

## EXPERIMENTO DE CONSTRUCCIÓN CON MATERIALES, HERRAMIENTAS Y MÉTODOS PREHISPÁNICOS EN MÉXICO

Annick Daneels<sup>1</sup>; Andrew Vernucci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, annickdaneels@hotmail.com

<sup>2</sup>École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, Francia (alumno de maestría), andrewvernucci@gmail.com

**Palabras clave:** arqueología experimental, tecnología prehispánica, adobe, aplanado de tierra, techo de tierra apilada

### Resumen

Las tradiciones constructivas prehispánicas representan un conocimiento milenario, sólo accesible a través de la arqueología que proporciona información descriptiva sobre las técnicas, materiales y formas de construcción. Sin embargo, raras veces se combina esta evidencia con la arqueología experimental, la cual permite evaluar los problemas prácticos y logísticos de una tecnología antigua. Se presenta aquí un experimento de edificación prehispánica usando la información arqueológica obtenida en un sitio del Golfo de México, con el objetivo de evaluar los requerimientos de mano de obra, tiempo y organización del trabajo, y estimar el grado de especialización requerido para las distintas etapas de la construcción. Los resultados dan razón de la existencia de un pequeño grupo de especialistas en construcción, con avanzados conocimientos empíricos de arquitectura, ingeniería e hidráulica, apoyados por lo que debe haber sido la mayor parte de la población de los territorios políticos donde se fueron erigiendo grandes sitios monumentales de arquitectura de tierra como parte de un programa de construcción gubernamental. Así, los casos prehispánicos de arquitectura de tierra proporcionan información que contrasta con los casos de construcción vernácula generalmente estudiados, y ponen en perspectiva el contexto sociopolítico que requieren tales proyectos.

### 1 INTRODUCCIÓN

Las tradiciones constructivas prehispánicas representan un conocimiento milenario accesible sólo a través de la arqueología. Ésta genera información descriptiva sobre las técnicas, materiales y formas de construcción, sin embargo, raras veces se combina con la arqueología experimental, la cual permite evaluar los problemas prácticos y logísticos de una tecnología antigua. Este tipo de información es importante no sólo para entender los contextos políticos y socioeconómicos en los que se realizaron las antiguas obras de arquitectura monumental de tierra, sino también para ponderar si las condiciones de las sociedades modernas permitirían volver a lograr proyectos de tales magnitudes.

En este trabajo se presentan los resultados de un experimento de construcción de un edificio de tipo prehispánico usando la información arqueológica obtenida desde 2004 en el sitio de arquitectura de tierra monumental de La Joya, Veracruz, en la planicie costera central del Golfo de México. El experimento se realizó con un equipo entre cuatro y seis personas, usando materiales locales y herramientas disponibles en la antigüedad, y aplicando las técnicas que se pueden inferir de la secuencia constructiva, con el objetivo de evaluar los requerimientos de mano de obra, tiempo y organización del trabajo, y estimar el grado de especialización requerido para las distintas etapas de la obra.

### 2 EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA

La Joya pertenece a la cultura Remojadas, parte de las Culturas del Golfo de Mesoamérica; de 100 a.C.-1000 d.C. fue la capital de un territorio de unos 120 km<sup>2</sup>, con una población estimada entre 15.000 y 35.000 personas durante su apogeo. El sitio se ubica en la planicie costera del Golfo, en un ambiente de trópico húmedo, con precipitaciones anuales de 1500 a 2000 mm concentradas en el verano y niveles freáticos a escasos 3 a 4 metros de profundidad. El material constructivo es local, obtenido de la tierra limosa de las terrazas

aluviales, de arenas de paleodunas y de tierra con arcillas expansivas, tanto de horizonte B de paleodunas como de gleyes de estanques de agua artificiales. La combinación de condiciones climáticas y materia prima es adversa a la construcción en tierra; sin embargo, esto no presentó un impedimento para un programa de construcción monumental que abarcó todo un milenio.

La evidencia estratigráfica de los distintos edificios conservados y excavados en el sitio indica la siguiente secuencia constructiva:

- Erección de un basamento directamente sobre la superficie natural, sin retiro de la capa de humus, sin nivelación previa del terreno ni fundaciones. El relleno es de tierra apisonada acarreada en seco y macizado probablemente con los pies; la composición del relleno puede ser homogénea (tierra limo-arenosa, o arena recubierta de una capa de tierra limo arcillosa en el caso de la pirámide), mixta (lenticulas entreveradas de distintas texturas, variando de tierras arcillosas a arenosas) o alternada (bloques de arcillas distribuidos en tablero de ajedrez, alternando con cuadros de arena) (Daneels; Guerrero, 2011). El relleno se recubre de una capa de tierra limosa o limo-arcillosa probablemente colocada húmeda (en estado plástico), que da forma al basamento, definiendo las paredes en talud de 70° a 80° y la superficie del basamento con declive leve (3° a 5°).
- Muros de adobe asentados sobre capa de mezcla de barro (refiriéndose a tierra en estado plástico). Los adobes miden 80x40x10 cm en las fases tempranas, cuando se encuentran muros de doble hilera, y en las fases tardías de 80x35x10 cm, cuando ya sólo se encuentran muros de una hilada. Los bloques se ponen cuatrapeados a soga (aunque en el caso de los muros de doble hilera es posible que se hayan también colocado a veces a tizón). La mezcla de cementante tiene un espesor de 1 a 2 cm. La textura de los adobes es variable: algunos consisten en más de 60% de fracción fina, otros pueden tener más de 50% de fracción arenosa, sin material vegetal, mientras otros pueden tener entre un 10% a 30% de hierba cortada añadida. Las paredes laterales de los adobes y sus caras superior e inferior son planas, no así las paredes de los extremos cortos, que están en talud, dando un perfil en trapecio; no hay marcas o improntas del molde.
- Los techos son conocidos solo a través de vestigios colapsados en los pisos de algunos edificios, después de incendios intencionales. Son plastas de tierra con alto contenido de fracción fina y con zacate sin cortar en un 50%, trabajada en húmedo y colocado en una capa de 4 a 10 cm de espesor sobre un soporte horizontal de varas delgadas de 1 a 1,5 cm de diámetro (¿juncos?), probablemente apoyadas en travesaños colocados en vigas. Se halló poca evidencia de amarres. Los techos tenían pretil que llevaba el agua de lluvia a un desagüe, ya que por un lado no hay evidencia de línea de gotera en los andadores en torno a los muros, y que por el otro se han encontrado tubos de drenaje arrancando desde la orilla del basamento, que consisten en módulos cónicos de cerámica que embonan.
- Acabado: las paredes, los pisos interiores y exteriores, y los taludes del basamento son recubiertos por una misma capa de aplanado en un solo evento constructivo; la mezcla consiste en tierra con 60% de fracción fina, mezclada con 30% a 40% de zacate cortado en tramos de 2 a 3 cm de largo, aplicado en capas de 1,5 a 2 cm de espesor y fuertemente compactado.

En esta secuencia se observan prácticas que divergen mucho de las prácticas modernas, con probable influencia de la arquitectura occidental moderna: no hay fundaciones ni terraseo previo a la construcción. La superficie se nivela en la parte alta de la construcción, no en su desplante. Es importante indicar que esto no ocurre sólo en el sitio aquí investigado, sino que se repite en muchos otros. En el gran sitio de Teotihuacan, por ejemplo, donde la mano de obra seguramente nunca hizo falta, la construcción arranca de superficie, o, en períodos más tardíos, de la roca madre desnudada, pero sin esfuerzo para nivelar o emparejar la superficie (Cabrera, 1991). Asimismo, los techos no son impermeables, aunque está claro que usaron aplanados con cierta capacidad de resistencia al agua. Estas características de la construcción prehispánica están en franca contradicción

con la sabiduría convencional que requiere que las construcciones con tierra tengan “buenas botas y buen sombrero”.

### 3 PROPUESTA EXPERIMENTAL

El objetivo fue hacer un pequeño edificio techado, inspirado en el diseño del adoratorio del dios de la Muerte de El Zapotal, un sitio a 42 km al sur de La Joya, de la misma época y de una cultura inmediatamente afín. Esta estructura consiste en un basamento bajo con un edificio rectangular en forma de U con uno de los lados largos abiertos<sup>1</sup>. Se procedió en dos etapas: una fase de preparación, con la fabricación de adobes del tamaño prehispánico de 80x40x10 cm y la obtención de madera para el techado, y la construcción, siguiendo la secuencia indicada por la arqueología: basamento, paredes, techo de madera plano embarrado con pretil y desagüe, aplicación de aplanados. Se usaron herramientas similares a las disponibles en la antigüedad y se registraron las condiciones climatológicas y los tiempos de manufactura y de secado. Al final se evaluaron las discrepancias entre los resultados obtenidos y los edificios prehispánicos.

#### 3.1 Fabricación de los adobes

La elaboración de los adobes se realizó del 11 octubre al 19 de noviembre 2016 (35 días de trabajo), en el sitio de La Joya, en un patio de ladrillera en desuso, de tierra compactada bien nivelada. Participaron los autores (11-20 de octubre) y dos trabajadores<sup>2</sup> (todo el período): uno con amplia experiencia en la fabricación artesanal de ladrillero y el otro en la construcción. Durante este tiempo, la temperatura promedio de día fue de 31,5°C y la de noche de 23,2 °C, y se verificaron cuatro días de lluvia, cayendo 148 mm en octubre y 83 mm en un día en noviembre (aunque la mayoría de los días fueron nublados), así como un día de viento del norte frío y seco con velocidades de 90 km/h.

##### a) Manufactura

La superficie plana de los adobes, sin evidencia de improntas, descarta el uso de moldes de bejuco como en Perú (Campana 2000: Lám. 6). Sin embargo, tampoco es probable que se hayan usado moldes de tablas de madera debido al problema de elaborarlos sin herramientas de metal. Con cuñas de piedra es posible partir un tronco en dos o en cuatro, pero sería muy trabajoso obtener tablas. La forma en chaflán de los extremos cortos de los adobes llevó a inferir que se hicieron en hoyos cavados en la tierra, usando alguna vara de madera o un hilo recortado al tamaño requerido.

A partir de esta hipótesis, se hicieron hoyos de 80x40x10 cm (usando un flexómetro para tomar las medidas), con un omóplato de res. Se usó un omóplato por su forma afín a una pala, y se utilizó hueso de res en sustitución de hueso de venado (que no se puede obtener), basado en la presencia de huesos de este animal en basureros tempranos del sitio (también sería posible usar una pala de madera, pero su manufactura sería igual de laboriosa como la tabla del molde). El hueso fue efectivo para cavar hoyos del tamaño y forma requerida, lográndose en 20 a 30 minutos cada uno. Los hoyos se cavaron en una matriz de tierra limo-arcillosa.

Luego, se preparó un barro de tierra limosa sin arena, con paja picada de manera mecánica en un 20%. En la antigüedad, es posible que hayan secado la paja y la hayan cortado a mano, doblando los tallos. Esta mezcla se aplicó en los hoyos, macizando a mano. Los adobes se secaron a los 6 días, con una pérdida del 66% por fisura. Al cabo de este tiempo, se levantaron las piezas completas insertando una pala recta en los extremos en chaflán (los omóplatos no sirvieron para ello) y se dejaron secar volteados a un lado de los hoyos.

Una vez corroborada la posibilidad de cavar, formar y levantar adobes de un molde de tierra, se continuó a partir de entonces haciendo adobes usando un molde de cedro, para avanzar

<sup>1</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Zapotal](https://es.wikipedia.org/wiki/El_Zapotal)

<sup>2</sup> señores Miguel Soto y Alberto Fernández

más rápido, por la necesidad de hacer cuando menos 80 adobes (calculados con base en el tamaño propuesto para el adoratorio experimental, de 16 hiladas de cinco adobes cada una).

#### b) Problemas

Las primeras series, tanto de hoyo como de molde, desarrollaron grietas profundas a aproximadamente un tercio del largo del adobe (tabla 1 y figura 1 a-b).

Tabla 1: Composición en litros de los adobes de hoyo y de molde (serie 11-20 de octubre)

ADOBES DE HOYO							ADOBES DE MOLDE						
ident.	barro	paja	e. asf.	diesel	arena	roto	ident.	barro	paja	e. asf.	diesel	arena	roto
A	38	7,5	0,7	1			1	38	7,5	0,7	1		si
B	38	7,5				si	2	38	7,5				si
C	31,2	6,6	1,54				3	31,2	6,6	0,7	1		si
D	23,8	4,8	1,54		3,8		4	31,2	6,6	0,7	1		si
E	22,8				7,5	si	5	31,2	6,6	1,54			si
F	22,8				15	si	6	31,2	6,6	1,54			si
G	22,8				15	si	7	23,8	4,8	1,54		3,8	si
H	21,9				15	si	8	19	5,7	1,54		7,6	
I	21,9				15	si	9	31,2	5,7	1,54		7,6	si
J	20,9				15		10	31,2	5,7	1,54			si
K	20,9				15	si	11	22,8				15	si
L	20,9				15	si	12	22,8				15	si
M	20,9				15	si	13	24,7				7,5	
							14	24,7				7,5	si
							15	24,7				11,4	si

Primero se supuso un problema en la mezcla de tierra, y se procedió a variar la composición, aumentando la proporción de paja, luego añadiendo arena y añadiendo aditivo de emulsión asfáltica Impertop A de la marca COMEX (sobre el uso de asfalto como estabilizante, Kita, Daneels y Romo de Vivar, 2014). Sin embargo, el patrón y la proporción en que se partían los adobes se mantenían igual. Posteriormente se intentó añadiendo distintas proporciones de arena fina, arcilla, estiércol de caballo, ceniza y polvo de ladrillo, sin mayor éxito.

Luego, se consideró el problema de la velocidad diferencial de fraguado por la fuerza del sol de mediodía. Se procedió entonces a probar varias formas de sombreado. Primero se colocaron ramas con abundante follaje sobre una enramada a poca altura encima de los adobes (figura 1c), luego se tendió una lona de plástico (figura 1d) y después se construyó un almacén de madera tendido de plástico gris a aproximadamente 1,70 m encima del área de secado (figura 1e). Sin embargo, ninguna de las estrategias alteró el patrón de fisura.

Se modificó entonces la forma de manufactura. Al principio se elaboraban los adobes echando tres bolas de barro a lo largo del molde (lo que cabía en las dos manos juntas), lo que llevó a sospechar que al macizar quedaban partes mal integradas. Se varió la manufactura usando dos grandes bolas de barro, luego vertiendo la mezcla en una sola vez de la carretilla. También se colocó una cama de arena al fondo del molde para permitir la contracción durante el fraguado. A pesar de todo ello, el patrón de fisura a un tercio del largo del adobe se siguió marcando en la mayoría de los adobes manufacturados (66%).



Figura 1. Manufactura de adobes en hoyo y en molde

## c) Soluciones

La solución fue desarrollada a partir del 22 de octubre<sup>3</sup>, al poner a secar los adobes formados en molde de madera (de varias composiciones) bajo la sombra densa y permanente de una higuera, donde había una humedad siempre arriba de 75% y una temperatura entre 22 y 29°C (figura 1f); la proporción de adobes partidos se redujo entonces considerablemente. El secado inicial tardaba cinco días, cuando se podían poner de canto. Después de seis días más a la sombra, se podían alzar los bloques a una tarima de madera colocada en un área soleada, dejándolos cubiertos con plástico en días de viento o de amenaza de lluvia. Los bloques se terminaban de secar a los 40 días, aproximadamente. A partir de noviembre, se empezó a echar ceniza de madera (obtenida de los hornos de ladrillo) encima de los adobes húmedos, a recomendación de miembros de PROTERRA, práctica que resultó favorable.

Para el 19 de noviembre, se habían hecho 13 adobes en hoyo, lográndose cuatro, y 324 adobes de molde de madera, de los cuales se lograron 94: 32 secos (de octubre), 42 en proceso de secado (hechos en la primera quincena de noviembre) y 20 adobes aun tendidos en el patio, lo que representa un promedio de 29% de éxito. Sin embargo, el secado lento bajo sombra densa y con el uso de ceniza en las últimas semanas, hizo que el porcentaje de éxito subiera al 45%, luego al 80% en el caso de los adobes hechos en la última semana.

<sup>3</sup> por los Sres. Soto y Fernández

El tamaño de los adobes secos de molde de madera fue en promedio de 78,1x38,9x9,84 cm, indicando un factor de contracción de 2,4% en horizontal y 1,6% en vertical, algo mayor en el caso de mezclas que contienen emulsión asfáltica (respectivamente 2,5% y 5%). El tamaño del adobe de hoyo B fue de 78x36 cm en la parte superior, 72x35,5 cm en la parte inferior y 10 cm de alto. El peso de este adobe, medido en seco en diciembre, fue de 36,5 kg, y el de uno de molde de 50 kg.

#### d) Reflexiones

La primera reflexión surgida de este experimento es ¿por qué usaron en la antigüedad adobes tan grandes y pesados?, pregunta que no se puede contestar aún. Lo delgado (proporcional a la talla) podría explicarse por los moldes de hoyo, ya que piezas más espesas serían muy difíciles de sacar. La segunda reflexión es que no es posible visualizar grandes tendidos de adobes en patios abiertos, tal como se hacen los adobes modernos, ya que el secado debe ser muy lento, en sombra densa y humedad alta. Sería posible en construcciones cerradas, pero la construcción de este tipo de galera de secado representaría una inversión de trabajo muy grande. La alternativa sería que el gobierno encargara a la población ir manufacturando adobes en la sombra de sus solares familiares, a lo largo de los meses de seca (octubre-mayo), para ir teniendo material a pie de obra en los meses de enero a mayo que es cuando se debe haber aprovechado el descanso de las labores agrícolas para tener acceso a una mano de obra numerosa.

### 3.2 Construcción

La construcción del adoratorio se realizó entre el 2 y el 24 de diciembre, contando con la participación de los mismos integrantes que durante la manufactura de adobe, y con la colaboración de dos pasantes de la carrera de arqueología de la Universidad Veracruzana<sup>4</sup>, sin experiencia previa en la construcción. El tiempo fue ligeramente más fresco que en octubre (promedio de 21,3°C de noche y 25,8°C de día, con una humedad entre 66,6% y 100%), con dos días de viento del norte a 70 km/h. Inusual para esta temporada invernal en la región, la mitad de los días estuvieron nublados y hubo lluvia durante tres días (en total 17 mm).

#### a) Basamento

El dueño de la parcela otorgó un espacio en un potrero donde erigir el adoratorio experimental. El terreno es arenoso con una pendiente suave de norte a sur de 4,2%. Se quitó la hierba con pala recta y se trazó con varillas de metal e hilo un rectángulo de 3,60x2,40 m, con el eje largo orientado norte-sur. Se justificó hacer el relleno de arena de río, por la evidencia que la pirámide del sitio fue construida de arena recubierta de una capa de tierra limo arcillosa; para evitar que se derramara, se acomodaron en el contorno del rectángulo fragmentos de los adobes partidos (de los muchos que había), de manera a nivelar el basamento en su parte superior. Su altura en el sur era de 24 cm, en el NE de 9 cm y el NW de 18 cm (figura 2a).

Se rellenó con un total de 23 carretilladas de arena (acarreadas por tres personas) en dos días, con otras tres personas nivelado con rastrillo y apisonando continuamente con pisón de metal (de 20x20 cm) y de madera (cabeza de huizache). En el segundo día, fue necesario pegar con barro los fragmentos de adobe de la parte superior, para que aguantaran la presión del apisonado. Al final de cada día se humedeció bien con manguera, y se dejó orear un fin de semana.

#### b) Muros

La construcción de los muros inició sobre la superficie de arena, en el centro del basamento. Es un edificio en U, abierto al oeste, con tres adobes en línea para formar la pared posterior y un adobe para formar los laterales norte y sur. Se trazó un cuadro de 2,44x1,22 m, contando espacios de 2 cm entre adobes para el cementante. Se preparó barro para

---

<sup>4</sup> Luis Ángel Hernández Libreros y Dainí Delgado Arias

cementante de tierra limo-arenosa cribada (en criba de 0,5 cm). Se empezó el 6 de diciembre colocando una capa de cementante de 5 cm de espesor (76 L) en la que se pusieron los cinco adobes, cuidando su alineación individual con nivel de albañil (de aluminio de 61 cm y dos burbujas), la distancia y nivel entre los cabezales norte y sur se midió con flexómetro y nivel de línea. En la siguiente hilada se colocó en arreglo cuatrapeado cada adobe sobre una capa de cementante de 2 a 2,5 cm de barro, empezando con los de las esquinas (SE y NE). Por el cuatrapeo, fue necesario cortar adobes en dos en cada hilada par, lo que se hizo primero con machete, pero luego resultó más fácil con sierra de madera. Se colocaban tres hiladas, que se dejaban secar hasta el siguiente día (figura 2.b). La verticalidad se verificó con plomada de albañil. Se levantaron 15 hiladas (terminando el 10 de diciembre), en vez de las 16 programadas, debido a que los adobes disponibles aun no estaban suficientemente secos. La altura total alcanzó, por el cementante, 1,65 m (figura 2.c). No hicieron falta andamios: a esta altura se podían alzar todavía los adobes desde el andador.



Figura 2: Secuencia de construcción

El 15 de diciembre se pudo observar que varios adobes se partieron, principalmente en la mitad sur del edificio (donde el relleno del basamento es más espeso). Hay dos patrones: grietas verticales que inician en las juntas de adobes de hiladas impares y atraviesa el

espesor del adobe y cementante de la hilada par; y agrietamiento por compresión de los cabezales del muro sur (los dos medios adobes inferiores de hilada par). Estas fisuras se pueden relacionar con el asentamiento del relleno de arena por el peso del muro (3.750 kg de 75 adobes, sin contar el peso del cementante, cuyo volumen se calculó en 0,22 m<sup>3</sup>).

#### c) Techo

Para el armazón del techo, se usaron maderas locales. Se cortaron el 17 de octubre, en luna llena (estrategia tradicional para evitar que se apolille la madera), las vigas y los travesaños de caña de oate (*Guadua aculeata*) de 9 a 5 cm de diámetro y las varas de guásima (*Guazuma ulmifolia*) de 2 a 2,5 cm de diámetro, para dejarlas secar rectas y aumentar su resistencia. Las cañas tienen una forma ligeramente cónica, reduciendo su diámetro de 2 cm cada 3 m. El 12 y 13 de diciembre se armó el bastidor del techo en tierra, con tres vigas largas de 3 m (N/S) y cinco travesaños de 2,45 m (E/W), amarrados con hilo de algodón (fibra disponible en época prehispánica), colocando las cañas con el lado grueso hacia el W (figura 2.d). Este armazón se cubrió con 54 varas de guásima, de 2 a 2,5 cm de diámetro, amarradas unas junto a otras. Por encima se ataron cuatro varas en las orillas del bastidor, como alma para los pretilos (figura 2.e).

El bastidor se cargó entre cuatro personas (peso estimado en 100 kg) y se colocó encima de los muros de adobe, teniendo un volado de 30 cm. La caída quedó de 6% entre la esquina NW y la SE (20 cm en línea de hipotenusa de 3,5 m). Se colocaron 37 adobes de 22x12x7 cm, cementados con barro, alrededor de las vigas apoyadas en la cumbre de los muros de adobe, para fijar el techo (figura 2.f).

El 16 de diciembre se subieron dos personas al techo para aplicar la mezcla del barro (el mismo que el cementante, pero cribado en malla de 2 mm), adicionado al 8% con emulsión asfáltica Impertop A de COMEX y 50% en volumen de paja de pangola sin picar (*Digitaria eriantha*, pasto comercial introducido de Sudáfrica). Se aplicó la mezcla con un espesor de 4 cm (114 litros) (figura 2.g). La alta proporción de paja permitió cerrar perfectamente los intersticios de las varas del armazón y formar los pretilos, dejando una superficie con declive parejo hacia un hueco de desagüe en el extremo sur de la orilla este del techo (figura 2.h). En vista de la pluviosidad inusual para la temporada, se decidió recubrir el 17 de diciembre el techo de geotela PET *non-woven* de 200 g/m<sup>2</sup> negra, a su vez cubierta con una capa delgada de la misma mezcla que la usada para el techo, sólo que sin paja.

El desagüe se colocó el 19 de diciembre, usando un tubo de plástico corrugado de drenaje de 15 cm (6") de diámetro. Un extremo, recortado en U, se fijó contra el borde del techo, con hilo de algodón amarrado a uno de los travesaños, mientras el otro extremo se enterró a la mitad en la superficie, dejando la boca a 1,5 m de la base del basamento, y a 15 cm más abajo. Para afianzarlo, se colocaron dos varas de guásima de lado y lado, en la parte de abajo enterradas en la superficie y amarradas a los travesaños del techo por la parte de arriba. El conjunto (varas y tubo) se recubrió de mezcla para techo (con paja) (figura 2.i).

#### d) Aplanados

El 17 y 20 de diciembre se aplicó encima del relleno de arena del basamento una capa de tierra limo-arenosa ligeramente húmeda, de 5 cm de espesor, que se compactó con los pisonos de metal y de madera. Después se recubrió todo el basamento (superficie y taludes) con una mezcla de barro de tierra limo-arenosa para dar forma regular al basamento, cuidando de dejar caída hacia afuera en la cumbre y de dar un ángulo regular a los taludes (entre 70° y 80°). Con esta capa se sellaron los fragmentos de adobes rotos que formaron la base y la contención del relleno de arena (figura 2.i).

Del 20 al 21 de diciembre se aplicó con cucharilla el aplanado de 2 cm de espesor. El barro fue de tierra limoso, con paja picada fina y cribada al 25%, en principio con 8% de emulsión asfáltica, aunque se verificó luego por el consumo de Impertop A que la proporción fue más cercana al 10% (171 L de barro, con 34 L de paja y 20 L de emulsión). Se inició con las paredes interiores y luego las exteriores, yendo de sur a este a norte; a continuación se

aplicó en la cumbre del basamento, primero en el interior del cuarto y el andador oeste, de allí los otros andadores, sur, este y norte (figura 2.j).

A partir del 21 de diciembre se empezó a compactar, sin pisar el andador, el aplanado de los muros cuando ya se tuviera el estado "cuero", iniciando con la jamba del muro sur (figura 2.k). Para esta tarea se probaron distintos tipos de piedra (fragmentos arqueológicos dispersos en el sitio). Resultaron inadecuados los fragmentos de piedra de molienda por levantar la mezcla en vez de apretarla (aunque fueran basaltos y andesitas de grano fino). Sólo los cantos de río fueron útiles: los menos lisos para compactar y emparejar el aplanado (dejando finas rayas) y los más lisos para macizar y pulir. Como no se consiguieron suficientes cantos para las seis personas del equipo, se utilizaron también botellas de vidrio (de forma de barril de una marca de cerveza local). Éstas permitían aplicar más fuerza para ir cerrando las grietas que se formaban en el aplanado al secar. Para las grietas más grandes, se inyectó agua con jeringa de 60 ml (uso veterinario), dejando reposar unos 20 minutos y compactando hasta cerrar. Se compactó hasta el 26 de diciembre. Luego, aprovechando que una lluvia suave de varias horas en la madrugada del 30 de diciembre humedeciera el edificio, se compactó otra vez la cumbre del basamento el 31 de diciembre.

#### e) Reflexiones

Durante la construcción del adoratorio se intentó en la medida de lo posible de trabajar con herramientas y materiales disponibles en época prehispánica, si bien se usaron las versiones modernas de algunos instrumentos: plomada (que era de barro antiguamente), nivel de gota (para lo que probablemente usaban una vasija de cerámica con agua), cucharilla (en vez de espátula de madera o hueso), botella (en vez de canto de río), machete y sierra (para cortar los adobes, aunque probablemente aprovechaban los que se rajaban), pico (para extraer la tierra) y picadora de paja eléctrica. En estos últimos aspectos, se reconoce haber desviado significativamente del procedimiento antiguo.

Para cortar la hierba para los aplanados en tallos regulares de 2 a 3 cm, debe haberse trabajado con navaja de obsidiana en los tallos frescos, un trabajo ingente en términos de horas-hombre. Tan sólo para el pequeño edificio experimental, el aplanado de 2 cm de espesor en muros y basamento representó un volumen de 0,23 m<sup>3</sup>, de lo cual la cuarta parte es hierba picada. Si se compara este dato con lo que sería el aplanado necesario para la última etapa constructiva de la Plataforma Norte, una de las tres plataformas monumentales del sitio que tenía 150x100x10 m, esto representaría un volumen de 140.000 m<sup>3</sup> (por tener las paredes en ligero talud), de los cuales cuando menos una cuarta parte (35.000 m<sup>3</sup>) consistiría de hierba picada. En enero 2013, se tuvo la necesidad de picar a mano la mitad de una paca de 80x40x40 cm (0,13 m<sup>3</sup>), y ello requirió ocho horas con tres hombres trabajando con machetes de metal. Ello representa 370 horas/hombre por metro cúbico de paja picada (usando herramienta de metal, considerada en principio más eficiente que las navajas de obsidiana). Así, tan sólo para preparar la mezcla para el aplanado de una de sus 6 etapas constructivas, la Plataforma Norte hubiera requerido que un hombre cortase hierba por casi 13 millones de horas<sup>5</sup>, una cantidad enorme en vista de los rangos de población estimados entre 15.000 y 35.000 habitantes para toda la entidad política controlada por la capital de La Joya en su apogeo.

También se desvió del procedimiento prehispánico en la construcción del techo en varios aspectos. En la antigüedad, éste se debe haber montado *in situ*, sobre los muros, para asegurar un desnivel continuo. En principio, el uso de varas o cañas, que son naturalmente de forma ligeramente cónica, permite controlar el desnivel si se ponen de manera consistente, tal como se hizo. Sin embargo, el tamaño de las improntas en los fragmentos quemados de techo es de 1 a 1,5 cm de diámetro, lo que es más delgado que las varas de guácima que se usaron (de 2 a 2,5 cm). Probablemente se trataba de juncos o tules (plantas

---

<sup>5</sup> Luis Fernando Guerrero Baca informó que, en su experiencia en México, triturar a mano una paca de paja (de trigo o cebada, de 100x40x50 cm o 0,2 m<sup>3</sup>), mediante la técnica de "ruptura por rotación de manojos", se puede realizar por una persona en una hora de trabajo, o 5 horas/hombre/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, el total bajaría a unas 175.000 horas, algo que todavía representa una inversión de trabajo considerable.

hidrófilas) y no de ramas de árbol. Si esto fuera cierto, hubieran hecho falta más travesaños, tal vez a cada 20 cm, y no cada 50 cm como fue en el caso experimental. Por su parte, el desagüe pudo haberse hecho desde el pretil del techo con gárgola de caña (no se han encontrado de terracota en el sitio, pero se reportan en otros sitios arqueológicos del país), o bien con tubos cerámicos embonados sostenidos entre dos varas fijadas verticalmente al pie del basamento, o mediante el uso de una caña cortada.

#### 4 CONSIDERACIONES FINALES

El basamento superó las expectativas de los especialistas en construcción<sup>6</sup>, quienes opinaban que éste no soportaría el peso del edificio (estimado en unas cuatro toneladas). Si bien la edificación del basamento no era parte del experimento y se realizó de forma expedita, no muy conforme a evidencia arqueológica (ya que la cumbre no fue recubierta de un firme de barro limo-arcilloso antes de iniciar el muro, que hubiera ayudado a repartir mejor la carga del edificio), a los seis meses de su construcción no ha presentado problemas estructurales mayores, salvo grietas finas por el asentamiento del relleno. Esto parece confirmar la abundante evidencia arqueológica sobre la posibilidad de construir en tierra sin fundación de piedra y desde una superficie sin nivelar, incluso en ambientes de trópico húmedo con niveles freáticos altos.

La construcción del edificio en sí permitió evaluar los tiempos y la logística requeridos, lo que llevó a la siguiente propuesta sobre la organización del trabajo prehispánico en el caso del sitio de La Joya. Igual que en el contexto moderno, debe haber habido dos grupos de personas: por un lado un pequeño número de especialistas (maestros) para la construcción en sí, y un gran número de personas no especializadas, para las labores de apoyo. Los primeros sabían erigir muros verticales, calcular los vanos y los desniveles de superficie de piso y de techo, aplicar aplanados, armar techumbres, instalar desagües. Teniendo todos los materiales a la mano, el avance de este grupo es muy rápido: en el experimento, con tres "maestros", levantar los muros tardó 14 horas, armar y embarrar el techo 15 horas, aplicar los aplanados 5 horas.

El segundo grupo se dedicaba a las labores de muchísimas horas, necesarias para que los maestros tuvieran todo su material a pie de obra en fechas precisas: hacer adobes (en el solar familiar), cortar maderos y juncos para el techo, hilar cuerda de algodón para hacer amarres, recolectar y cortar hierbas secas para la mezcla de los adobes y los techos, picar hierbas verdes con navajas de obsidiana para los aplanados, acarrear y apisonar la tierra para los rellenos, extraer la tierra y mezclar el barro para cementante y aplanados, compactar los recubrimientos (en esta última actividad se especula que tal vez hayan participado también las mujeres, por la similitud del movimiento de compactado con el de la molienda en metate<sup>7</sup>). En este experimento de construcción de un minúsculo edificio, la manufactura de 90 adobes requirió 35 días de trabajo de dos hombres (por la alta proporción de fracturas) y más de un mes de secado; la compactación de los aplanados requirió 10 días con un promedio cuatro personas (y las superficies no quedaron libres de grietas).

En ausencia de un mercado para materiales de construcción, todo se tenía que obtener y producir localmente, en los tiempos que los pobladores no se dedicaban a las actividades de subsistencia (agricultura, pesca, cacería, producción de herramientas y enseres básicos, construcción de vivienda). En vista de los volúmenes constructivos manejados tan sólo en un sitio capital, está claro que la labor no especializada debe haber involucrado activamente a la mayor parte de la población del territorio por varios meses al año, y no sólo pequeñas cuadrillas de ayudantes de obra. De esta forma, el experimento realizado permite poner en

---

<sup>6</sup> el segundo autor y A. North, estudiante de maestría en Historia de la Arquitectura en la Universidad de Cambridge, Reino Unido

<sup>7</sup> En la tradición mesoamericana, el metate es la piedra alargada, plana o cóncava, en la que se muele el maíz con un molador cilíndrico, usando un movimiento de vaivén.

perspectiva las relaciones sociales que se tuvieron que haberse dado para producir los grandes sitios de arquitectura de tierra que estudian hoy los arqueólogos. La inversión de trabajo que representan tales obras prehispánicas monumentales, parte de proyectos urbanos comandados por la elite, rebasa por mucho en envergadura los proyectos de construcción vernácula que se llevan a cabo en el mundo en los tiempos modernos. Por lo tanto, la arqueología experimental aporta una dimensión social para entender los requerimientos organizativos de una arquitectura de tierra de una envergadura rara vez alcanzada en la actualidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campana, C. (2000). Tecnologías constructivas de tierra en la costa norte prehispánica. Trujillo: Instituto Nacional de Cultura.

Cabrera, R. (1991). Los sistemas de relleno en algunas construcciones teotihuacanas. En Cabrera, R., Rodríguez, I., Morelos, N. (coords.) Teotihuacan 1980-1982. Nuevas Interpretaciones. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 113-143.

Daneels, A.; Guerrero L.F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. APT Bulletin 42(1): 11-18

Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2014). Chapopote como estabilizante de la construcción de tierra cruda. En Kalisch, M., Canto R. (coords.) Tecnohistoria. Objetos y artefactos de piedra caliza, madera y otros materiales. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán y Dirección de Estudios Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia, p. 174-193.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los permisos otorgados por el Consejo de Arqueología del Instituto Nacional e Antropología e Historia de México para la excavación y los estudios de materiales constructivos prehispánicos de La Joya, que proporcionaron la evidencia en la que se basó la construcción experimental. La fabricación de los adobes en octubre y la construcción en diciembre 2016 se hicieron con el financiamiento de los proyectos PAPIIT IN800416 (DGAPA-UNAM) y CB2015-254328 (CONACyT), respectivamente.

## AUTORES

Annick Daneels, doctora en antropología, doctora en arqueología, maestra en arqueología, arqueóloga; investigadora de la UNAM; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA; responsable de la excavación, investigación y preservación de la arquitectura monumental del sitio arqueológico de La Joya, Ver., en el marco del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz.

Andrew Vernucci, arquitecto por la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble (ENSAG), Francia. Participó al proyecto durante una estancia de colaboración de octubre a diciembre 2016.