



46.

MAPEO Y CARTOGRAFÍA A TRAVÉS
DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS: DESDE
EL TEODOLITO HASTA LOS MODELOS 3D

Tomáš Drápela y Tibor Lieskovský

XXX SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA
18 AL 22 DE JULIO DE 2016

EDITORES

BÁRBARA ARROYO
LUIS MÉNDEZ SALINAS
GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

REFERENCIA:

Drápela, Tomáš y Tibor Lieskovský

2017 Mapeo y cartografía a través de los trabajos topográficos: desde el teodolito hasta los modelos 3D. En *XXX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2016* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 529-538. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

MAPEO Y CARTOGRAFÍA A TRAVÉS DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS: DESDE EL TEODOLITO HASTA LOS MODELOS 3D

Tomáš Drápela
Tibor Lieskovský

PALABRAS CLAVE

Sitio arqueológico Uaxactun, trabajos topográficos, técnicas, metodología.

ABSTRACT

A century of survey research in the Maya area has seen the development of new tools, techniques and methodology, which is illustrated by improving measurements from a system of local coordinates to a global coordinate system used in the past decades. For this reason, analog digital maps became results maintained by the CAD and GIS systems thus promoting the sustainability of the data. However, the accuracy of the data and digitizing and converting a 2D shape to a 3D shape also possible the realization of terrain models and architecture exposed well to obtain a physical reconstruction accurate through printing 3D.

INTRODUCCIÓN

Un siglo de investigaciones topográficas en el área Maya ha visto un desarrollo de nuevos instrumentos, técnicas y metodología. Se intentó ilustrar esta ponencia con el caso del sitio arqueológico de Uaxactun del cual la representación cartográfica es conocida por medio de varios mapas desde el año 1924.

Al principio hay que mencionar los atributos generales que pertenecen a los mapas o planos de diferentes tipos, los cuales establecen como las representaciones cartográficas verdaderas. En este sentido, el mapa es un instrumento, sirviendo a las necesidades contemporáneas, la cartografía registra y graba el estado de conocimiento espacial actual del tiempo de su creación. Por eso, la cartografía especializada al cierto lugar geográfico o una región, se forma en dos niveles que hay que tomar en cuenta: 1) el contenido y la finalidad del mapa que reflejan el desarrollo del conocimiento científico, así mismo como la evolución de sus preguntas y teorías (importancia informativa del mapa); 2) la exactitud y precisión que reflejan el estado del desarrollo tecnológico (efectividad informativa del mapa) el cual posibilita los saltos cualitativos del método topográfico en el campo, así mismo como los causan unos instru-

mentos elaborados para las mediciones espaciales. En el caso de Uaxactun se puede mapear ambos niveles mencionados por medio de los resultados cartográficos proviniendo de los trabajos de sus 3 mayores proyectos arqueológicos: el Proyecto del Instituto Carnegie de Washington, el Proyecto Nacional Tikal y el Proyecto del Instituto SAHI y la Universidad de Comenio de Bratislava.

MODELOS CONCEPTUALES DE LA CIUDAD EN LA HISTORIA DEL MAPEO EN UAXACTUN

Observando unos cien años del mapeo transcurrido de las ruinas que representan la ciudad antigua de Uaxactun, se puede entender bien en ambos niveles de la evolución cartográfica en Mesoamérica que empezó en el siglo XIX, pasó todo el siglo XX y ha alcanzado su horizonte actual en el siglo XXI. La importancia informativa del mapa surgió cuando los primeros planos de los sitios Mayas, cumplieron un fin muy simple que consistió en la orientación adecuada en el sitio, así mismo como en una colocación correcta de los objetos valiosos encontrados que permitirían conseguir fondos

económicos para una futura expedición. Los planos de esta época no sirvieron como las representaciones de una ciudad. Mejor dicho, se trató de “unos mapas del tesoro” que proporcionaron las informaciones topológicas y el mínimo de las informaciones topográficas. No hubiera existido ninguna demanda de aquellas hasta la emergencia de la primera concepción científica de la ciudad mesoamericana, particularmente de la ciudad Maya. Por sus localizaciones remotas y la densa cobertura se entendieron los sitios encontrados como los restos de recintos monumentales antiguos sirviendo a la gente concentrada en el lugar al fin de los eventos ceremoniales. La topografía estaba enfocada en los grupos arquitectónicos monumentales, mientras los grupos residenciales quedaron desconocidos al margen blanco del plano. Esta tendencia (realmente se trata de una necesidad lógica) estaba manifestada en el levantamiento realizado por Franz Blom con la ayuda de Monroe Amsden en el año 1924 para la Institución Carnegie de Washington, con la intención de dibujar un conjunto arquitectónico monumental conocido después como el famoso Grupo E de Uaxactun. El levantamiento mencionado posteriormente sirvió de base para el plano publicado en 1937, completado en 1931 por O. G. Ricketson y A. L. Smith, y en 1934-35 por E. M. Shook con el nuevo levantamiento de los Grupos A y B (Ricketson y Ricketson 1937; Smith 1950). Estos planos ya reflejaron cierta manera de una sistematización en el mapeo, registrando también los montículos que acompañan los grupos monumentales. Sin embargo, los grupos residenciales aislados todavía esperaron la realización de sus levantamientos.

Tras concluir los trabajos topográficos de la Institución Carnegie, transcurrieron poco más de tres décadas hasta que Dennis Puleston, como miembro del Tikal Project de la Universidad de Pennsylvania, dirigió la ejecución de una brecha entre Tikal y Uaxactun, dentro del programa “área de sostén de Tikal”, para conocer asentamientos en el área intermedia de ambos sitios (Puleston 1974:303-312). El método de los transectos era una de las respuestas al cambio del modelo de la ciudad maya alcanzando unas características urbanas verdaderas. Asimismo, el desarrollo de la epigrafía afectó en alguna manera el fin de los planos: su contenido reflejó la realidad de los programas dinásticos en el espacio público que repercutió en la modificación del plano de Uaxactun en 1978-79 por I. Graham, del Museo Peabody de la Universidad de Harvard, para adaptarlo a los criterios del *Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions* (Von Euw y Graham 1984).

La finalidad del mapa en este momento proclama generalmente una representación de la centralización del poder en la composición arquitectónica en el centro ceremonial (Valdés 2005), asimismo como unos procesos diacrónicos de urbanización en las áreas residenciales. La ciudad Maya ha abierto los conceptos urbanistas fijándose en la composición urbana espacial. El estudio urbanista dedicado al caso de Uaxactun fue elaborado por Andrea Vitória que ha analizado los puntos de vista evolutivos, tipológicos, estético compositivo y simbólico (Vitória 2015:28). Para conocer más el sistema del urbanismo territorial se necesita salir del propio centro urbano y mapear también de manera sistemática varios grupos residenciales de periferia que delimitan el área de cierta zona urbana. En el caso de Uaxactun, el estudio del sector habitacional había sido realizado por Renaldo Acevedo y Ana María Paz (Valdés 2005). Por sus levantamientos y reconocimiento territoriales dieron a la luz el primer mapa extendido de Uaxactun y R. Acevedo, dedicado a los sectores norteños, ha definido por primera vez los límites norte y este de la zona entera de la entidad urbana antigua de Uaxactun (Acevedo 2012).

En el marco de las investigaciones del proyecto del Instituto SAHI y de la Universidad de Comenio de Bratislava se procesan actualmente todos los mapas anteriormente mencionados (rellenándolos con los resultados del conocimiento prosiguiendo en los sectores sur y oeste, así mismo en los alrededores), en un medio ámbito de SIG el cual permite ampliar el nivel básico de documentación por el nivel analítico y el nivel de visualización.

REPRESENTACIONES GRÁFICAS

Desde las primeras expediciones con interés científico llevadas a cabo en el área Maya hasta la actualidad, ha habido una gran evolución en los sistemas de toma de datos y representación gráfica. Los primeros levantamientos técnicos no contaban con las herramientas de precisión necesarias para la toma de datos con exactitud. El levantamiento topográfico, hasta la segunda mitad del siglo XX, no era un objetivo principal en las expediciones, pero se dibujaban planos que servían sólo como apoyo a la descripción del lugar, como soporte gráfico para situar los monumentos escultóricos y demás objetos de valor, y para orientarse (Vitória 2015:41). “Between times a plan of the ruins as a whole was made, in which one by one the groups of buildings were arranged in their order. This plan, which is extremely useful in spite of unavoidable imperfections, plainly shows the

exact positions of each of the sculptured stones and is the basis of my description” (Maler 1908:81).

La forma tan extendida de representar gráficamente los montículos en planta como pirámides truncadas, lo que algunos arqueólogos conocen como *malerización* (Hutson 2012:284). A pesar de que Maler la empleó pocas veces en sus planos, por ejemplo en el plano de Topoxté, la nomenclatura correcta de esta representación abstracta de los montículos, sería como pirámides truncadas. Sin embargo, el hecho de que ésta sea la forma de representación gráfica más extendida y más aceptada, no significa que sea la más adecuada. “Nunca será una abstracción y representación correcta de la realidad, ya que un mismo dibujo en planta de una pirámide truncada puede representar una infinidad de montículos con diferente altura y pendiente simultáneamente” (Vitória 2015:43). La simplificación ha sido aún mayor, reproduciéndose y divulgándose tan sólo este sistema de representación gráfica, sin datos numéricos complementarios (Fig.1).

Independientemente del tipo de instrumento usado que sea teodolito, estación total o el método de croquis, la representación gráfica en base a las mediciones realizadas a partir de un sistema de coordenadas locales – sin uso de las máquinas de GPS- siempre resulta dando una representación topológica. Los planos topológicos se convierten a los planos topográficos – en la medida de una nomenclatura exacta- por el uso del sistema de coordenadas globales empleado en las últimas décadas. Sin embargo, hay ciertos problemas vinculados al proceso de geo referencias. Así mismo, quedan inevitables imperfecciones. Los trabajos topográficos directamente usando GPS o GNSS y dando los resultados con la altitud de los objetos, tienen un valor de una documentación mejorada. Un levantamiento topográfico profesional representado con sus correspondientes curvas de nivel, es una representación objetiva y lo más realista posible del lugar, sin la interpretación subjetiva del técnico que realiza el levantamiento. Su nivel de detalle va a depender de la cantidad del número de puntos que se tomen y cada cuanto se representen las curvas de nivel. Comparando los dos sistemas, A. Vitória concluyó una propuesta conciliadora entre ambos: “...se propone que siempre que se tengan tanto los datos topográficos representados con curvas de nivel como la interpretación abstracta profesional de un sitio, se adopte la postura de unir estas dos informaciones sin que desaparezca ninguna de ellas, ya que no son dos sistemas de representación incompatibles, es más, podrían entenderse como complementarios” (Vitória 2015:46).

Sin embargo, hay que considerar el riesgo, que teniendo datos de gran precisión (como un buen levantamiento topográfico histórico, un Modelo Digital de Terreno e incluso los datos de un vuelo Lidar) se eliminan estos datos al quedar dentro del perímetro de las pirámides truncadas. Eso es por el carácter de la cartografía que era y será un resultado de la unión de ciencia y arte y hay que prestar atención a la herencia gráfica que ha dejado la cartografía histórica que dificulta el avance con las nuevas tecnologías.

MÉTODOS TOPOGRÁFICOS DEL CAMPO

En la actualidad los trabajos topográficos permiten una alta precisión de las mediciones. Aunque los planos anteriores de Uaxactun (hecho por el Instituto de Carnegie) también estaban en base a las medidas precisas, pero sin utilizar las coordenadas globales (WGS 84) o la visualización global (UTM) no fue posible por ejemplo utilizar el mapa para definir los azimuts astronómicos exactos o enlazar espacialmente o temporalmente a las mediciones de proyectos anteriores.

La armonización de las mediciones históricas está siendo problemática para el uso de varios sistemas de coordenadas locales, uso de un norte estimado o magnético, la ausencia de metadatos (manera y cualidad de medir, número de los puntos, sistema de coordenadas y la altitud desconocidas). Especialmente podría ser un problema grave la armonización de los sistemas de altitud (la altitud de los pisos, las capas culturales, etc.) las cuales por otro lado, podrían ayudar con las resoluciones de las cuestiones estratigráficas en una de los métodos arqueológicos elementales. Desafortunadamente, en su mayoría no es posible la comparación directa (Fig.3) de las altitudes históricas por los puntos diferentes o desconocidos de la altitud cero (o diferentes sistemas de referencias de altura) de cada proyecto.

La medición detallada y precisa puede entregar informaciones cualitativamente nuevas y muchas veces de un carácter esencial. Los planos del Grupo H-Norte sirven como un buen ejemplo (Fig.4): antes los trabajos topográficos recientes lograron un Modelo Digital de Terreno (MDT) del grupo mencionado, no podría ser posible conocer el azimut exacto de su orientación y alcanzar una interpretación apropiada de dicho conjunto. Asimismo, el mapeo logrando un MDT extendido podría conceder una información compleja sobre el sitio, muchas veces muy diferente de los planos en base a croquis o levantamientos topográficos históricos. La medición detallada tiene un potencial cualitativamente

más alto, como LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), solamente si está bien elegida la metodología y el equipo experimentado, que garantiza la selectividad muy importante de este método. Por el medio de vaguadas y dorsales está registrado lo visible en el terreno que selecciona un técnico o un arqueólogo. Por otro lado, el LIDAR mide sin seleccionar: agarra solamente lo que cae en un rayo láser y una parte considerable de los puntos se pierde por ser atrapada por la vegetación, así mismo como muchos detalles desaparecen por el uso de los métodos de filtración e interpolación.

El mayor problema de los trabajos topográficos del método mencionado, consiste en sus gastos extraordinarios de tiempo y de personal. Así mismo, ellos requieren una maquinaria cara y sensible, la presencia del equipo topográfico o un personal profesionalmente instruido. Además, ellos requieren la preparación del terreno seleccionado (limpieza de la vegetación). Por todo eso, la efectividad del uso de este método que resulta en MDT es cuestionable y depende de la metodología y la calidad esperada de las investigaciones y las hipótesis establecidas.

El método más económico en el tiempo requerido, se fundamenta en las mediciones de los montículos por 4 puntos de su base y 4 puntos de encima de la “pirámide truncada”, pero es muy problemático por la subjetividad del topógrafo y podría resultar en una interpretación retorcida de la arquitectura cubierta. Por eso, la medición topográfica detallada de superficie capta el estado del terreno “tal y como está en el determinado momento” y su MDT detallado podría estar interpretado por un arqueólogo en la computadora (usando 2D y 3D vistas rodadas interactivamente). La alternativa económica en tiempo podría ser un escaneo láser que capta una gran densidad de los puntos. A la vez esta gran densidad representa un problema del volumen gigante de los datos que se necesitan procesar, especialmente se requiere una gran capacidad computacional y temporal. Así mismo, este método tiene una necesidad de la limpieza de vegetación y no se trata del método selectivo (las partes invisibles podrían quedarse sin mapear).

UTILIZACIÓN DE MODELOS 3D

Los métodos que producen modelos 3D han aportado una dimensión cualitativamente nueva sobre la documentación de los datos arqueológicos. Se trata del modelo digital de elevación y los modelos producidos por la fotogrametría que facilita captar con fiabilidad los objetos “tal y como están”: capta los datos de su

perficie del plano extendido (p. e. por el vuelo de los drones), de la arquitectura visible, de los monumentos como estelas altares y monumentos escultóricos, de la cerámica y hallazgos diminutos. Así mismo, facilita una documentación del proceso en el tiempo (p. e. las etapas de excavación individuales, monumentos escultóricos antes y después de su limpieza, inmediatamente después la intervención restauradora y conservadora, después de uno, dos o tres años de una intervención (Fig.5). La utilización de modelos 3D permite excavar de una manera más arrojada y a la vez más responsable. Porque la Arqueología es una ciencia destructiva por esencia, es inevitable documentar cada situación en el sondeo, es decir cada paso del proceso de excavación. La documentación 3D permite examinar un sondeo de una manera virtual por otros arqueólogos o volver a medir la profundidad y las dimensiones, así mismo formar una interpretación sin visitar el campo. Se trata de una gran ventaja en la situación del cambio de los arqueólogos en varias temporadas, particularmente para la continuación de la misma excavación por otro arqueólogo. En caso de las intervenciones de restauración y conservación permite en una manera virtual de mapeo de los pigmentos originales de los colores (Fig.6) y permite también la realización de registros exhaustivos. Por otro lado, el desarrollo de esta técnica ofrece en este caso medir el volumen de recubrimientos aplicados dentro de los procesos de protección y de este modo cuantificar su pérdida a medida del tiempo. Por eso, ofrece una documentación exhaustiva de los objetos originales o reconstruidos preservando el mensaje que transmiten para próximas generaciones y a la vez permite enlazar nuevos recursos virtuales.

Asimismo, los modelos 3D virtuales ofrecen la posibilidad de imprimir esos mismos con distintas escalas según las necesidades. La impresión 3D generalmente posibilita el estudio de las réplicas por distintos especialistas y las acerca al público (p. e. podrían servir a los ciegos). Así mismo, ocupa mucho tiempo para producirlas y todavía tiene sus límites (p. e. la distinción espacial de los objetos, el tamaño posible de imprimir, forma de objetos, impresión de los colores), pero va a ir cambiando en un futuro próximo.

CONCLUSIÓN Y REFLEXIÓN DE LOS PROBLEMAS

Las mediciones topográficas siempre serán una parte importante de la documentación arqueológica. Los trabajos de topógrafos se trasladan a una nueva dimen-

sión: las mediciones de superficie hechas por la maquinaria directamente en el terreno serán gradualmente expulsadas por la tecnología LIDAR o VANT (vehículo aéreo no tripulado) las cuales son notablemente más efectivas. Las mediciones detalladas serán hechas por el escaneo láser o la fotogrametría. Sin embargo, será necesario procesar todos los datos obtenidos, poner en el sistema de coordenadas correctas, filtrar, hacer su interpolación, visualizar y consecuentemente interpretar. Mientras serán utilizadas las estaciones totales y GNSS para formar los campos de puntos representando un rango de referencias indispensable para la localización y documentación de las investigaciones, es decir para demarcar los trabajos propuestos en nuevas áreas y eventualmente para las tareas particulares como la localización de hallazgos importantes, mediciones de túneles o mapeo de los restos de la arquitectura todavía visible pero captada con dificultad.

Para el procesamiento de los resultados mantenidos de manera permanente son indispensables los metadatos (sistema de coordenadas, marco de referencias de altitud, el tipo de visualización, técnica y metodología usada, la precisión real de datos que se obtiene, las coordenadas etc.) y mantenimiento de los puntos importantes de la red topográfica en el área de interés. El mismo procesamiento debe realizarse por el software que apoya conservación de los datos 3D y en estos días es muy conveniente el uso de SIG. Ambos métodos brindan grandes posibilidades analíticas y de documentación. De esta manera es posible no solamente tratar y dibujar sino también complementar las informaciones no espaciales (los atributos) que fundamentan los datos para ejecutar un análisis avanzado a base de ellos. Al mismo tiempo se posibilita ver y visualizar los datos de una forma compleja, es decir verlas y analizarlas en un contexto del área investigada completa o del mundo Maya entero. El desarrollo de este tipo permite poner nuevas cuestiones (p. e. como visibilidad espacial, rutas ideales, dimensiones de los campos agrícolas antiguos etc.) y lograr salir de los sitios poniendo las cuestiones arqueológicas en un nivel regional y macro-regional.

Sin embargo, el escaneo 3D brinda varios riesgos en la posible forma de confianza excesiva en los resultados. No todo es documentable, por ejemplo algunos tipos de situaciones (los lugares no accesibles por cámara fotográfica) o algunos tipos de la superficie (monótono, sin estructura o textura, lustroso y brillante como el estuco fresco o superficie vidriada de cerámica). Así mismo, el riesgo considerable podría representar la pérdida del contacto físico con los objetos investigados que po-

dría resultar en las interpretaciones alteradas por la falta del conocimiento de la situación y el contexto “*in situ*”. Por eso, la documentación de dibujo todavía es una parte complementaria necesaria, al mismo tiempo los resultados de la documentación 3D representan solo una adición al trabajo del arqueólogo (p. e. un perfil de tipo ortofoto impreso, podría servir de una manera sobresaliente para los dibujos de las capas estratigráficas).

REFERENCIAS

ACEVEDO, Renaldo

2012 *Patrón de asentamiento en Uaxactun, Petén, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Historia, carrera de Arqueología, Tesis de licenciado. Guatemala.

HUTSON, Scott R.

2012 “Unavoidable Imperfections”: Historical Contexts for Representing Ruined Maya Buildings. En *Past presented. Archaeological Illustration and the Ancient Americas* (editado J. Pillsbury), pp.283-318. Washington, D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.

MALER, Teobert

1908 *Explorations in the Department of Petén, Guatemala and Adjacent Region: Topoxte, Yaxha, Benque Viejo, Naranjo*. Memoirs of the Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology, Vol. 4, n° 2. Cambridge, Massachusetts: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University Press.

PULESTON, Denis

1974 Intersite areas in the vicinity of Tikal and Uaxactun. En *Mesoamerican Archaeology: New Approaches* (editado por N. Hammond), pp.303-312. Austin, Texas: University of Texas Press.

RICKETSON, Oliver G. y Edith Bayles Ricketson

1937 *Uaxactun, Guatemala. Group E. 1926-1931*. Publication n° 477. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington.

SMITH, A. Ledyard

1950 *Uaxactun, Guatemala: Excavations of 1931-1937*. Publication n° 538. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington.

VALDÉS, Juan Antonio (ed.)

2005 *El Periodo Clásico en Uaxactun, Guatemala: Arqueología en el Centro de Petén*. Guatemala: Instituto de Investigaciones Históricas, Antropológicas y Arqueológicas, Escuela de Historia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

VITORIA, Andrea Peiró

2015 *La estructura urbana de las ciudades mayas del periodo Clásico*. Tesis doctoral, Universitat de politècnica de València, España.

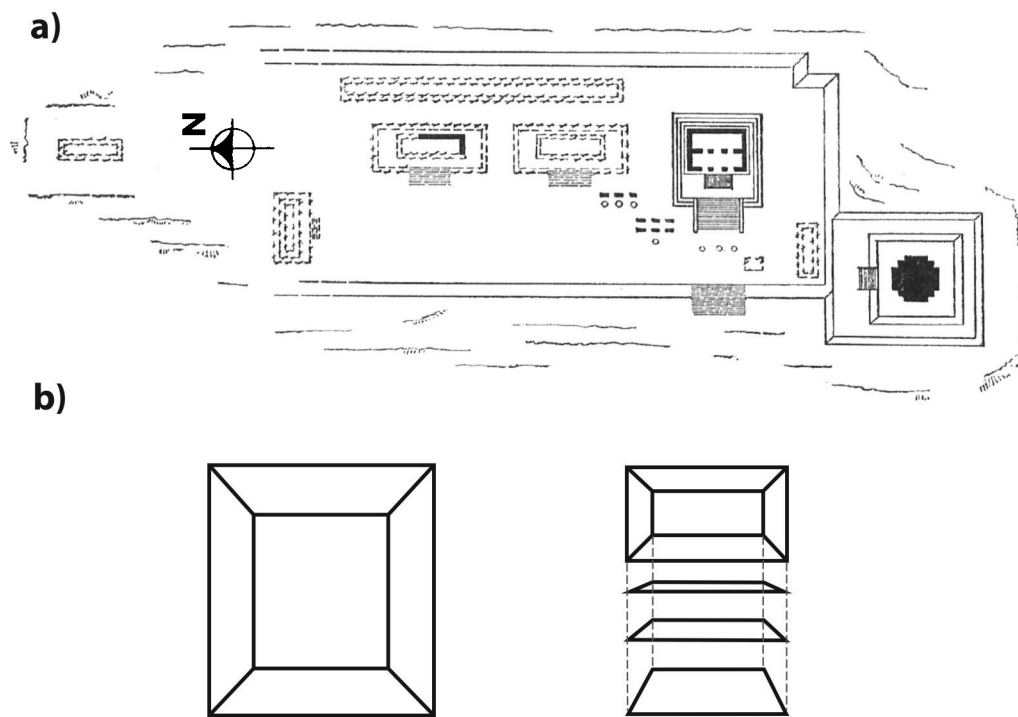


Fig.1: a) Plano del sitio de Topoxte (Maler, 1908: 58) sirviendo como un fundamento para una representación gráfica establecida bajo el proceso llamado “malerización”; b) Representación de un montículo como pirámide truncada con correspondencia de diferentes perfiles posibles (adoptado de Vitoria, 2015: figuras 9 y 10).

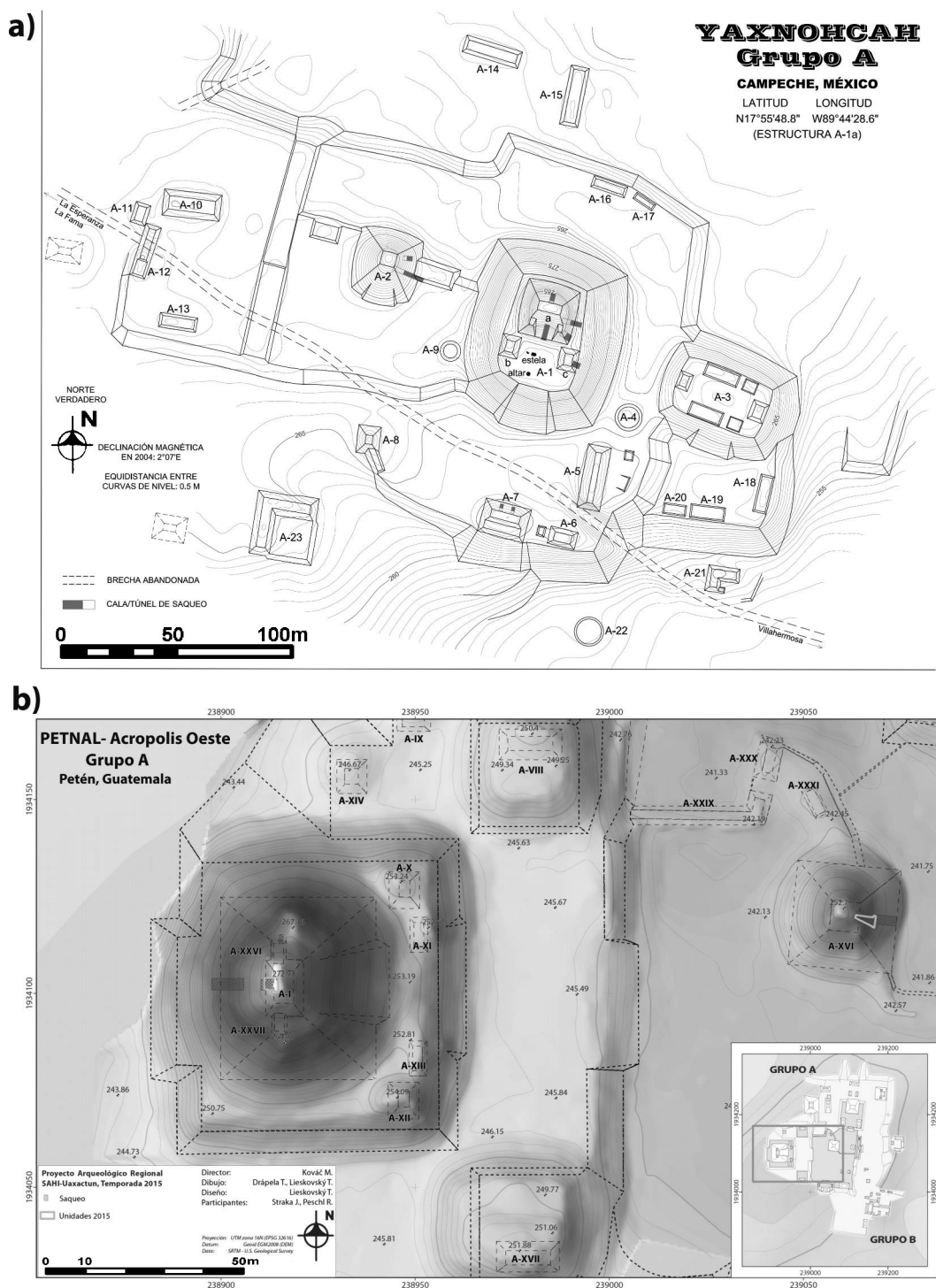


Fig.2: Datos topográficos representados con curvas de nivel y combinado con la interpretación abstracta profesional de un sitio; a) Grupo A de Yaxnohc'ah (T. Podobnikar y A. Flores Esquivel, publicado en Šprajc, 2008: Anexo 3, plano 8); b) Grupo A de Petnal (T. Drápela y T.Lieskovský, publicado en Kováč et all, 2015: Figura XXXVII-6a).

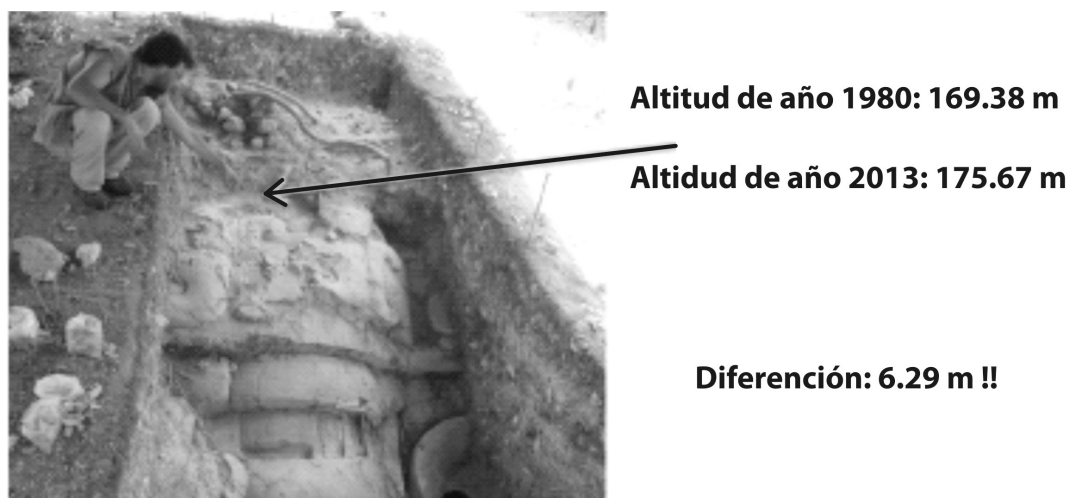


Fig.3: Diferentes valores numéricos de sistemas de referencias de altura en Uaxactun, Grupo H Sur.

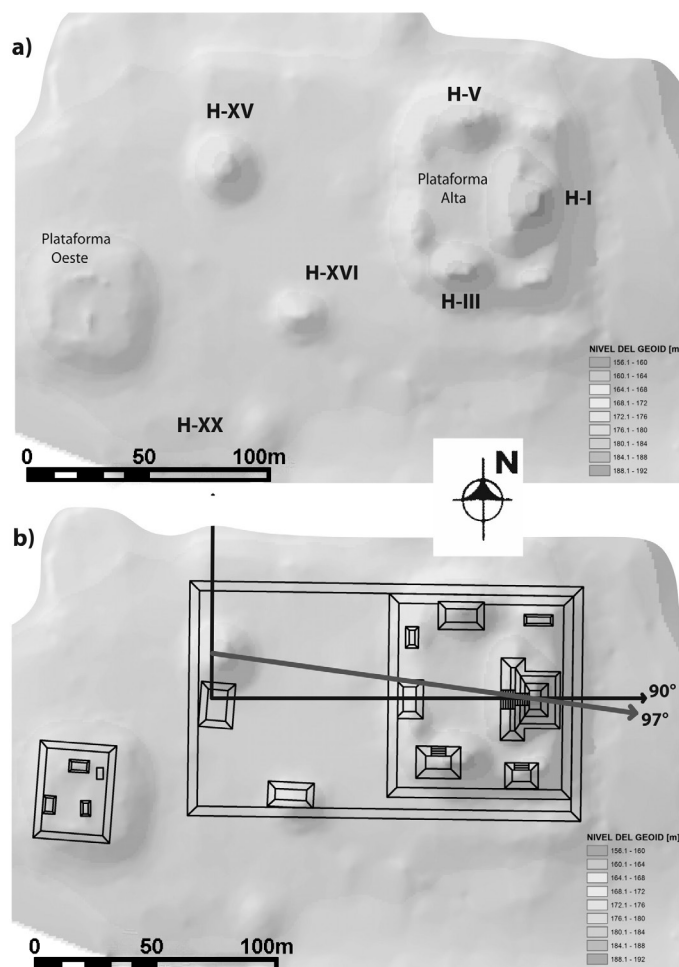


Fig.4: a) Resultados de MDT de Grupo H-Norte, 2013; b) comparación con el mapa histórico (última vez publicado por Acevedo, 2012) donde varía la localización de la estructura H-XV al respecto de la plataforma Alta.



Fig. 5: Maqueo de los pigmentos originales de los colores en una manera virtual; Mascaron 5, estructura E-VII Sub, Uaxactun.

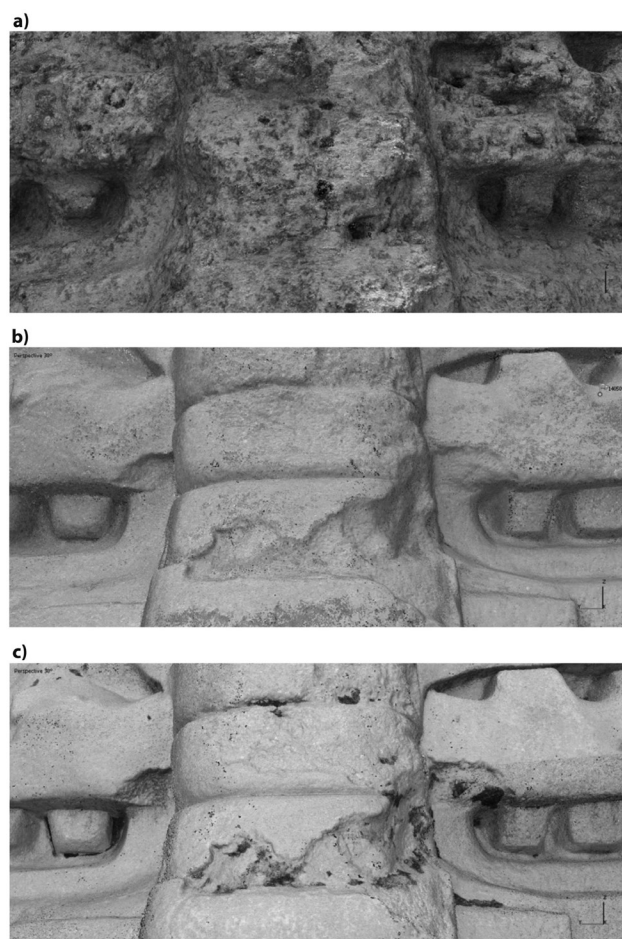


Fig. 6: Mascaron 13, estructura E-VII Sub, Uaxactun; a) etapa 1- antes la intervención de restauración y conservación; b) etapa 2- después la intervención; c) etapa 3- después de un año.

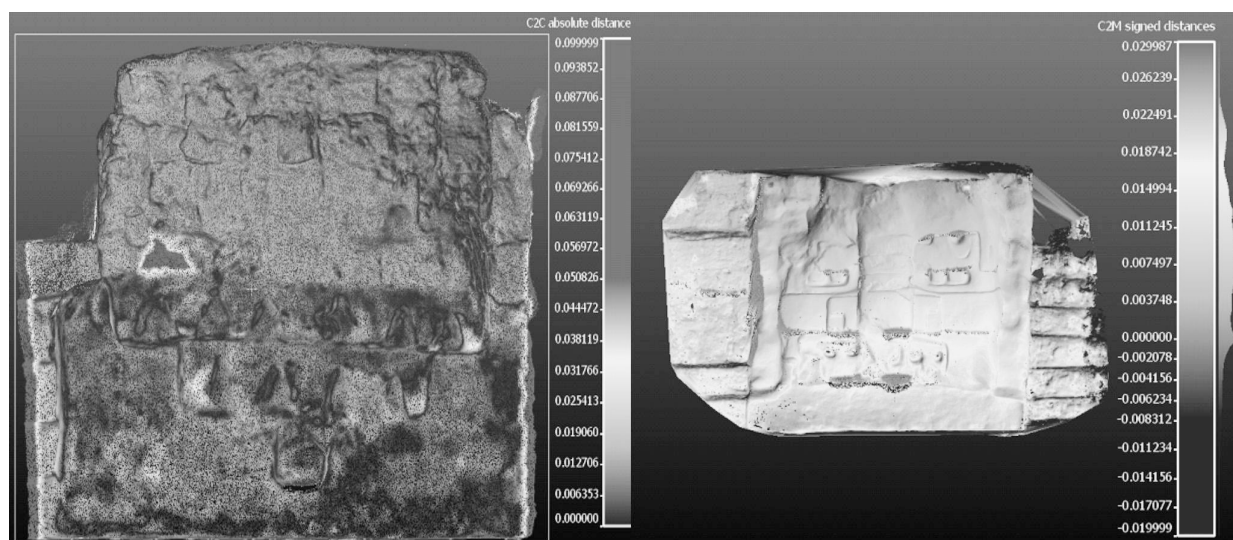


Fig.7: Comparación del cambio antes y después de la restauración y conservación.

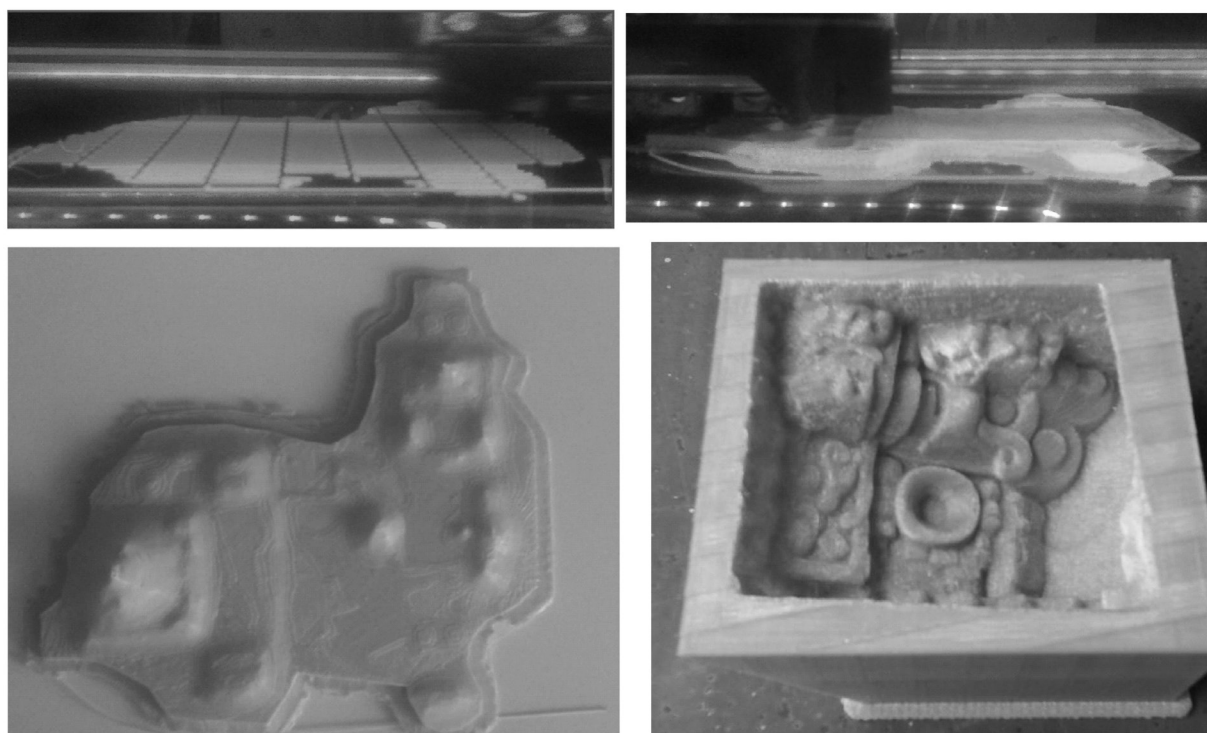


Fig.8: Impresión de los modelos 3D.