

CONCEPTO DE ÁREA EN TEOTIHUACÁN

Alberto Camacho Ríos

camachoalberto@hotmail.com

Instituto Tecnológico de Chihuahua II, TecNM

Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México

Recibido: 19 de septiembre de 2017 **Aceptado:**

Resumen

Los templos prehispánicos que todavía sobreviven, son la fuente más confiable de la que se dispone para estudiar la estructura de la matemática, astronomía y otras ciencias de la medición, legadas sobre su materialidad por los antiguos grupos mesoamericanos. El escrito reporta la recuperación de los conceptos elementales de longitud y área fincados sobre diferentes monumentos prehispánicos del sitio de Teotihuacán, ubicado al Norte de la Ciudad de México. Esas magnitudes fueron originalmente trazadas en unidades de medida indígenas conocidas como unidades T, para devenir magnitudes astronómicas de las que se desprenden las revoluciones sinódica y siderales de los planetas que los grupos comúnmente observaban. El estudio se centra en el análisis de los diferentes ordenes de magnitud del concepto de área que aparecen en varios edificios, que se muestra transversal a las diferentes culturas.

Palabras clave: área, correlación, movimientos sinódico y sideral, planetas, Luna.

AREA CONCEPT IN TEOTIHUACÁN

Abstract

Prehispanic temples that still survive are the most reliable source available to study the structure of mathematics, astronomy, and other measurement sciences, bequeathed about their materiality by ancient Mesoamerican groups. The paper reports the recovery of elemental concepts of length and area planted on different prehispanic monuments of the site of Teotihuacán, located to the North of Mexico City. These magnitudes were originally traced in units of measurement known as T units, to become astronomical magnitudes from which the synodic and sidereal revolutions of the planets commonly observed by the groups are revealed. The study focuses on the analysis of the different orders of magnitude of the concept of area that appear in several buildings, which is shown transversal to different cultures.

Key words: Area, Correlation, Synodic and Sidereal Movements, Planets, Moon.

Objetivo de estudio

El objetivo del escrito es poner de relieve las diferentes magnitudes de longitud y área que se utilizaron en el diseño y levantamiento de templos-pirámides mesoamericanos, principalmente su cualidad aritmética y astronómica, vista desde las proporciones entre esas magnitudes. Para ello, se analizan varios monumentos levantados al iniciar la era cristiana, es el caso del rectángulo conocido como La Ciudadela, que concentra el templo de Tláloc-Quetzalcóatl. Otro

es la pirámide de la Luna, ubicada en la Plaza del mismo nombre, ambos templos situados en Teotihuacán, México. El estudio se realiza a partir de reconocer en la geometría de los monumentos las longitudes y áreas en metros, para luego trasladarlas a unidades T y de ahí a magnitudes astronómicas. En el documento se muestra que detrás de las magnitudes con las que se midieron los monumentos se encuentra un sistema de medición de naturaleza astronómica, que involucra los números que representan las revoluciones de los planetas que los antiguos teotihuacanos comúnmente observaban.

Antecedentes

Camacho (2017) calculó el área de tres lotes de los 386 contenidos en el códice conocido como Santa María la Asunción y Vergara, elaborado entre 1539-1542 d.C., que se adjudican a la cultura Acolhua de la región de Texcoco, México, y demostró la *naturaleza astronómica* de sus magnitudes perimetrales y de área. En la imagen de la Figura 1 se muestra el primero de ellos, cuyas longitudes, colocadas al borde del perímetro, se aprecian en *unidades T*.

Los agrimensores Acolhuas utilizaron dos fragmentos del instrumento de medición para el trazo y levantamiento de los lotes, estos son el *yollotl* de 0.8333... cm, así como el *tlacxitamachihualoni*, o *pie*, de 0.2777... cm. El instrumento completo era conocido como *Tlalquahuítl* y medía una unidad T, mientras que los fragmentos citados en estas unidades vendrían a ser, 0.333... T para el *yollotl*, por 0.111... T para el *pie*, de suerte que el *Tlalquahuítl* se estima en 2.5 m.

Las magnitudes 31.2 T×22 T del lote, en la misma figura, determinan un área T² de:

$$31.2 \times 22 = 686.4 \text{ T}^2$$

El autor presume que el área 686.4 T² corresponde al período sideral del planeta Marte, determinado por los astrónomos acolhuas bajo esa aproximación. El período sideral es la cantidad de días que el planeta tarda en hacer una revolución de 360 grados sexagesimales sobre un plano circular hipotético. Mientras que el período sinódico es el tiempo que tarda para volver a alinearse con la Tierra y el Sol. El valor actual del movimiento sideral se concibe en los 686.971 días, en tanto el movimiento sinódico se exhibe como de: 779.96 días, siendo que el período sideral del mismo planeta se verifica, en los mismos lotes analizados, como de 780 días. De modo que la proporción que con ellos resulta, es de:

$$\frac{779.96}{686.971} = 1.1353608 \text{ días}, \frac{780}{686.4} = 1.136363... \text{ días}$$

Las diferencias, tanto en los movimientos sinódico y sideral, así como con la proporción entre las mismas magnitudes concebidas actualmente y las utilizadas por las culturas mesoamericanas, son respectivamente:

$$780 - 779.96 = 0.04 \text{ días,}$$

$$686.971 - 686.4 = 0.571 \text{ días y}$$

$$1.136363\dots - 1.1353608 = 0.001 \text{ días}$$

En el mismo orden se plantea una *correlación*, es decir, una estructura aritmética que incluye las revoluciones de los planetas en función del área $686.4 \text{ T}^2/\text{días}$, o período sideral de Marte:

$$\begin{aligned} 686.4 &= 585 \times 1.17333\dots = 225 \times 1.17333 \times 2.6 = 365.625 \times 1.17333 \times 1.08333\dots = \\ &= 260 \times 1.65 \times 1.6 = 780 \div 1.136363\dots \end{aligned}$$

La constante 1.17333... proporciona a las cantidades que representan las revoluciones. Los números que resultan: 585, 225, 365.625, 260 y 780, corresponden, los dos primeros: 585, 225, a los ciclos sinódico y sideral del planeta Venus (Maupomé, 1986) cuya proporción establece una primera constante astronómica, esta es:

$$\frac{585}{225} = 2.6$$

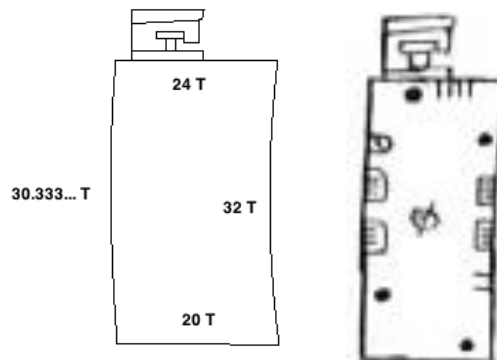


Figura 1. Izquierda, información perimetral del Lote. Derecha, representación numérica y simbólica de las magnitudes tal y como aparecen en el código. La planta no cuenta con escala. Fuente: Camacho (2017, p. 88)

Los siguientes: 365.625 y 260, representan cada uno al año solar, el primero, y al año ritual, el segundo, que servían a los grupos mesoamericanos para llevar el control diario de sus

actividades, principalmente astronómicas. De igual manera, ambos determinan una segunda constante, 1.40625, en su proporción, o sea:

$$\frac{365.625}{260} = 1.40625$$

Otra, se presenta al dividir el movimiento sinódico de Venus por el año solar, es decir:

$$\frac{585}{365.625} = 1.6$$

En el mismo orden, la proporción entre el período sinódico de Marte con el año ritual es:

$$\frac{780}{260} = 3$$

Otras proporciones importantes resultan del cociente del sínodo de Marte con el de Venus:

$$\frac{780}{585} = 1.333\dots,$$

así como las ya vistas entre los propios movimientos de Marte:

$$\frac{780}{686.4} = 1.13636363\dots \text{ y } \frac{780}{300} = 2.6$$

En el área del segundo de los lotes analizados por el autor, surgen los movimientos sinódico y sideral de la Luna (pp. 89-90) respectivamente son de 29.5 y 27.23077..., días¹. Las dos revoluciones establecen una constante fundamental, esta es:

$$\frac{29.5}{27.23077\dots} = 1.08333\dots$$

De ambos movimientos se desprenden los que se conocen como *año lunar sinódico* de 383.5 días, que contempla 13 meses lunares de 29.5 días cada uno: $383.5 = 29.5 \times 13$, así como un *año lunar sideral* de 354 días, que incluye 13 meses siderales de 27.23077... días, o bien 12 sinódicos de 29.5 días. Ello se ha colocado en la siguiente correlación:

$$354 = 29.5 \times 12 = 27.23077\dots \times 13$$

El reconocimiento del modelo astronómico mesoamericano hasta aquí presentado es del todo inédito y resulta de las áreas de los lotes analizados en el códice. A esas magnitudes habrá que volver en los siguientes apartados.

¹ En este caso se estiman solamente los promedios de las revoluciones de la Luna en 29.5 días para el ciclo sinódico, siendo el reconocido por los grupos mesoamericanos en 29.5384615..., muy parecido al que se acepta actualmente de 29.53 días, contra 27.23077... días para su período sideral. De igual forma, un año lunar sinódico es de 384 días, o sea $384 = 29.5384615\dots \times 13 = 384$, mientras que el año sideral es de 354.4615... días.

Teotihuacán

A 45 Km de la Ciudad de México, se encuentra el Centro Ceremonial conocido como San Juan Teotihuacán, en una Latitud de 19° 41' 33" Norte y Longitud 98° 50' 38" Oeste, a una altura promedio de 2,270 m Sobre el Nivel del Mar. El sitio logró una declaración de protección por parte de la UNESCO, a partir de octubre del año 2015, que le acredita como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Villa de alrededor de cuarenta kilómetros cuadrados, en la que llegaron a habitar hasta 200,000 personas, Teotihuacán se traduce del Náhuatl como el *Lugar donde los hombres se convierten en dioses*. Llegó a dominar todo el valle central mexicano, desplegando su influencia cultural hasta Guatemala, por el Sur, y las culturas del Norte de México. Se parte del supuesto que la villa fue edificada por migrantes indígenas de la región de Cuicuilco, cercana a la Ciudad de México, siendo abandonada alrededor del año 700 d.C., sin determinarse aun la razón de esto último.

Según la versión oficial, el espacio que corresponde al centro ceremonial, fue construido sobre un terreno plano en seis etapas que iniciaron en el siglo I a.C. *fase Tzacualli*, para concluir durante el año 850 d.C. *fase Oztotipac*. Su construcción obedeció a un plan urbano de naturaleza astronómica, alrededor de un eje central y otros ocho ejes perpendiculares. El primero corre de Norte a Sur, de hecho corresponde al eje central de la llamada *Calzada de los Muertos*, mientras que los otros, de Este-Oeste, se aprecian imaginariamente por el centro de las pirámides de *la Luna*, *la Plaza de la Luna*, *Plaza de la Columnas*, *Pirámide del Sol*, *Pirámide de la Agricultura*, *Pirámide de Tláloc-Quetzalcóatl* y, también, otros dos ejes que cruzan sendos montículos ubicados estratégicamente en el sitio (Marquina, 1951, p. 57), Figura 1. Tanto la avenida principal como los edificios, guardan en su totalidad una plena simetría geométrica y astronómica.

Marquina (1951) parte de la hipótesis de que la desviación angular del sitio, se desplegó deliberadamente al construir la Pirámide del Sol con la finalidad de que su orientación: "... marcara con exactitud la puesta del Sol, el día de su paso por el cenit" (p. 72). Se considera que después de ese trazo se marcó otro perpendicular, para así configurar el diseño de la pirámide sobre el terreno. El punto de vista sugiere que el trazo inicial no obedeció a una orientación de la misma hacia el Norte Verdadero, sino que su ubicación original fue en función de la *huella* dejada por el Sol durante el fenómeno equinoccial. A principios del siglo XX, cuando realizó la investigación, la declinación magnética respecto al Norte Verdadero, era de 17° Este.

Actualmente la declinación se aproxima a los 15° 30' Este, lo cual indica una tasa de variación de los ejes verticales en cien años, de cerca de 2° hacia el Oeste. Esa variación advierte la posibilidad de que los ejes verticales del sitio se hayan orientado inicialmente al Norte Geográfico.

Por otro lado, según Garcés (1990), un grupo de investigadores desplegaron los ejes más allá del complejo arquitectónico y encontraron marcas referenciales en los cerros aledaños, sobre las que descansan sus límites:

(...) Trazó (el grupo) sus líneas proyectándolas por todo el valle hasta los cerros lejanos y descubrió sorpresivamente los marcadores prehispánicos con inscripciones glíficas a muchos kilómetros de distancia en las 4 direcciones previstas. (p. 235),

El eje Norte-Sur tiene una longitud aproximada a los: 2,156 m, Figura 2. Inicia en la Plaza de la Luna, que se localiza frente a la pirámide del mismo nombre y se prolonga hacia el Sur, hasta *La Ciudadela*, un conjunto arquitectónico que contiene 13 templos, cercano al Río San Juan, que le cruza en diagonal de Este a Oeste, paralelo a la plataforma donde descansa la pirámide de Tláloc-Quetzalcóatl. La Calzada de los Muertos cuenta con una anchura de 40 m y una longitud aproximada de 1828.125 metros, corre sobre un eje de Norte a Sur. Inicia al Sur sobre uno de los extremos de la Ciudadela y termina en el lugar donde inicia la Plaza de la Luna. La Calzada tiene un desnivel de treinta metros de inicio a fin, delimitado por las plataformas sobre las que se construyeron las pirámides, lo cual permite sin problema el control del agua de lluvia. Sobre la avenida se encuentran los edificios más importantes: las pirámides del Sol y de la Luna, el templo de Tláloc-Quetzalcóatl, la Ciudadela y otras edificaciones más que en su momento debieron ser de gran utilidad astronómica. La Ciudadela forma una gran plaza cuadrangular de aproximadamente 400 m por lado, fue construida durante la *fase Miccaotli*, entre los años 150 y 250 d.C., y contiene en su interior a la pirámide de Tláloc-Quetzalcóatl.

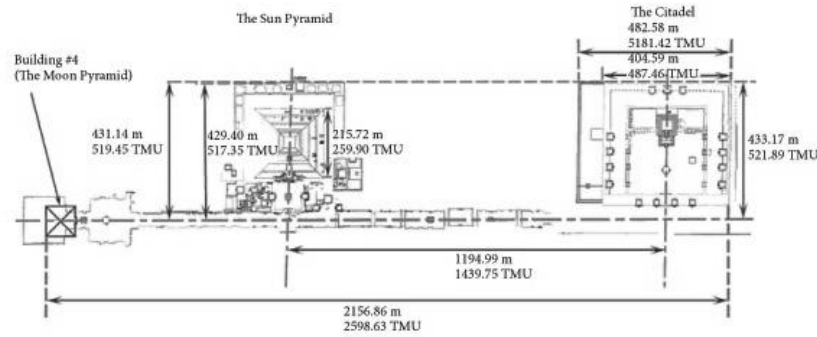


Figura 2. Mapa de los principales edificios de Teotihuacán. Al Norte, a la izquierda, la Pirámide de la Luna, al centro la del Sol y al Sur la de Quetzalcóatl.

Fuente Sugiyama (2010).

Estudios recientes

Sugiyama (2010) y su equipo elaboraron una planta del sitio, en la cual se incluyeron registros de las medidas horizontales en metros, sobre otras ya existentes diseñadas alrededor de los años sesenta del siglo XIX, por ingenieros y arquitectos como fueron Artigas y Pérez Ayala, Gamio en 1917, Marquina desde el inicio del siglo XX, así como el diseño de Millon (1966). Un fragmento del plano se aprecia en la Figura 2. La planta ofrece una visión dinámica de las medidas de los ejes que sirvieron de base para el diseño general de la urbe, así como para el propio diseño y construcción de los templos. En la misma figura se puede ver la longitud más larga de la villa, que corresponde a los 2156.86 m, o bien $\frac{2156.86}{2.5} = 862.75$ T.

El mismo Sugiyama dividió cada longitud medida en metros por un yollotl que aproximó a los 83 cm, cuyos resultados se consignan en la planta junto con las primeras. Por ejemplo, para el caso de la longitud antes citada, esta corresponde a:

$$\frac{2156.86}{0.83} = 2598.63 \text{ yollotls}$$

Observe que la longitud trasladada a yollotls se aproxima a 2600 unidades, o bien, es en proporción con el año ritual de 260 días, puesto que:

$$2598.64 \approx 2600 \approx 10 \times 260$$

Así trasladadas, fueron denominadas por el autor como unidades T.M.U (Teotihuacan Measurement Unit), ya reconocidas bajo esa idea desde los años 1983 y 1993. La traslación a

unidades T.M.U de las mediciones, principalmente en las plataformas sobre las que se construyeron las pirámides, muestra una regularidad que les hace tender al patrón del año ritual de 260 días y sus propios múltiplos: 260, 520, 120, 1000, etc. Por ejemplo, la longitud perpendicular a la longitud larga antes mencionada, mide 431.14 m, que dividida por un yollotl, resulta cercana a dos años rituales, puesto que: $519.44 \approx 520$ T.M.U: “Las figuras sugieren que las dimensiones originales fueron probablemente determinadas para simbolizar el más importante ciclo ritual de 260 días” (p. 139).

La longitud así calculada resulta ser de 520 yollotls, siendo en unidades T de 172.46. Incluso la longitud larga de 2,600 yollotls, corresponde a 866.666... T. No obstante, en algunas de las longitudes la traslación a yollotls conduce también a la correspondencia con el promedio del sínodo de Venus de 585 días “Esto lleva a pensar que la distribución en el mapa de estos patrones indican una materialización del mundo teotihuacano y del sistema calendárico, que expresa una relación cosmogónica entre el tiempo y el espacio” (p. 139).

El concepto de área en La Ciudadela

En las primeras pirámides edificadas alrededor del inicio de la era cristiana, como las de Teotihuacán, el área de sus plataformas, cuadradas o rectangulares, se muestra como el producto elemental que se utiliza actualmente en la forma de lado×lado, que se puede simbolizar en unidades T como: $T \times T = T^2$. No obstante, en el sentido de la medición, tanto en la astronomía como en la construcción de pirámides, esa notación no tiene sentido, toda vez que las unidades T representan *días*. Para ello, habría que establecer una notación más apropiada para el producto, algo así como:

$$\text{días} \times \text{días} = \mathbf{\text{días}}$$

Observe que se ha colocado en negritas el resultado del producto, porque no es posible escribir la misma expresión, como: $\text{días} \times \text{días} = (\text{días})^2$. Por ejemplo, 10 días×45 días, es simplemente igual a 450 días. Incluso, en las áreas de las plataformas de las pirámides que bajo esta concepción se han revisado, no es claro si los ingenieros mesoamericanos hayan utilizado la notación $T \times T = T^2$, en la determinación del área *local*, no astronómica, de las mismas.

Otra manera de expresar el área aparece también la mayoría de las plataformas de las pirámides o bien en las plazas y polígonos donde se ubican. Es el caso de La Plaza rectangular, de medidas: 97.5 T por 112.5 T, (243.75 m por 281.25 m) que concentra la pirámide de Tláloc-

Quetzalcóatl en Teotihuacán, la ya mencionada como La Ciudadela, así como el templo adosado a la misma, Figura 3. Esta última se encuentra a cierto desnivel respecto del rectángulo de la periferia, de manera que cuenta con al menos 10 escalinatas que permiten arribar al recinto, 4 sobre los lados Norte y Sur y una sobre los Este y Oeste, incluyendo otras dos que alojan la bajada al recinto principal desde la dirección Oeste de la plaza.

Al Este de la pirámide, cercano a los: 56.25 T/140.625 m de su centro, se encuentra una plataforma cuadrada de poca altura de medidas 8.666...×8.666... T (21,666...×21.666... m) la cual es cruzada por el eje principal que divide en dos a La Plaza y que cruza también por el centro a la pirámide principal, que es cuadrada y cuyo lado promedio es de 26 T (65 m) y área: 676 T² (4,225 m²). Este eje divide asimismo por la mitad a la longitud de la periferia de 162.5 T. El área de la plataforma: 8.666... ×8.666... = 75.111... T², se encuentra en proporción con el área de la pirámide: 676 T², como:

$$\frac{676}{75.111...} = 9,$$

así como con el lado: 97.5 T, de la misma plaza, quedando la proporción equivalente respecto del otro lado: 112.5 T, puesto que:

$$\frac{97.5}{8.666...} = 11.25 T,$$

La longitud: 11.25 T, es a su vez la medida del templo central que se encuentra junto con otros dos, al Este de la pirámide, Figura 2.

Si el lado 8.666... T de la plataforma citada, se multiplica por el lado largo de la Plaza, se determina un tramo de área de:

$$8.666... \times 112.5 = 975 T^2,$$

El tramo de área corresponde a una *partición*, la cual representa al área total de la Plaza: 10,968.75 T², Figura 3, cuyo tamaño viene a ser el valor antes comentado, determinado con el cociente del lado corto de la Plaza entre la longitud 8.666... T:

$$\frac{97.5}{8.666...} = 11.25 T,$$

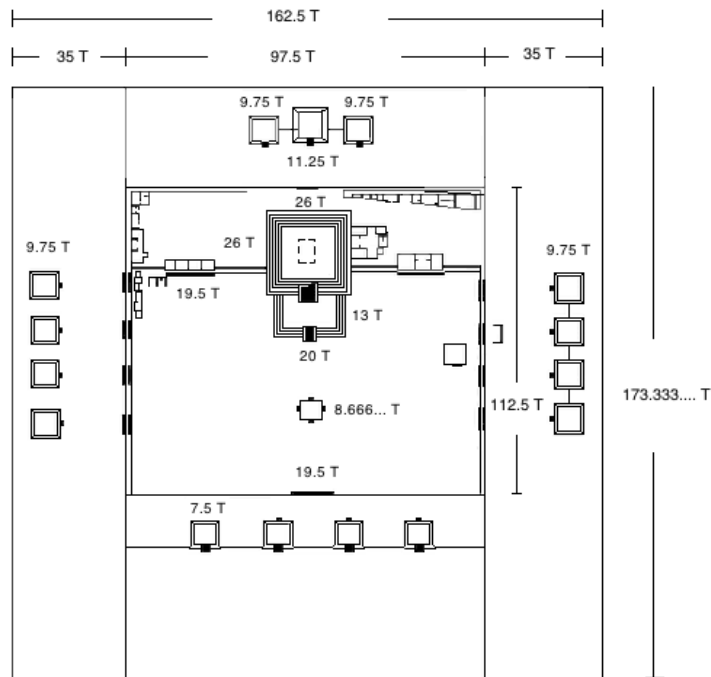


Figura 3. Plano del rectángulo llamado la Ciudadela. Se compone de un gran patio al frente y otro menor hacia atrás en el que se encuentran aposentos alrededor del templo de Tláloc-Quetzalcóatl. Elaborado a partir del diseño de Marquina (1951, p. 82). La planta no cuenta con escala.

siendo que el producto del tramo de área: $975 T^2$ por el tamaño de la partición $11.25 T$, determina igualmente el área de la Plaza, esto es: $975 \times 11.25 = 10,968.75 T^2$. La partición anterior es una regularidad que aparece en la mayoría de los rectángulos que concentran los primeros templos mesoamericanos. Sin embargo, los elementos metrológicos de otras infraestructuras: escalinatas y templos pequeños, contenidos en el rectángulo, permiten tomar distintas particiones, con las que se llega al mismo resultado del área antes vista: $10,968.75 T^2$.

Observe que la magnitud $11.25 T$, es equivalente con la longitud larga: $112.5 T$, de la misma Plaza.

Lo interesante del procedimiento de tomar tramos de área de esa manera, es que involucra en el nuevo producto una longitud multiplicada por un área: $11.25 T \times 975 T^2$, siendo que la determinación original resulta con el producto de las dos longitudes: $97.5 T \times 112.5 T$, del rectángulo, Figura 4. En este sentido, el resultado de ambos productos provoca un problema que

se asume a los ordenes de magnitud involucrados, puesto que el mismo resultado queda en unidades T^3 y T^2 :

$$11.25 T \times 975 T^2 = 10,968.75 T^3$$

$$97.5 T \times 112.5 T = 10,968.75 T^2,$$

Ello se salva simplemente considerando ambos resultados en días, como:

$$11.25 \times 975 = 10,968.75 \text{ días} = 97.5 \times 112.5$$

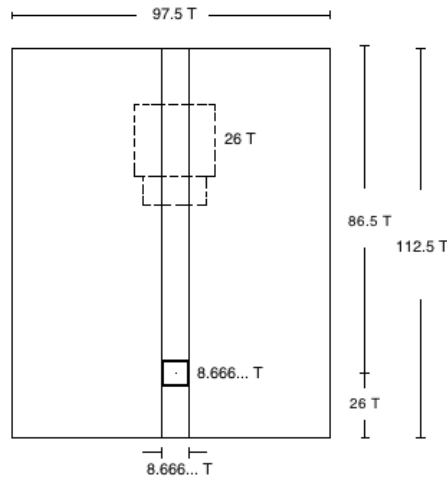


Figura 4. Tramo de área de $975 T^2$, representativo del área total de la plaza, de $975 \times 11.25 = 10,968.75 T^2$.

Fuente: Croquis elaborado por el autor. No cuenta con escala.

De aquí se desprenden los siguientes resultados:

- a) La magnitud 10,968.75 días, correlaciona con el año solar de 365.625 días y las revoluciones sinódica y sideral de Venus como:

$$10,968.75 = 365.625 \times 30 = 585 \times 18.75 = 225 \times 48.75$$

Es proporcional, además, con el área: $676 T^2/\text{días}$, de la pirámide, de manera equivalente con la constante: 1.40625 días, que resulta de los años solar y ritual:

$$\frac{365.625}{260}, \text{ o sea:}$$

$$\frac{10,968.75}{676} = 14.0625 = \frac{365.625}{260}$$

Esas proporciones muestran que la plataforma rectangular de la Ciudadela, es congruente con las magnitudes de los monumentos y escalinatas alojadas en su interior.

- b) Rectángulos como el de La Ciudadela, representan plataformas que soportan los templos pirámides levantados en cualquier época del desarrollo de la civilización teotihuacana. La característica que les identifica es la proporción que guardan entre sus lados, en este caso representada por la constante 1.153846..., o sea:

$$\frac{112.5}{97.5} = 1.153846\dots$$

Esa constante aparece en la mayoría de los monumentos, incluso, es la proporción entre los lados del rectángulo cuyas longitudes: 57.525×49.855 T, forman la pirámide de la Luna en el mismo sitio de Teotihuacán, puesto que:

$$\frac{57.525}{49.855} = 1.153846\dots$$

Si lo desea, el lector puede cotejar esas magnitudes en la planta de la pirámide que se muestra en Marquina (1951, p. 78). No obstante se comenta en el siguiente apartado.

- c) La técnica para *tomar* una partición de área se acerca a las técnicas de la matemática escolar que pertenecen al Teorema del Valor Medio que se enseña en los cursos de cálculo integral. No obstante, la técnica utilizada en el rectángulo de la Ciudadela es útil debido a que las magnitudes involucradas son equivalentes y pertenecen al mismo sistema numérico y no tanto porque quienes proyectaron el complejo arquitectónico hubieran utilizado esas herramientas.
- d) La situación del uso indistinto de ordenes de magnitud en las longitudes y áreas, es común en las propias magnitudes de los templos-pirámides, más ello no es un signo de afectación si se toma en cuenta que su verdadera naturaleza es considerarles en *días*. Esa postura vuelve a aparecer en la definición de otro tipo de magnitudes en los mismos templos.
- e) Las operaciones aritméticas de suma, resta, multiplicación, división, proporción, y otras como la elevación a potencia, se evidencian en las propias dimensiones rescatadas de los monumentos, no obstante que estas últimas no son puestas en discusión en el presente escrito.

La raíz de 2 en las dimensiones de las pirámides

Se dijo anteriormente que el área de la pirámide de Tláloc-Quetzalcóatl es de $26 \times 26 = 676$ T². Además, el lector puede mirar en la Figura 2 que la longitud en metros que hay del centro de la pirámide del Sol al centro de la ya mencionada de Tláloc-Quetzalcóatl es de 1,194.99, a la que

corresponden cerca de 478 unidades T. Observe que el cociente del área $676 T^2$ con la longitud entre los centros de las pirámides se aproxima suficientemente a la $\sqrt{2}$, es decir:

$$\frac{676}{478} = 1.414225941\dots$$

cuyo valor real es de 1.414213562... con una diferencia respecto a esta última de 0.00001237863.

Área de la Calzada de los Muertos. Correlaciones

Las magnitudes en metros de la Calzada de los Muertos se aproximan a los 1,828.125 de largo por 40 de ancho. La traslación de estas últimas a unidades T son, respectivamente, 731.25 y 16, Figura 2. La magnitud 731.25 hace dos veces un año solar de 365.625 días, mientras que el área que se forma con el rectángulo delimitado por la calzada es de:

$$731.25 \times 16 = 11,700 T^2$$

El área calculada de $11,700 T^2$ correlaciona con las revoluciones sinódica y sideral del planeta Venus y así como con los años solar y ritual, en la forma:

$$585 \times 20 = 225 \times 52 = 11,700 = 365.625 \times 32 = 260 \times 45$$

cuyas particiones: 20, 52, 32 y 45, son múltiplos de los propios sínodos, toda vez que la constante 52 es múltiplo de la constante astronómica 2.6. Incluso, la correlación guarda un triple universo astronómico, que determina tres *calendarios* diferentes.

La correlación anterior muestra un registro importante legado sobre el área por los astrónomos teotihuacanos. Indica un *alineamiento* del planeta Venus con la Tierra y el Sol, la cual se puede parafrasear de la siguiente manera:

El planeta Venus hace 20 recorridos sinódicos de 585 días y 52 siderales de 225 para alinearse con la Tierra, que a su vez realiza 32 revoluciones. Ello acontece en 45 años rituales de 260 días, cuya ocurrencia sucede en 11,700 días.

La correlación es una estructura aritmética que involucra también el alineamiento del planeta Venus y la Tierra con otros planetas como Mercurio (87.75 días de período sideral por 117 días de ciclo sinódico) y Marte. Parte del comportamiento de estos últimos en la correlación, se exhibe enseguida:

$$585 \times 20 = 225 \times 52 = 11,700 = 365.625 \times 32 = 260 \times 45 = 780 \times 15 = 87.75 \times 133.333\dots$$

Pirámide de la Luna

Se mencionó que las longitudes de la base rectangular de la pirámide de la Luna en Teotihuacán, miden 57.525×49.855 T/días y que sus magnitudes son en proporción con la constante fundamental $1.153846\dots$, puesto que:

$$\frac{57.525}{49.855} = 1.153846\dots$$

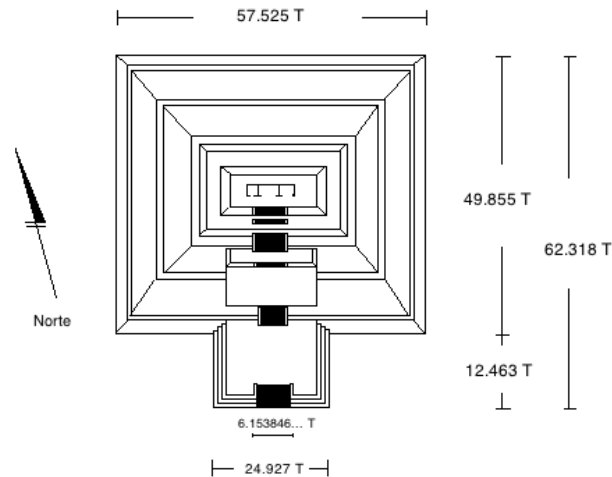


Figura 5. Croquis del Templo de la Luna y templo adosado.

Fuente: Elaborado por el autor a partir de la planta y escala que aparece en Marquina (1951, p. 78).

En el croquis que se muestra en la Figura 5, elaborado a partir de la planta que se encuentra en Marquina (1951, p. 78), el lector puede apreciar que al Sur-Oeste de la pirámide, se encuentra un templo que le fue adosado al finalizar su construcción. La longitud larga que hay desde el extremo Este de la pirámide hasta el extremo Oeste del templo adosado, donde inicia la escalera, se aproxima a los 62.3187 T. La proporción entre el lado 57.525 T y esta última magnitud, es la misma que la proporción entre los movimientos sinódico y sideral de la Luna, puesto que:

$$\frac{62.3187}{57.525} = 1.08333\dots = \frac{29.5}{27.23077\dots}$$

Por su lado, el ancho de la base de la escalera del templo adosado, mide $6.153846\dots$ T. El área extendida que se forma con la longitud larga 62.3187 y la longitud horizontal del ancho de la escalera, se aproxima a:

$$6.153846... \times 62.3187 = \mathbf{383.5 T^2}$$

En este caso, el área $383.5 T^2$ representa un año sinódico lunar de 13 meses de 29.5 días cada uno, esto es:

$$383.5 = \mathbf{29.5} \times 13 \text{ días,}$$

y es un indicio de que el edificio fue dedicado para llevar el control de los movimientos sinódico y sideral de la Luna.

Se enumeran enseguida algunas de las proporciones que se determinan entre las magnitudes de longitud y área del edificio, partiendo de las constantes, la fundamental de 1.153846... y la encontrada que proporciona los movimientos de la Luna: 1.08333.... Cabe adelantar que las longitudes horizontal: 24.927 T, y vertical: 12.463 T, del templo adosado, se encuentran en proporción de 1:2, como:

$$\frac{24.927}{12.463} = 2$$

- a) La proporción entre la longitud larga: 62.3187 T y la longitud horizontal 24.927 T del templo adosado, se descompone en el producto de las constantes fundamentales 1.08333... y 1.153826..., o sea:

$$\frac{62.3187}{24.927} = 2.5 = 1.08333... \times 1.153826... \times 2$$

- b) La que se determina entre la longitud larga: 62.3187 T y el lado vertical: 12.463 T, del templo adosado, es de:

$$\frac{62.3187}{12.463} = 5$$

- c) La proporción entre el lado largo de la base de la pirámide: 57.525 T y el lado horizontal del templo adjunto, resulta:

$$\frac{57.525}{24.927} = 2 \times 1.153846...$$

- d) La proporción del mismo lado con la longitud vertical del templo adosado, es:

$$\frac{57.525}{12.463} = 4 \times 1.153846\dots$$

Por su lado, las áreas de cada rectángulo son las siguientes:

e) La ya mencionada del rectángulo base de la pirámide:

$$A_1 = 57.525 \times 49.855 = 2,867.908 \text{ T}^2$$

f) La extendida que incluye al cuerpo adosado:

$$A_2 = 57.525 \times 62.3187 = 3,584.883 \text{ T}^2$$

g) El área extendida A_3 que se forma con la longitud larga 62.3187 y la longitud horizontal del ancho de la escalera, 6.153846...:

$$A_3 = 6.153846\dots \times 62.3187 = 383.5 \text{ T}^2$$

Esta última se divide en dos áreas, una A_4 , la que se extiende sobre el cuerpo adosado, de:

$$A_4 = 6.153846\dots \times 12.4637 = 76.7 \text{ T}^2$$

y otra A_5 , que se extiende a lo largo de la pirámide, esta es:

$$A_5 = 6.153846\dots \times 49.855 = 306.8 \text{ T}^2$$

Ambas son en proporción, como: $\frac{306.8}{76.7} = 4$. Además, cada una, correlacionan con el sínodo de 29.5 días de la Luna, cuyo producto se establece a partir de las constantes 2.6 y 10.4, esto es:

$$76.7 = 29.5 \times \mathbf{2.6}, \text{ y } 306.8 = 29.5 \times \mathbf{10.4}$$

Siendo que: $\frac{10.4}{2.6} = \frac{306.8}{76.7} = 4$

h) Además, el área A_6 formada por el cuerpo adosado hasta el ras de la pirámide, es de:

$$A_6 = 24.927 \times 12.463 = 310.665 \text{ T}^2$$

Las proporciones que resultan entre cada dos de las áreas: A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 y A_6 son: (se disponen solamente las más importantes):

i) Entre las áreas principales A_2 y A_1 :

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{3,584.883}{2,867.908} = 1.25 = 1.08333... \times 1.153846...,$$

j) El área de la base de la pirámide, dividida por el área del cuerpo adosado:

$$\frac{A_1}{A_6} = \frac{2,867.908}{310.665} = 9.231513045... = 4 \times 1.6 \times (1.153846...)^2 \times 1.08333...$$

k) El área extendida A_1 de 3,584.883 T², entre el área del cuerpo adosado:

$$\frac{A_1}{A_6} = \frac{3,584.883}{310.665} = 11.53846... = 10 \times 1.153846...$$

l) El área A_3 de la escalera entre sus áreas parciales A_4 y A_5 :

$$\frac{A_3}{A_4} = \frac{383.5}{76.7} = 5, \frac{A_3}{A_5} = \frac{383.5}{306.8} = 1.25$$

De igual manera resultan proporciones importantes, resolviendo los cocientes entre las anteriores. No obstante lo anterior, el uso del sistema de medición astronómico se utilizaba también para la elaboración de cerámica, como se puede ver en el siguiente apartado.

Conclusiones

El área, fue uno de los conceptos de la matemática que más evolucionó en los diseños, trazos y levantamiento de monumentos de las diferentes etapas de la medición desarrolladas por las culturas mesoamericanas. Es así que los conocimientos involucrados en la construcción de edificios deviene a diferentes disciplinas cultivadas por los grupos. Las más facultadas fueron la astronomía, agrimensura, matemática (aritmética y geometría) y arquitectura. Es evidente que detrás de los números que determinan las magnitudes de los monumentos se encuentra el sistema de medición utilizado que destaca de las revoluciones planetarias conocidas por éstas culturas y cuya observación debió ser cotidiana. Ese sistema se usaba en todo tipo de mediciones, tanto en los lotes de terrenos como en el levantamiento de grandes y medianos monumentos.

Referencias

- Camacho R, Alberto (2017). Astronomical magnitudes in the Santa María la Asunción Codex. International Organization of Scientific Research. IOSR Journals. DOI 10.9790/0837-2202058292, <http://www.researcherid.com/rid/C-6849-2017>
- Garcés, G (1990). Pensamiento matemático y astronómico en el México precolombino. México: Instituto Politécnico Nacional, Segunda edición.
- Marquina, Ignacio (1951). *Arquitectura prehispánica*. México: Memorias del Instituto Nacional de Antropología e Historia, I.N.A.H-S.E.P
- Millon, R (1966). Extensión y población de la ciudad de Teotihuacán. Un cálculo provisional. En *XI Mesa Redonda Teotihuacán*: 57-78. Ciudad de México: Sociedad Mexicana de Antropología.
- Maupomé, Lucrecia (1986). *Reseña de las evidencias de la actividad astronómica en la América antigua*. En: Historia de la Astronomía en México (Coordinadora Alejandra Jaidar). México: Fondo de Cultura Económica.
- Sugiyama, S (2010). *Teotihuacan city layout as a cosmogram*. En: *The archaeology of Measurement. Comprehending heaven, earth, and time in ancient societies* (Edited by Iain Morley and Colin Renfrew. Cambridge University Press, pp. 130-149.

Autor:

Alberto Camacho Ríos

camachoalberto@hotmail.com

Instituto Tecnológico de Chihuahua II, TecNM
Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México