación de la fotogrametría aérea como herramienta de registro dentro de proyectos de salvamento y rescate arqueológico*. Ponencia presentada en el V Simposio de Cultura Maya. Ichkaantijoo. Mérida, Yucatán.

VIDAL LORENZO, María Cristina

1994 *El grupo Ah Camul de la ciudad maya yucateca de Oxkintok*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España.

WEBSTER, David

1998 Warfare and Status Rivalry: Lowland Maya and Polynesian Comparisons. En *Archaic States* (editado por G. Feinman y J. Marcus), pp.311-351. School of American Research, Santa Fe.



Figura 1. Vista área del sitio arqueológico Oxkintok, Yucatán (L. Venegas).

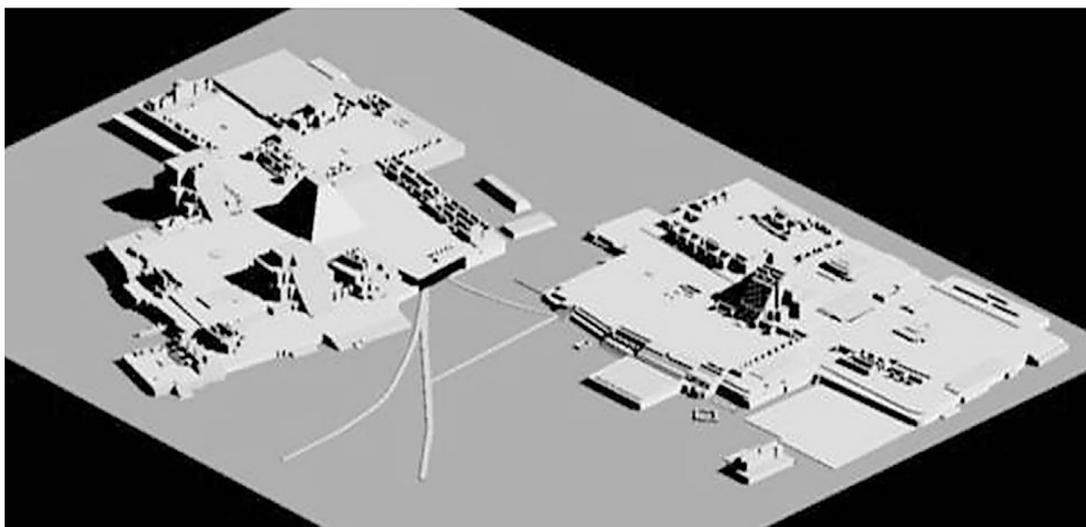


Figura 2. Modelo 3D de los conjuntos arquitectónicos Ah Canul y May (V. Ley).



Figura 3. Ejemplificación de patologías y deterioros en el sitio Oxkintok. a) Grietas, b) humedades y filtraciones, c) desprendimientos, d) grietas y e) vegetación intrusiva. (L. Pantoja).

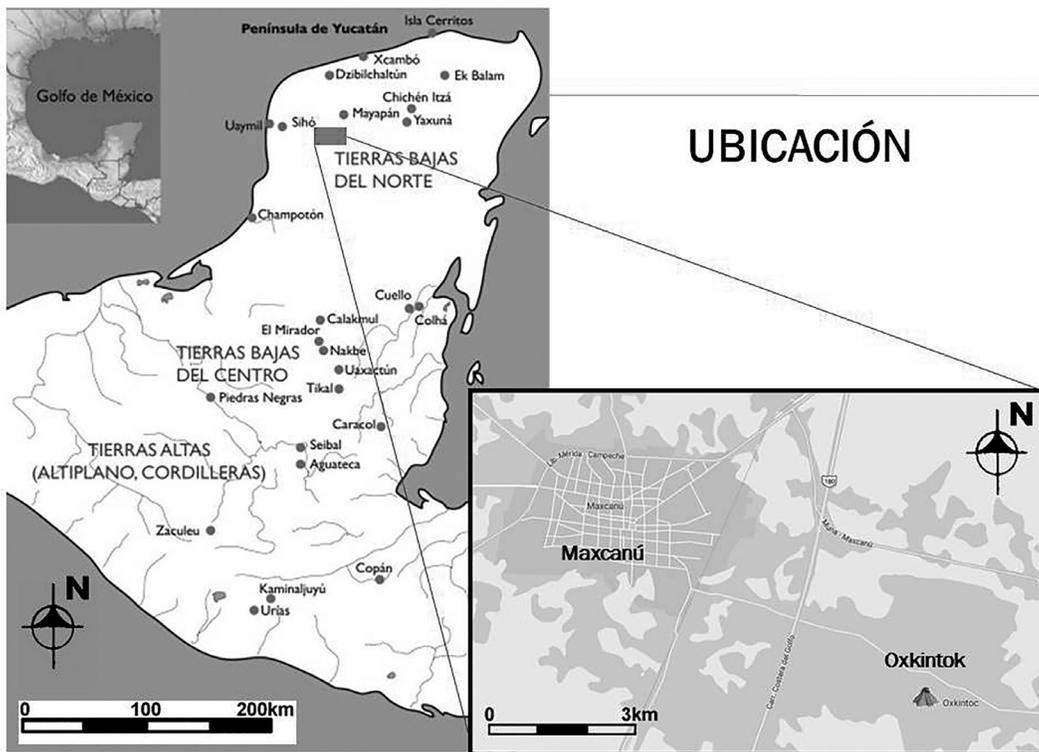


Figura 4. Mapa de ubicación del sitio Oxkintok, Yucatán.

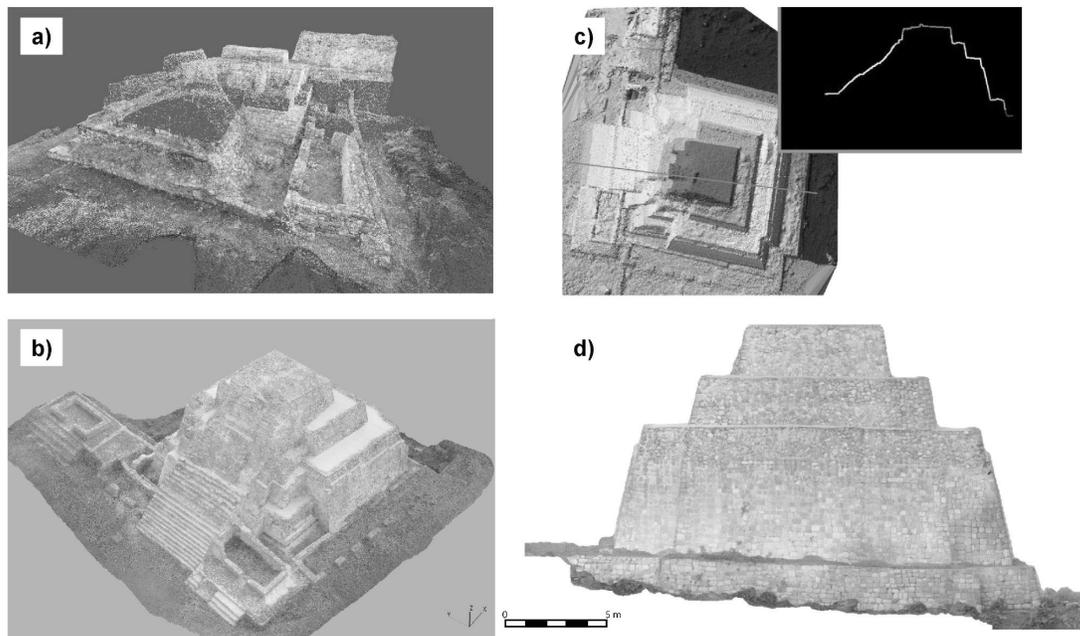


Figura 7. Resultados de la fotogrametría: a) nube de puntos, b) modelo 3D, c) modelo digital de elevación, d) ortomosaicos.



Figura 8. Clasificación de rasgos arquitectónicos (L. Venegas).

ESTRUCTURA CA-13	PATOLOGÍAS																				OBSERVACIONES LESIONES PRINCIPALES											
	MECÁNICAS					FISICOQUÍMICAS					HUMEDADES			BIOLÓGICAS				ANTRÓPICAS														
	DEFORMACIONES	DESPENDIMIENTOS	PERDIDA DE SILLARES	PERDIDA DE RELLENOS	PERDIDA DE JUNTAS	GRIETAS	FISURAS	FRACTURAS	OTRO	DISGREGACIÓN	EROSIÓN	CORROSIÓN	EFLORESCENCIAS	EXFOLIACIONES	OTRO	DESCENDENTE	ASCENDENTE	CONDENSACIÓN	FLORA	FAUNA		LIQUENES	MICROORGANISMOS	DEPOSICIONES	EXCREMENTOS	OTRO	SAQUEO	VANDALISMO	DEPOSICIONES	MATERIALES INADECUADOS	OTRO	
CUERPO 1	N																															VEGETACIÓN QUE COMIENZA A GENERAR DISGREGACIÓN Y EMPUJES
	S																															
	E																															
	W						1			1	1		1			1	1		1	1	2								1			
	P															1	1		2			1								1		
CUERPO 2	N					2	1	1		1	1	1			1	1		2	2	3	3							1	1		PRESENCIA CONSIDERABLE DE HUMEDAD, CAUSANDO CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN Y LIQUENES, DISGREGANDO Y CREANDO EMPUJES ACUMULACIÓN DE BASURA ORGÁNICA DE PROCESOS DE LIMPIEZA	
	S	1				2	1	3		1	1	1	1		1	1		2	2	1	2	1	1				1	1				
	E	1				2	1	3		1	1	1	1		1	1		3	3	1	2	1	1				1	1				
	W					1	1			1	1	1	1		1	1		2	2	1	1	1	1				2	1				
	P						1	1			1				1	1		2	2	1	1	2	2				1	1				
CUERPO 3	N					1	1			1	1		1		1	1		2	1	2	2								1		PRESENCIA DE HUMEDAD Y VEGETACIÓN OCASIONA GRIETAS Y FISURAS	
	S					1	1	1		1	1	1	1		1	1		2	1	1	1								1			
	E	1	1			1	1			1	1	1	1		1	1		2	1	2	1								1			
	W					1	1			1	1	1	1		1	1		2	1	2	2	1	1						1			
	P						1	1			1	1			1	1		2	1	2	2	1	1						2			

Figura 9. Cédula de registro de patologías aplicada a Oxkintok, Yucatán.



Figura 10. Pruebas mecánicas: a) Ensayo mecánico a compresión con equipo Satec System Instron FI-UADY, b) Ensayo mecánico a flexión de tres puntos acoplado con Emisión Acústica, CICY; c) Medición de dureza superficial con esclerómetro, FI-UADY.