

Vitruvio

desde los cimientos

El propósito de este trabajo consiste en dar cuenta de una de las aplicaciones de *Los diez libros de arquitectura* en la construcción de la ciudad de México; este tratado europeo es el más antiguo y completo que se conoce en el mundo occidental; fue escrito por el arquitecto romano Marco Lucio Vitruvio Polión, en el siglo I (?) a.C. Veremos aquí cómo los constructores de la capital emplearon el “estacamento”, la “estacada”, la “palizada” o la “empalizada”, para mejorar en algo la mala calidad del terreno y poder desplantar sobre ella la cimentación de los edificios más importantes. El estacado es una técnica mecánica que tiene la ventaja de reducir la compresión y aumentar la resistencia del terreno; su empleo está descrito por Vitruvio, documentado por diversos autores y se hallan a la vista algunos de sus vestigios arqueológicos. No obstante de que se trata de una aplicación sencilla de este milenar texto, incrementa su interés la frecuencia y la continuidad de uso que tuvo este procedimiento constructivo en nuestra ciudad, desde el siglo XVI, hasta inclusive el XIX.

Palabras clave: Vitruvio, tratados de arquitectura, estacado, hundimientos en la ciudad México, cimentación.

44 |

El *corpus* de nuestro estudio lo constituyen descripciones y referencias documentales de archivo, así como noticias bibliográficas de los siglos XVI al XX. Es de llamar la atención, aunque no mucho, que ninguno de los autores de estos escritos cite ni refiera como fuente de sus reflexiones *Los diez libros de arquitectura* de Vitruvio; para colmo, en 1607 el cronista dominico fray Hernando Ojea supuso que el estacado era un invento de los constructores novohispanos; más aún, hoy día hay quienes afirman que este procedimiento constructivo no es europeo, sino indio. Debo advertir que no se trata de un pugilato por la nacionalidad ni por el origen de este ingenioso procedimiento; el foco de interés de mi trabajo consiste en mostrar una aplicación frecuente y constante del texto vitruviano al espacio construido de la ciudad de México.

Desde hace más de dos mil años, Vitruvio explicaba en su libro que

[...] en el caso de que no se encontrase terreno firme, por ser el suelo de tierras de acarreo o movedizas hasta muy hondo, o pantanosas, entonces se cavará y ahondará la zanja hasta

* Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, INAH.

un cierto límite y se hará una *estacada* con cuarterones chamuscados de álamo negrilla, de olivo o de encina, cuidando que los maderos de esta armazón queden tan compactos como sea posible con ayuda de máquinas, y que los espacios que resulten entre los cuarterones se rellenen con carbón. Hecho esto se terminan los cimientos de albañilería muy sólidamente.¹

La representación gráfica de este procedimiento constructivo la tomamos del libro del ingeniero italiano Carlo Formenti.²

Estacada

Todos sabemos de las relaciones entre los antiguos tratados de la arquitectura con el espacio construido de la novohispana ciudad de México; sin embargo, pocas veces se hace referencia explícita a la manera de cuánto y cómo fueron empleados estos libros. Indudablemente no es sencillo establecer los enlaces entre los textos y los espacios, pues casi siempre se trata de conexiones parciales entre las proporciones escritas y las acciones realizadas, tanto para el diseño del proyecto como para la transformación y la asignación del lugar que tendrán los materiales. Aunque claro, también se producen enlaces de los textos con los espacios que no dejan huella de su relación, como ocurre con la aplicación de algunos procedimientos constructivos.

También sucede que el texto no siempre corresponde exactamente con el objeto arquitectónico, debido a los ajustes y cambios producidos *en el momento en que se pone en práctica lo escrito en un libro*; incluso, tanto es así, que no

¹ Marco Lucio Vitruvio Polión, *Los diez libros de arquitectura*, trad. del latín, pról. y notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 2000, p. 76. Cursivas mías.

² Carlo Formenti, *La pratica del fabbricare. Il rustico delle fabbriche*, Milán, Ulrico Hoepli, Libraio Editore della Real Casa, Parte Prima, 1893, Tv. XI.

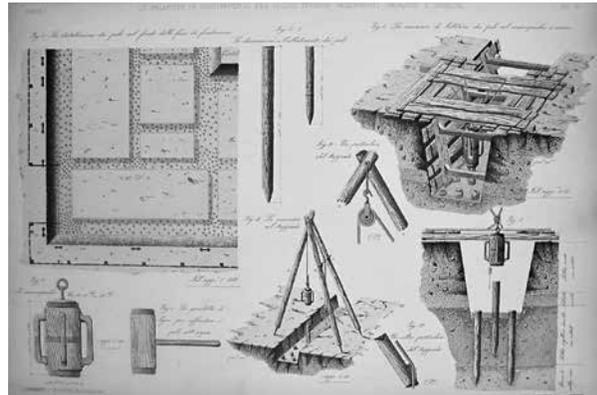


Figura 1. *Le palafitte di costipamento per alcuni terreni alluvionali chiajosi e sabbiosi* ("Los zancos o estacas de constreñimiento para algunos terrenos aluviones, ... y arenosos"). La "estacada" es un buen ejemplo para mostrar una aplicación, del más antiguo de los tratados de arquitectura europea en la ciudad de México. Carlo Formenti, *La pratica del fabbricare. Il rustico delle fabbriche*, Milán, Ulrico Hoepli, Libraio Editore della Real Casa, Parte Prima, 1893, t. V, p. 11.

siempre es posible observar estas relaciones entre el texto y el objeto arquitectónico, porque sus consecuencias sólo operaron temporalmente en el plano social de las relaciones de su producción no se ven, pero se sabe que formaron parte de la producción material del espacio arquitectónico construido.

De aquí el interés por abandonar la cómoda creencia de que la lectura del texto especializado sea única y de que su aplicación se reduzca a una simple ejecución de lo escrito, como si se tratara sólo de seguir las indicaciones de un instructivo para hacer funcionar un artefacto. Es preferible pensar en los complejos ajustes y traducciones de diversos textos culturales de la arquitectura europea, a los nuevos contextos históricos y materiales de la ciudad de México. Entre los libros y las prácticas constructivas del espacio arquitectónico están presentes todo el tiempo las complejas redes de traducción de diversos discursos especializados que le dan sentido a las prácticas sociales, a las experiencias, al empleo de fórmulas, a las habilidades, a los procedimientos de trabajo sobre los materiales, todo

Tabla 1. Vitruvio.^a Descripción del procedimiento constructivo de la estacada

Lázaro de Velasco (1564) Clérigo	Miguel de Vireo (1582) Arquitecto	Claude Perrault (1684) Dr. En Medicina	Berardo Galiani (1758) Arquitecto de Mérito	Joseph Ortiz Y Sanz (1787) Presbítero	Agustín Blánquez (2000)
[...] si adonde se ubiere de edificar no se hallare suelo firme, sino lugar humido, manantial o cenagoso, o lagunoso, después de hazia-do hazerfelea su palificación de algunas vigas hincadas con el instrumento de maço de hierro las quales sean de olivo tofado o alamo negro bien fecho o quesoigo o de pino teofo pveftas bien epe-palos se hinchiran de car-bon molido para eftancar el agua y hecho esto se rehinchiran las carijas de cal y arena y guijarro bien rezió y todo macizado. ^b	[...] y fino fe hallare ma-ci-zo, y el lugar es de tierra movediza hafta lo hondo, o efremedades, o lagunaz, este lugar fe cabe y vazie, y autante que l'on pourra, & y ficher des pilotis de bois d'aune, d'olivier ou de chef-ne un peu bruflez & les fort prés après; enfuite emplir de charbon les entre-deux des pilotis & batfir Dans toute la tranchée qui aura esté creufée, une maçonnerie tres solide. ^d	Que fi on ne peut aller juftq' à la terre ferme, & que le lieu ne soit que de terres rapportées, ou marécageu-tes, il le faudra creufer autante que l'on pourra, & y ficher des pilotis de bois d'aune, d'olivier ou de chef-ne un peu bruflez & les fort prés après; enfuite emplir de charbon les entre-deux des pilotis & batfir Dans toute la tranchée qui aura esté creufée, une maçonnerie tres solide. ^d	E fe mai non fi troverà il fodo, ma il luogo farà tutto fino in fondo di terra fimof-fa, o pure paludoso, in tal caso fi cavi, e fi voti fino ad un certo feugno, e pio vi fi faccia una paliffitata di travi abbru folati, conficandoli bene battipali, quanto piu, e rimanendovi de' vani fi riempiano di carboni: indi fi riempia Della piu forte fab-brica il refo delle funda-menta. ^e	Pero si no se hallare suelo firme, por ser el parage pos-tizo hasta muy hondo, ó fuere paludoso, entonces se cavará y vaciará la zanja, y se hincarán dentro estacas de chopo, de olivo, de roble, charmuscados metiendolos a golpe de maquina. Clavaránse bien espesas, y los intersticios de dexaren se llenarán de carbon. Sobre esta empalizada se construirán los cimientos de estruc-tura solidísima. ^f	[...] en el caso que no en-contrase terreno firme, por ser el suelo de tierras de acarreo o movedizas hasta muy hondo, o pantanosas entonces se cavará y ahon-dará la zanja hasta un cierto limite y se hará una estaca-da con cuartones chamusca-dos de álamo negrillo, de olivo o de encina, cuidando que los maderos de esta armazón queden tan com-pactos como sea posible con ayuda de máquinas, y que los espacios que resulten entre los cuartones se relle-nen con carbón. Hecho esto se terminan los cimientos de albanilería muy sólida-mente ^g
Estacas	Pilotis de bois	D'aune, D'olivier ou de chefne	Una paliffitata di travi D'alno D'olivo o D'querchia.	Se hincaran estacas den-tro...	
Alamo negrillo o de oliva o de faz o de roble tostadas	Les machines don ton entonce les pilotis	enfuite emplir de charbon les entre-deux des pilotis & batfir	Conficandoli bene battipali quanto piu	Chopo, Olivo, Roble cha-muscados.	Estacada de cuartones cha-muscados
y con un grade maço, que fe arma en vna machina en vn caffillo de madera fe hincan			E rimandenvi de vani fi riempiano di carboni	Metiendolos a golpe de maquina	Álamo negrillo
hincadas con el infrumento de maço de hierro				Y los intersticios de dexaren se llenaran de carbon.	Olivo, Encina
y los ianervalos de los palos se hinchiran de carbón molido					Ayuda de máquinas
					Y que los espacios que resulten entre los cuartones se rellelen con carbón

^a Información proporcionada por el doctor Leonardo Icaza Lomeli.^b Marco Vitruvio Polion, *Los X Libros de Arquitectura*, según la trad. castellana de Lázaro de Velasco, estudio y trans. de Francisco Javier Pizarro Gómez y Pilar Mogollon Cano-Cortés, Cáceres, Gicon, 1999.^c M. Vitruvio Polion, *De Architectura*, trad. del latín al castellano de Miguel de Henares, Iuan Gracian, 1582), Valencia, Albatros, 1978, f. 41v.^d Vitruve, *Les Dix Livres D'Architecture*, por Claude Perrault, doctor en Medicina, París, Jean Baptiste Coignard, Impresor ordinario del Rey, 1684, Francia, Pirre Mardaga Editor, 1996, p. 85.^e M. Vitruvio Polion, *L'Architecture*, trad. italiana y comentario de Berardo Galiano, Nápoles, Stamperia Simoniazza, 1758, pp. 111-113.^f M. Vitruvio Polion, *Los Diez Libros de Arquitectura*, trad. del latín y comentarios de Joseph Ortiz y Sanz, Madrid, Imprenta Real, 1787, pról. de Delfin Rodríguez Ruiz, Madrid, Akal, 2001, p. 69.^g Marco Lucio Vitruvio Polión, *Los diez libros de arquitectura...*, trad. del latín, pról. y notas de Agustín Blánquez, Barcelona, Iberia, 2000, p. 76.

esto puesto en acto durante la fábrica arquitectónica.

El procedimiento constructivo del estacado sirve muy bien para dar cuenta de un conjunto de relaciones históricas entre el texto arquitectónico escrito y el espacio material edificado; con este propósito partimos de tres consideraciones para su estudio.

Primera. La mala calidad del suelo de la ciudad de México para soportar el peso de las construcciones arquitectónicas es un factor multiterminado por la naturaleza y la historia de su ubicación; no se trata de una propiedad aislada de su complejo entorno ecológico ni separada de su memoria histórica; por el contrario, la dinámica geomorfológica de la cuenca de México determina las diversas propiedades del suelo de la ciudad; actúan sobre ella los procesos morfoclimáticos y los efectos gravitacionales o culturales que determinan “el aspecto físico del paisaje”,³ y contienen el desarrollo histórico de la morfología urbana y arquitectónica de la ciudad de México.

Segunda. La ciudad de México, toda “ella fue un pantano o tremedal de lagunajos, que a trechos descubría tierra y a trechos agua”,⁴ las inundaciones de la nueva ciudad, el hundimiento de los edificios novohispanos y los sismos han sido tres agentes históricos determinantes de su morfología. La relación entre el peso de las edificaciones con las propiedades del suelo es histórica, cultural y dinámica. El hundimiento diferencial de los edificios provoca fallas estructurales, debidas a la falta de solidez de la cimentación y a la poca capacidad de carga del terreno, lo que pone

en peligro de colapso los edificios. Todo el tiempo los constructores hispanos y novohispanos buscaron aumentar la vida útil de sus inmuebles, ya fuera disminuyendo la velocidad del hundimiento de las fincas, o consiguiendo que ocurriera de una manera uniforme. Durante años trabajaron sobre tres temas para evitar el hundimiento de sus construcciones; se ocuparon de buscar fórmulas para: 1) mejorar la capacidad de carga del suelo; 2) perfeccionar el diseño de cimentaciones más efectivas y económicas, y 3) proyectar estructuras arquitectónicas más ligeras y resistentes.

Tercera. Los constructores hispanos comienzan a emplear el *estacado* en el siglo xvi, en 1573, cuando desplantan sobre él la cimentación de la catedral y su aplicación se mantuvo vigente hasta el siglo xix. Por todo lo anterior, hablar de *Vitruvio desde los cimientos* en la ciudad de México no es una metáfora, sino una expresión literal de un hecho histórico.

Nuestro estudio está dividido en dos partes; primero planteamos algunas consideraciones del empleo de los textos en la producción del espacio arquitectónico; luego, presentamos algunas referencias documentadas del uso del estacado, que están asociadas siempre al problema del hundimiento y cimentación de los edificios de la ciudad de México.

I

El empleo de los tratados de arquitectura en la construcción de espacios es un tema de reflexión constante para los arquitectos, filósofos, historiadores y otros especialistas; según Ramón Gutiérrez, estos antiguos códigos europeos se usaron como “fuente esencial para abastecer de formas expresivas y técnicas constructivas a una profesión esencialmente empírica, así como a

³ Rubén López Recéndez, “Geomorfología”, en *Atlas de la Ciudad de México*, Gustavo Garza (comp.), México, Departamento del Distrito Federal/El Colegio de México, 1987, p. 31.

⁴ Fray Alonso Franco y Ortega, *Segunda parte de la historia de la Provincia de Santiago de México: orden de predicadores en la Nueva España*, México, Museo Nacional, 1900 [1616], p. 452.

las artesanías y oficios incipientes”.⁵ Este autor afirma que la justa valoración de la transculturación en el plano arquitectónico debe

[...] mostrarse no meramente en el de la transferencia empírica del solar español al americano — a través de la acción pragmática de los maestros de obras—, sino también en la permanente re-creación o imitación de símbolos, formas y sistemas de expresión cuya fuente la constituyen las obras impresas.⁶

Asevera que en la España del siglo XVIII las

[...] exigencias teóricas sobre arquitectura eran subordinadas en los exámenes gremiales, a los conocimientos constructivos prácticos, de manera tal que los libros sobre el tema eran patrimonio cultural de un selecto grupo de Arquitectos y Maestros Mayores jerarquizados profesionalmente.⁷

Las observaciones sociológicas de Gutiérrez son interesantes, pero cortas para nuestros propósitos, porque es mejor ir más allá, para evitar la reducción de la vida social de los antiguos tratados de la arquitectura europea a la competencia de un pequeño grupo de lectores privilegiados, o a su reducida calidad de fuente iconográfica en tanto obras impresas; vale más pensar en buscar una respuesta a la pregunta: ¿cómo se convierten algunos segmentos textuales de un tratado de arquitectura en elementos constituyentes del espacio arquitectónico construido?, donde no se da por sabido lo que se busca saber.

Además, el constructor teórico sin referentes prácticos y el edificador práctico sin antecedentes teóricos son una dicotomía poco productiva para dar cuenta de la vida social de los textos arquitec-

tónicos y del papel que tuvieron los tratados de la arquitectura en las relaciones sociales de la producción de nuestros espacios antiguos.

Leer, interpretar y aplicar el tratado *Los diez libros de arquitectura*, de Vitruvio, significa mucho más que deslizar los ojos por sus páginas; su uso demanda una interacción compleja, pero también gratificante. Encontrar un ejemplar de este libro en la biblioteca de un arquitecto no es garantía de su lectura ni de su comprensión, y menos aún de su práctica, porque la relación de un sujeto social con la interpretación de un texto es profusamente compleja; hoy día cualquier autor de un libro “sabe que será interpretado no según sus intenciones, sino según una compleja estrategia de interacciones”⁸ con el lector de su obra.

Así como la Biblia es un texto fundante de la vida cultural de los católicos en diversas partes del mundo, y lo ha sido durante milenios, se trata de un discurso escrito en que todos ellos creen, aun cuando no todos lo comprendan de manera unívoca. Esto mismo ocurre con Vitruvio; su obra constituye el *discurso fundante* del campo social del constructor occidental; es uno de esos discursos que, más allá de su formulación originaria, son dichos, y están todavía por decir. Los conocemos en nuestro sistema de cultura, son textos importantes que “se obscurecen y desaparecen, y ciertos comentarios toman el lugar de los primeros”,⁹ así por siglos y luego por milenios.

Hace mucho tiempo *Los diez libros de arquitectura* dejaron de ser historia para convertirse en un mito natural y propio del campo del productor de espacios; dejó de ser un texto simplemente; amplió su estatuto discursivo para convertirse en constituyente del imaginario y

⁵ Ramón Gutiérrez Ramos, *Presencia y continuidad de España en la Arquitectura Rioplatense-Hogar y Arquitectura*, Madrid, 1971, p. XIX. *Cursivas mías.*

⁶ *Idem.*

⁷ *Idem.*

⁸ Umberto Eco, *Los límites de la interpretación*, Madrid, Lumen, 1998, pp. 124-125.

⁹ Michel Foucault, *El orden del discurso*, Lección inaugural en el Collège de France pronunciada el 2 de diciembre de 1970, Barcelona, Tusquets, enero de 1980, pp. 21 y 22.

formar parte del sistema cultural de creencias del arquitecto. A lo largo de miles de años, su traducción, uso frecuente, potencia teórica, fuerza explicativa y pertinencia, siguen vigentes en el cuerpo del texto vitruviano, lo que produce la sensación de que el tiempo no lo afecta, pues sigue formando parte de las voces del arquitecto; está presente de manera callada e implícita en sus nociones escritas, como conseja sigiloso se acomoda o no, dentro de la composición arquitectónica expresada en planos. *Los diez libros de arquitectura* ha sido un libro aplicado en la edificación de la ciudad de México desde su inicio, y hoy sirve de código para descifrar parte de la antigüedad arquitectónica de nuestra ciudad.

Vitruvio escribió su tratado pensando en proveer de un código al divino emperador César Augusto, dueño del imperio del mundo, para que por sí mismo pudiera juzgar la calidad de las obras hechas y por hacer, para que el ornato de sus magníficas construcciones correspondiera a la majestad del imperio. Según el profesor Agustín Blánquez, el objeto de estudio principal de Vitruvio

[...] es la construcción de edificios, que él expone casi igual a como los griegos la profesaban dos siglos antes de nuestra Era, y él abreva sus teorías en la Escuela de Alejandría, cuyos preceptos y aun capítulos enteros de su obra parece no tienen otra procedencia.¹⁰

El tratado de la arquitectura de Vitruvio es el más antiguo y completo que se conoce; sin certeza ni exactitud plena en la fecha de su producción, su

[...] descubrimiento en el Monasterio de Monte Casino a principios del siglo xv, en copia manuscrita sin ilustraciones, demuestra precisamente su

¹⁰ *Ibidem*, p. XIII.

empleo en los monasterios medievales a nivel de teoría, que adquiere actualidad ante el empuje de una nueva ideología que es profundamente admiradora de la antigüedad.¹¹

Durante el Renacimiento europeo, León Battista Alberti reescribió, tradujo, recreó y comentó *Los diez libros de arquitectura* de Vitruvio, los hizo suyos, creó su propia versión y los publicó con el mismo título en Florencia, en la segunda mitad del siglo xv. En esa época se leían en latín tanto *Los diez libros de arquitectura* escritos por Vitruvio como *Los diez libros de arquitectura* publicados por Alberti; fue bajo el reinado de Felipe II de España cuando ambos textos fueron traducidos al español y publicados en 1582: el arquitecto español Miguel de Urrea tradujo a Vitruvio y, por instrucciones de Francisco Lazcano, maestro de obras de Madrid, se hizo traducir del latín al romance el libro de Alberti. Ambas traducciones fueron consideradas muy útiles y necesarias para la corona hispana, en particular para los maestros y oficiales de arquitectura.

Por supuesto, el procedimiento constructivo del *estacado* adquiere continuidad escrita en el texto florentino renacentista; Alberti trata el tema en el Libro Tercero, Cap. III, folios 66-67, donde aun cuando no especifica la especie de los árboles (álamo, olivo o encino) de donde se habrán de sacar los palos y pértigas puntiagudas, que una vez tostadas habrían de hincarse en el terreno, sí se detiene a explicar la conveniencia de emplear los instrumentos adecuados para fijar las estacas, pues no conviene que sean mazos muy pesados, sino martinetes que produzcan un golpeteo continuo y uniforme.

¹¹ Carlos Chanfón Olmos, "Simón García tratadista de arquitectura", en *Compendio de arquitectura y simetría de los templos (1681-1683)*, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete", 1979, p. 27.

Alberti propone fórmulas para determinar las dimensiones del estacado, indica que la altura del muro dividida entre ocho determina la longitud de la estaca, y su grosor se determina dividiendo el largo de la estaca entre 12, de modo que al suponer la altura de un edificio de 20 m, las dimensiones de las estacas tendrían que ser 2.5 m de largo, con una sección de 0.20 m.

Se puede decir que *Los diez libros de arquitectura* de Vitruvio y los de Alberti llegaron caminando a la ciudad de México cifrados en la mente y en la experiencia de los constructores españoles; no hubo que esperar a que fueran traducidos y traídos a la ciudad de México para poner en práctica el procedimiento del estacado, el cual comenzó a usarse para desplantar la cimentación de la catedral, como lo veremos más adelante.

II

50 |

El procedimiento constructivo del estacado permite enlazar el texto escrito con el espacio arquitectónico construido de numerosos edificios de la ciudad de México; en este caso las relaciones entre el texto y el espacio material construido resultan idénticas, dada la precisión en la correspondencia del texto con las dimensiones materiales del objeto arquitectónico; tan es así, que basta leer la prescripción que hace Vitruvio para identificarla formando hileras de troncos encajados en el terreno y reconocer este antiquísimo recurso empleado en nuestra capital.

En este caso, el nivel de correlación y semejanza de la aplicación de los textos europeos parece obvia y hasta evidente, pero no siempre es así de franca esta relación. La noticia del empleo del estacado en la construcción de la ciudad de México y su descripción técnica se encuentran en distintas fuentes documentales de la historia: en las memorias de obra, en las

crónicas religiosas y en los libros especializados escritos por los constructores. Las pruebas materiales de su aplicación presentadas aquí, son dos y pueden constatarse en sitio: una se observa en la ventana arqueológica bajo la cimentación del sagrario de la catedral; ahí las estacas hacen contacto con la estructura del antiguo Templo del Sol de Tenochtitlan. La otra muestra del estacado que se halla al alcance de la vista fue consolidada como parte de la zona arqueológica del Templo Mayor, y está identificada por una cédula como *cimentación colonial*.

¿Los constructores leyeron y aplicaron el procedimiento constructivo del estacado descrito en las páginas de la obra de Vitruvio? Si lo leyeron ahí, durante siglos ninguno de ellos hizo referencia a la fuente donde tomó esta técnica constructiva. Si no lo leyeron, la experiencia histórica y cultural pudo ser la fuente de los constructores europeos que sin referente escrito aplicaron sus saberes para mejorar el terreno por medio del hincado de estacas, para desplantar luego sobre ellas la cimentación de sus edificios. Por el momento, si la lectura fue o no, el medio para traducir el texto del estacado y convertirlo en un objeto puede quedar en suspenso, pero lo que no queda en embeleso es el hecho que relaciona al texto que se traduce en parte del sistema estructural de numerosos edificios coloniales en la novohispana ciudad de México.

El arqueólogo José Álvaro Barrera Franco, supervisor del Programa de Arqueología Urbana del INAH, explica que los constructores mexicanos padecieron el hundimiento de sus templos en la antigua ciudad de Tenochtitlan; sabían de la mala calidad del suelo fangoso y de las dificultades para mantener a nivel y estables sus construcciones; su solución al problema fue ingeniosa, pues a las viejas estructuras hundidas las emplearon como cimiento para edificar sobre



Figura 2. Estacados. La estacada es un procedimiento constructivo que no está hecho para comunicar algún mensaje, sino para permanecer oculta a la percepción de los visitantes. Sin embargo, es posible observarla a través de las ventanas arqueológicas del Sagrario de la Catedral o en la zona arqueológica del Templo Mayor.

ellas los nuevos edificios. El suelo de la ciudad de México durante la época colonial mantuvo esta propiedad de transmutar los muros de un edificio hundido y convertirlos en los cimientos del siguiente inmueble. Construir encima de los edificios hundidos también fue una práctica empleada durante la Colonia.

El estacado en el siglo XVI. No hubo que esperar a que llegaran traducidos *Los libros de arquitectura* de Vitruvio o de Alberti para sacar de su páginas el procedimiento del estacado y aplicarlo en la nueva ciudad; una empalizada fue construida para desplantar sobre ella la cimentación de la catedral en 1573; las traducciones de ambos textos llegaron nueve años después a la ciudad de

México. Para corroborar este aserto, tomamos la descripción del procedimiento constructivo, redactada por el ingeniero arquitecto Francisco Manuel Álvarez en 1917, la cual confirmamos con los datos producidos recientemente por los ingenieros encargados de llevar a cabo la “Corrección geométrica y endurecimiento del terreno” que devolvió la estabilidad estructural a la catedral en 2002.

Según Álvarez, Felipe II mandó construir un edificio más solemne que la primitiva catedral en 1552, pero fue hasta 1573 cuando se puso la primera piedra del edificio actual; para la construcción de sus cimientos

[...] se estudió la manera más conveniente de hacerlos, y al efecto se convocó a los arquitectos quienes convinieron en hacerlos de la manera siguiente: En toda la extensión que debía ocupar el edificio, cavar hasta encontrar el agua. Desde este nivel formar un *estacado* muy unido de una longitud suficiente para alcanzar con él, al tepetate o terreno firme, dejando las cabezas de las estacas a un mismo nivel, echando una capa de hormigón de una tercia de espesor muy bien pisoneada y mazeada, y de allí seguir el macizo de la mampostería de piedra dura y buena

mezcla hasta llegar al nivel del piso de la plaza, limitando este punto los cimientos a los espesores asignados, continuando así hasta el nivel del piso del Templo, partiendo de allí las piedras labradas que forman los basamentos de los sostenes aislados y muros.¹²

Los ingenieros Enrique Santoyo Villa y Efraín Ovando Shelley publicaron hace tres años los resultados de su intervención a la catedral metropolitana; sus datos confirman que su construcción

[...] se inició en 1573 partiendo del ábside, bajo la dirección del alarife Claudio de Arciniega, quien había participado en las obras de la iglesia de San Agustín y por ello conocía los problemas del subsuelo [...] La superficie del terreno se reforzó mediante la hincas de unos 22,500 pilotes cortos de madera y encima de ellos se colocó una plataforma de mampostería que ocupa 140 m de largo y 70 de ancho.¹³

No lejos de ahí, los hundimientos obligaron a la construcción y reconstrucción de la iglesia y del convento de Santo Domingo durante el siglo XVI. Carlos V, rey de España, otorgó los recursos para la construcción de la primera iglesia y convento de Santo Domingo edificado entre 1527-1530, pero sólo 28 años después los enormes edificios se hundieron y fue el rey Felipe II quien financió en 1558 la construcción de los nuevos edificios religiosos dominicos terminados en 1575.

¹² Francisco Manuel Álvarez, "Algunos datos sobre cimentación y piso de la ciudad de México y nivel del Lago de Texcoco a través de los siglos", conferencia dada en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos, con proyecciones luminosas en la sesión del 17 de agosto de 1917, por el socio fundador ingeniero civil y arquitecto, México, Talleres Tipográficos de José Balleca, 1919, p. 19.

¹³ Enrique Santoyo Villa y Efraín Ovando Shelley, *Catedral y Sagrario de la ciudad de México. Corrección Geométrica y endurecimiento del suelo 1989-2002*, México, Conaculta, Dirección de Sitios y Monumentos del Patrimonio Cultural, 2008, p. 3.

Estacado en el siglo XVII. El cronista dominico fray Hernán de Ojea describió en 1607 la ciudad de México; por propios ojos vio cómo levantaban los grandes edificios y consideró que los constructores de la nueva ciudad habían

[...] inventado diversas maneras de cimientos. Al principio *hondas gruesas estacadas, sobre las cuales comenzaban las paredes de cal y canto*; después sin sacar otros cimientos que una gruesa portada de argamasa, que hacían sobre el nivel de la tierra, sobre ella edificaban las paredes. Y aunque todo ello no ha bastado para darles firmeza, con todo eso se tiene por menos malo el edificar sobre estacadas o empalizadas. Con este modo se han fabricado y fabrican cada día los edificios de esta ciudad.¹⁴

Queda decir que el estacado no es invento de los constructores españoles de la ciudad de México de los siglos XVI y XVII, sino que es procedimiento mucho más antiguo, sin datación precisa de su invención, registrado por Vitruvio 1 600 años antes.

El estacado en el siglo XVIII. Está descrito en un libro muy peculiar dirigido a los constructores de la ciudad de México, llamado *Architectura mechanica conforme la práctica de esta ciudad de México*; es un texto raro y curioso; su autor es desconocido; la fecha exacta de su redacción tampoco se sabe. Este documento debió escribirse durante la segunda mitad del siglo XVIII, dado que la temporalidad de sus acciones discursivas quedan comprendidas después de la fundación de la Academia de San Fernando en España (1752) y antes del establecimiento de la Real Academia de San Carlos de Nueva España (1785).

¹⁴ Fray Hernando de Ojea, *Libro Tercero de la historia religiosa de la Provincia de México de la Orden de Santo Domingo*, México, Museo Nacional de México, 1897, pp. 1-8.

Este texto es una fuente directa para la historia de la arquitectura y de los arquitectos de nuestra ciudad; está hecho de puño y letra por un autor de la época, y su contenido es tan diverso que convendría estudiarlo sistemáticamente por medio de disímiles rutas analíticas. Su autor advierte que todo lo que ahí ha tratado “no, está en los libros de Matemáticas, Términos, Gobierno y Práctica”.¹⁵ Toca algunos puntos de geometría y enseña la manera de aplicarlos; a decir suyo, muestra cosas nuevas del arte, a fuerza de mucho trabajo y de andar colectando noticias.

Este autor anónimo describe técnicamente cómo construir el *estacamento* que permita mejorar el suelo para el desplante de la cimentación de una casa de dos pisos. Explica, conforme al mapa que tiene hecho el maestro, cómo se sacan niveles y plomos, se colocan las escuadras e hilos que indican sobre el terreno el ancho y el largo de cimentación de la vivienda y luego se trazan con cal en polvo.

Para el estacado se dice que este ha de ser según el dueño de la obra, porque pueden ir muy juntas las estacas, o algo separadas. Las estacas son según el terreno, si salen cuatro en morrillo (1.25 m) se pagan cinco reales de su aguzadura. Cada carro carga 25 morrillos, y son de cedro. Cada uno vale 11/2 reales fuera de el acarreo. Tienen de largo 6 varas (5.02 m). La aguzadora de estos puede componerse con el carpintero de la obra.¹⁶

Depende el sapo es la pedrada, parece decir el autor anónimo, quien no acusa ninguna razón técnica, pero sí económica para determinar el número y distancia en el hincado de la estacada.

¹⁵ Mardith K. Schuetz, *Architectural Practice in Mexico City. A Manual for Journeyman Architects of the Eighteenth Century*, Tucson, The University of Arizona Press, 1978, p. 3.

¹⁶ *Ibidem*, pp. 82-84.

Ahora bien, no es del todo ocioso anotar aquí dos de los muchos consejos que el autor anónimo dirige a los arquitectos de la ciudad de México del siglo XVIII, aunque no tienen que ver directamente con el tema de estacados, sí son interesantes para enterarnos de algunos detalles en el manejo de los textos de arquitectura, según la práctica constructiva de esa época.

Aconsejaba que el maestro de arquitectura comunicara sus instrucciones a los albañiles, sin apartarse nunca de lo escrito por los autores; de hecho, él tenía que traducir lo escrito en los libros al lenguaje de los operarios, empleando las mismas voces usadas por ellos. Según el autor anónimo, era necesario enseñar paso por paso cada una de las operaciones de la tarea constructiva, mostrar y poner el ejemplo en la manera de emplear los instrumentos, incluso si era necesario tenía que indicar a los operarios cómo acomodar el cuerpo para ejecutar las tareas. Aconsejaba nunca

[...] emplee términos facultativos delante de los operarios por que como no los entienden prorumpen en risa, lo que había de ser en alabanza, y así sea regla general que para enseñarlos use de aquellas voces que usan ellos, diciéndoles, ven acá hijo, coge tu palito, y esa vara, clávalo aquí, traite la regla, ponla aquí encima, ven, da la vuelta alrededor, etc. Este es el modo de conservarse para que los miren con respeto.¹⁷

Este autor anónimo del siglo XVIII es un arquitecto español peninsular que privilegiaba el juego político de la teoría sobre el de la práctica en la construcción del espacio arquitectónico; confiaba más en la experiencia sistematizada ofrecida por los libros que en las polisémicas voces de la experiencia práctica; decía que los arquitectos de la ciudad de México se podrían ahorrar

¹⁷ *Ibidem*, p. 92.

muchos problemas si conocieran con mayor precisión la geometría, aritmética civil, y cortes de cantería a través de los libros, porque de este modo podrían echar mano de los conocimientos de los arquitectos más experimentados y resolver infinidad de problemas. Y para enfrentar las situaciones no previstas en los libros, aconseja tomar las reglas generales escritas en ellos y aplicar los principios referidos por los autores. Aconsejaba,

[...] no se aparte jamás de lo que nos han escrito los Autores, por que ninguno puede decir mas que ellos. Hablo de los Maestros, el punto critico de la dificultad consiste en saber bien los elementos de geometría, aritmética civil, y cortes de cantería, podrá meter la mano entre los más aventajados Arquitectos, aunque los de esta Corte fundan su Magisterio, en los puntos mechanicos, no ay que hacer caso de estos pues al fin, y al cabo se rinden: Dado el caso que los Autores no trajeran lo que ellos llaman práctica, pero como de todo se hace cargo como es constante, una vez que uno este fundamentado en las reglas generales, y principios referidos, puede echar a Monte a todos los que se quieren oponer contra justicia.¹⁸

54 |

La biblioteca del maestro de arquitectura novohispano no se reduce a contar con un ejemplar de *Los diez libros de arquitectura*, porque en el siglo XVIII un constructor gremial, maestro examinado en el oficio de la albañilería, debía tener “libros de Matemáticas, Términos, Gobierno y Práctica”.¹⁹ El constructor gremial del espacio novohispano debía contar en su biblioteca con una bibliografía básica de cuatro temas: estereotomía, geometría euclidiana y espaciosa, nomenclatura arquitectónica o “términos”, y preparación de mezclas y argamasas.

¹⁸ *Idem*.

¹⁹ *Ibidem*, pp. 102 y 103; véase María del Carmen Olvera Calvo, “La biblioteca de un arquitecto de la época virreinal”, en *Boletín de Monumentos Históricos*, núm. 6, México, INAH, 1982, pp. 33-40.

Ahora bien, los problemas estructurales provocados por los hundimientos diferenciales de los edificios, constituyen una dificultad histórica que es constante y sigue vigente; de hecho, hasta el momento no existe una solución definitiva para resolver este problema. Recientemente el doctor Efraín Ovando Shelley, profesor en mecánica de suelos y cimentaciones, investigador del Instituto de Ingeniería (II) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), informó que los universitarios participantes en la investigación aplicada de las ciencias geotécnicas aportan novedades e innovaciones técnicas para el rescate de monumentos; sus propuestas y soluciones han sido reconocidas a nivel mundial.

El doctor Ovando informó que el Centro Histórico se hunde 14 cm por año, muchos de sus edificios “sobreviven inclinados, agrietados y torcidos. El futuro de una gran cantidad de ellos es incierto, pues están expuestos a temblores y fenómenos naturales que periódicamente suceden en la capital”.²⁰ Explicó que los hundimientos diferenciales de las estructuras arquitectónicas son más dañinos que los sismos al comparar los perjuicios registrados por los hundimientos y compararlos con los daños estructurales producidos por los sismos, los efectos de los segundos han sido relativamente moderados en comparación con las fallas provocadas por el hundimiento de los inmuebles.

Los hundimientos diferenciales de los inmuebles de la ciudad de México ocurren debido al peso de sus masas arquitectónicas, depositadas sobre un suelo de baja resistencia y alta compresibilidad. Este fenómeno es uno de los agentes morfológicos determinantes en el desarrollo de la plaza de Santo Domingo; su importancia es

²⁰ “Daña hundimiento del DF a monumentos arquitectónicos: UNAM”, en diario *El Financiero*, “Cultura”. México, miércoles 19 de diciembre 2007.

tan grande que sirve para explicar por qué los inmuebles construidos durante los siglos XVI y XVII ya no existen actualmente en ese lugar y la mayoría de ellos datan del siglo XVIII.

La construcción de los nuevos inmuebles de la plaza de Santo Domingo durante el siglo XVIII ocurrió sin modificar su morfología urbana erigida en 1527; siguieron vigentes y se mantuvieron sin cambios: *traza, alineamientos, calles y manzanas* confeccionadas desde el siglo XVI. En este apartado estudiamos brevemente cómo los hundimientos diferenciales y las reformas borbónicas del siglo XVIII obligaron a la renovación arquitectónica de la plaza; fue durante esa época cuando se construyeron todos los edificios de valor histórico que hoy conocemos en el lugar.

Con este fin presentamos tres dictámenes sobre el estado de conservación y las propuestas de intervención al templo de Santo Domingo, al Tribunal del Santo Oficio de la Inquisición y a la casa principal del Mayorazgo de Medina. En estos documentos los maestros de arquitectura describen el estado ruinoso en que se encontraban los tres inmuebles; todos concluyen proponiendo la demolición y construcción de nuevos edificios. Esos dictámenes sirven para confirmar las razones de la renovación arquitectónica a causa de los hundimientos de los edificios de los siglos XVI y XVII.

I. Dictamen del templo de Santo Domingo. Fray Francisco de Aguirre,²¹ prior provincial de la Orden de Predicadores de Nueva España, preocupado por el estado de ruina y deterioro del templo, quiso evitar alguna desgracia; trató de reunir a cuatro maestros del arte de arquitectura para que vieran, palparan y reconocieran el edificio de la iglesia e indicaran lo más conveniente.

²¹ Archivo General de la Nación (AGN), Indiferente Virreinal, vol. 5177, año 1716, exp. 06, f. 8.

El 7 de agosto de 1716 en la ciudad de México comparecieron los maestros del arte de arquitectura Pedro de Arrieta y Antonio Álvarez para informarle el resultado de su inspección y ponderaciones; los arquitectos declararon y juraron que, a su leal saber y entender, el edificio de la iglesia estaba amenazando ruina y en peligro evidente de venirse abajo; por lo desquiciado de sus paredes y las aberturas de sus bóvedas, dicha iglesia necesita fabricarse de nuevo, o poner en ella total reparo, porque de lo contrario puede suceder impensadamente un infortunio.

Ante estas circunstancias Francisco de Aguirre, atendiendo al bien común, trató el caso con todo género de previsiones y cuidados, instruyendo la manera de atenderlo. Fue un tema analizado diligentemente, evaluando las distintas opciones y, una vez resuelto, determinó:

[...] el que se pasara a dar, y hacer forma de nueva iglesia, en la fábrica nueva, en donde dicha provincia acostumbra, celebrar su capítulo provincial, en donde, se han de hacer las fábricas, aderezos, mutación de imágenes, colaterales con y demás, que se expresara, de suerte que quede apto, y aprobado, para la celebridad del culto divino y administración de los santos sacramentos, funciones precisas, y necesarias, y demás cosas a este particular anexas.²²

Tomada la decisión de construir el nuevo edificio para la iglesia principal de Santo Domingo, fue llamado nuevamente Pedro de Arrieta, esta vez para que ejecutara la obra en un plazo de tres meses: del 7 de agosto al 30 de noviembre de 1716. La construcción del templo fue concluida 20 años después, “sobre los arcos y aun bóvedas de las capillas de su primera iglesia: estrenó casi todo el crucero, capillas, y gigante cuerpo de su iglesia”.²³

²² *Ibidem*, f. 2.

²³ Cayetano Cabrera y Quintero, *Escudo de armas de México*:

II. *Dictamen de las casas de la Inquisición*. “El edificio de la Inquisición no tiene reparación es necesario demolerlo, y fabricarlo nuevamente”.²⁴ De acuerdo con el dictamen de los maestros del arte de arquitectura Pedro de Arrieta, Antonio Álvarez y el asentista Miguel de Ribera, el edificio de la Inquisición no tenía reparación; era necesario demolerlo y fabricarlo nuevamente. En la audiencia del Santo Oficio de México, del 25 de octubre de 1723, los inquisidores trataron el tema del estado de conservación del edificio del Tribunal; Pedro Navarro, inquisidor fiscal, dispuso que Pedro de Arrieta, maestro de obras del Tribunal, acompañado de otros dos maestros de los de mayor prestigio del reino:

[...] registren las casas, para que digan lo que se les ofreciere sobre el estado de ellas, acto seguido que Arrieta haga luego la planta con explicación puntual y menuda de lo que hubiese de fabricar su arte y costa.²⁵

56 |

Los maestros de arquitectura y el asentista acataron las órdenes: hicieron reconocimiento y vista de ojos en presencia del secretario de la Inquisición don Eugenio de las Peñas; dictaminaron el estado en que se hallaban las viviendas, casas, cárceles y salas de audiencia del Santo Oficio; entregaron su escrito el 2 de mayo de 1724.

Arrieta, Álvarez y Ribera hallaron las razones del deterioro del edificio en la baja calidad de las mezclas empleadas, la antigüedad de la construcción y el hundimiento del terreno. Explicaron que las mezclas fueron hechas de cal

celestial protección de esta nobilissima ciudad, de la Nueva-Espana, y de casi todo el nuevo mundo, Maria Santissima..., ciudad de México, Impreso por la viuda de J. B. de Hogal, 1746, pp. 501-502, disponible en <http://books.google.com>; consultado el 21 de marzo de 2011.

²⁴ AGN, Inquisición, vol, 804, año 1724, f. 10.

²⁵ *Idem*.

y tierra en lugar de cal, arena de mina y tezontle; consideraban que las mezclas terciadas tenían la calidad suficiente para conservar cualquier fábrica, pues mantienen, unen y requieren muros de poca sección.

A decir suyo, encontraron muros construidos en 1571, con viejas mezclas y de mala calidad, paredes de excesivo grueso desplomadas, bufadas y huecas; muros peligrosos que cualquier temblor podría derribar. Advirtieron que las cabezas de las vigas estaban podridas en los entrepisos, en los techos y que en lugar de cambiarlas sólo las reforzaban con madrinan transversales, provocando el evidente peligro de venirse abajo.

Las viviendas bajas estaban inservibles, pues no eran más que unos sótanos cerrados con algunas ventanas; por ejemplo, refieren que la vivienda del proveedor del Tribunal, quien debía “tener su asistencia y vivienda decorosa de la Casa de este Tribunal, no puede hacerlo porque su cuarto está hundido, húmedo, maltratado de paredes y techos. Hoy vive fuera”.²⁶

Ellos cuentan cómo todos los días había que procurar y reparar las salas de audiencia y viviendas de los señores inquisidores a fin de que no padecieran el deterioro por ninguna parte ni sucediera alguna ruina. Cada año era necesario gastar para reparar y mantener el edificio, para levantar los pisos de los patios con relleno a fin de desaguar el inmueble en tiempo de lluvias.

Pedro de Arrieta, Antonio Álvarez y el asentista Miguel de Ribera dictaminaron necesario demoler y fabricar un nuevo edificio; aclararon que si las paredes estuvieran fabricadas con buenas mezclas, sería posible la reparación metiéndole maderas nuevas en los techos, pero sus muros no admitían más que la demolición. Dijeron que la piedra y la viguería podrían ser reutilizados: la mampostería para los cla-

²⁶ *Ibidem*, fs. 8-9.

ros de las ventanas, la madera de cedro de los techos para hacer puertas y ventanas. Esto fue lo que hallaron y suscribieron el 2 de mayo de 1724.

Por otra parte, Pedro de Arrieta entregó los documentos del primero de sus dos proyectos para construir la nueva sede del Tribunal del Santo Oficio de la Inquisición de Nueva España: planos de las dos plantas arquitectónicas, dibujo de la portada, especificaciones técnicas y de los materiales reutilizables tras la demolición, así como el presupuesto de la obra estimada en 52 692 pesos.

Este primer proyecto fue enviado para su aprobación al Supremo Consejo de la Inquisición en España, quien tres años después consideró costosa e insegura la obra proyectada por Arrieta. El Supremo Consejo ordenó al inquisidor de la Nueva España que en caso de llevar a cabo la construcción de este proyecto, debía solicitar a Pedro de Arrieta rebajar sus costos y depositar una fianza para garantizar la firmeza y solidez de la obra. En caso contrario, el inquisidor novohispano podía decidir bajo su responsabilidad la ejecución del proyecto, lo cual nunca ocurrió. Estas instrucciones fueron leídas por los inquisidores Navarro y Del Palacio, en el Santo Oficio de México, el 14 de junio de 1728, mismo día en que dispusieron guardar este documento con todos los demás y tenerlos presentes al momento de comenzar la obra de la reedificación de las casas del Tribunal.

Junto con estas órdenes, el Supremo Consejo de la Inquisición española también nombró al inquisidor Francisco de Garzaron superintendente de la obra, para que fuera él quien diera las providencias necesarias que le parecieran convenientes. Le encargaron principalmente poner cuidado en la firmeza y la solidez conveniente, porque consideraban que las paredes bajas debían ser de mayor grueso a lo especificado por Arrieta.

Cuatro años después ocurrió una emergencia. Pedro de Arrieta dirigió una carta urgente a los inquisidores Navarro, Tagle y Clavijo, donde les hizo ver el apremio de construir un nuevo edificio para la Inquisición, porque de otro modo ellos serían los responsables si ocurría otra desgracia, como el derrumbe del techo que se vino abajo en uno de los cuartos interiores del edificio. Arrieta les recordó su escrito del 24 de mayo de 1732, donde les hizo saber el mal estado de conservación del viejo inmueble inquisitorial, obra añeja de mala materia, donde las mezclas de sus paredes y tabiques eran de cal y tierra sin ninguna unión, donde muchas de las vigas en los techos tenían los cabezales podridos y estaban apoyadas en las paredes por vigas madrinas o contrasoleras. Las viviendas de la planta baja se hallaban inhabitables e inservibles debido a la humedad y el hundimiento que había sufrido la finca. Esta carta surtió sus efectos; los inquisidores ordenaron a Pedro de Arrieta la elaboración de un nuevo proyecto para construir el nuevo edificio sede para el Tribunal del Santo Oficio de la Inquisición de la Nueva España. En diciembre comenzaron las obras del extraordinario edificio que hoy tenemos a la vista, donde está alojado actualmente el Museo de la Medicina Mexicana.

III. Dictamen de la casa principal del Mayorazgo de Medina. De acuerdo con los arquitectos Álvarez e Iniesta, si no se reparaba la casa quedaría inhabitable. La dueña de este edificio localizado en el lado sur de la plaza de Santo Domingo, solicitó a Manuel Álvarez, maestro mayor de arquitectura de la ciudad de México y de las obras del desagüe,²⁷ elaborar un dictamen y un presupuesto de los trabajos necesarios para poder rentar la casa principal del Mayorazgo de Medina. Álvarez dic-

²⁷ AGN, Vínculos y Mayorazgos, vol, 104, año 1761, exp. 4, f. 1.

taminó, en septiembre de 1761, reconstruir el edificio con un presupuesto de seis mil pesos, pero no era suficiente ser la propietaria del edificio y querer llevar a cabo las obras para repararlo y rentarlo, porque el régimen de la administración de los bienes del mayorazgo la obligaba a contar con la licencia de las autoridades virreinales de la Real Audiencia. Por esta razón, la dueña debió acompañar su petición de autorización con el dictamen y el presupuesto elaborados por el maestro de arquitectura Manuel Álvarez; esta documentación la envió al fiscal y al procurador de la Real Audiencia, quienes antes de emitir su anuencia requirieron del reconocimiento y vista de ojos de los maestros de arquitectura Ildefonso Iniesta y Bejarano, Manuel Álvarez y del segundo escribano de la Real Audiencia; todos juntos constataron en sitio el estado de conservación de la finca y el presupuesto de la reconstrucción. De Iniesta coincidió con Álvarez y concluyó:

[...] como tiene expresado el maestro Álvarez en su avalúo del 16 de septiembre de 1761, el de seis mil pesos, añadiendo que si no se hace este reparo, esta gran casa quedará inhabitable por el defecto de sus bajos.²⁸

Manuel Álvarez reportó en su dictamen un inmueble completamente hundido; toda la planta baja de la finca, viviendas y cuartos estaban totalmente perdidos, sus accesorias y locales ya estaban convertidos en sótanos con una altura de poco más de una vara (0.838 m) de suelo a techo. Además, la vivienda de la planta alta también la halló muy maltratada y encontró arruinado el cuarto de la segunda crujía, llamado de asistencia.

Álvarez dictaminó reedificar el inmueble, ocupar como cimientos los viejos muros hundi-

dos de la construcción anterior y construir encima de ellos las dos nuevas plantas.

Lo primero, batir o demoler los pisos de los entresuelos, para que se queden con piezas bajas con competente altura, macizando y solidando paredes por el pie, echándole puertas con carpintería para su mayor fuerza [...] La vivienda alta necesitaba toda de enladrillar sus pisos, reforzar algunas paredes, componer las puertas y ventanas de madera, echar artesón y vigas en varias partes de sus techos, aplanarla, blanquearla.²⁹

Hecho esto, requería reconstruir los muros interiores para recuperar la distribución arquitectónica de espacios y locales; los patios hundidos quedaban debajo del nivel de la calle y fácilmente se inundaban, por lo que era preciso levantar sus pisos y ponerlos al nivel del zaguán. La distribución arquitectónica del edificio debería ser el de una vivienda doble, localizada una en la planta baja y otra en la planta alta, de aquí la necesidad de contar con dos accesos independientes, uno por la calle de Medinas, frente al portal, y otra entrada por la calle de Santo Domingo. Costaría seis mil pesos la reconstrucción parcial, junto con las reparaciones o aderezos de la finca, para contar con una casa habitable y firme, pero advertía que deben hacerse pronto y a tiempo estos trabajos para evitar el aumento del deterioro y los costos; de realizarse la obra “quedarían la casa principal habitable y otra entresolada con una accesorias separadas que así podrán alquilar”.³⁰

De otro modo habría de construirse todo de nuevo y, según Álvarez, no resultaría rentable, porque la obra podría costar treinta mil reales. Y no podría obtenerse ninguna utilidad por el paraje donde se halla ni por el monto de los alquileres

²⁹ *Ibidem*, f. 1.

³⁰ *Idem*.

²⁸ *Ibidem*, f. 6.

correspondientes. Por sus características constructivas el edificio actual del otrora Mayorazgo de Medina debió construirse en el último tercio del siglo XVIII. Los balcones de este edificio siempre han sido el lugar desde donde se ha dibujado, pintado y fotografiado la plaza de Santo Domingo, razón por la cual nunca aparece su imagen.

Por otra parte, fue el impacto de las reformas borbónicas lo que provocó el cambio de la estructura morfológica en la plaza de Santo Domingo, sentando las bases para el desarrollo de una ciudad moderna por medio de la construcción de nuevos edificios para albergar las instituciones creadas por los Borbones en apoyo de sus reformas, bajo reglas y ordenanzas escritas. Fueron obras que por sus dimensiones y su peso institucional modificaron la imagen de la ciudad, constituyéndose en nuevos focos de interés urbano:

[...] la Real Casa de Moneda, para la acuñación de metales; la Real Aduana y las garitas del Real Resguardo, para el control de las alcabalas; la Real Fábrica de Pólvora de Santa Fe, en las afueras de la ciudad; la Real Fábrica de Tabaco y la Real Escuela de Minas. La Real Academia de San Carlos, aunque no contó con un nuevo edificio por haberse alojado en el inmueble que habría sido del Hospital del Amor de Dios, fue una de las instituciones que más influyó para el cambio del patrón de asentamiento de la actividad productiva de la ciudad.³¹

La organización de comerciantes adquirió³² los terrenos colindantes de varias casas, amplió las dimensiones de su edificio sede y construyó la nueva finca donde quedó contigua al Real Tribunal del Consulado de Nueva España y la Aduana de la

ciudad de México; la obra estuvo a cargo de Manuel Joseph de Herrera,³³ maestro de arquitectura de la ciudad de México; los trabajos concluyeron³⁴ el 28 de junio de 1731, y el resultado de su trabajo es el conjunto arquitectónico que hoy conocemos como el edificio de la Secretaría de Educación Pública.

El estacado en el siglo XIX

El ingeniero arquitecto Antonio Torres Torija explicaba que la cimentación sirve para sustentar el edificio y transmitir sus cargas al terreno. Es la parte principal de los inmuebles, porque cuando a ella

[...] le falta solidez o cuando por otra causa llega a falsear, es necesario destruir el edificio y preciso, por lo tanto, que los cimientos presenten en toda su extensión una resistencia igualmente fuerte: *si la naturaleza del terreno no satisface esta condición es indispensable que el arte la supla.*³⁵

En toda construcción deben evitarse los hundimientos diferenciales, o en su defecto buscar que el hundimiento ocurra uniformemente,

[...] pues cuando se verifique éste con regularidad, la construcción toda bajará verticalmente y ella misma comprimirá el terreno hasta solidificarlo más, [...] La desigualdad del asiento es la que ocasiona la destrucción de los edificios.³⁶

³¹ Sonia Lombardo de Ruiz, "Las Reformas Borbónicas en el arte de la Nueva España (1781-1821)", en Eloísa Uribe (coord.), *Y todo... por una nación*, México, INAH, 1987, p. 137.

³² AGN, Regio Patronato Indiano, Bienes Nacionales, vol. 18, año 1729, exp. 8.

³³ AGN, Policía y Empedrados, vol. 1, año 1730, exp. 10, fs. 120-121.

³⁴ Jesús Galindo y Villa, *Apuntes de epigrafía mexicana: breve colección de inscripciones diversas, acompañadas de algunas noticias históricas, descriptivas, biográficas y bibliográficas*, t. I, México, Imp. del Gobierno Federal, pp. 45-46.

³⁵ Antonio Torres Torija, *Introducción al estudio de la construcción práctica*, México, Secretaría de Fomento, 1895, p. 64; localizado en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional, Fondo San Carlos, núm. clasif. XII-288.

³⁶ *Idem.*

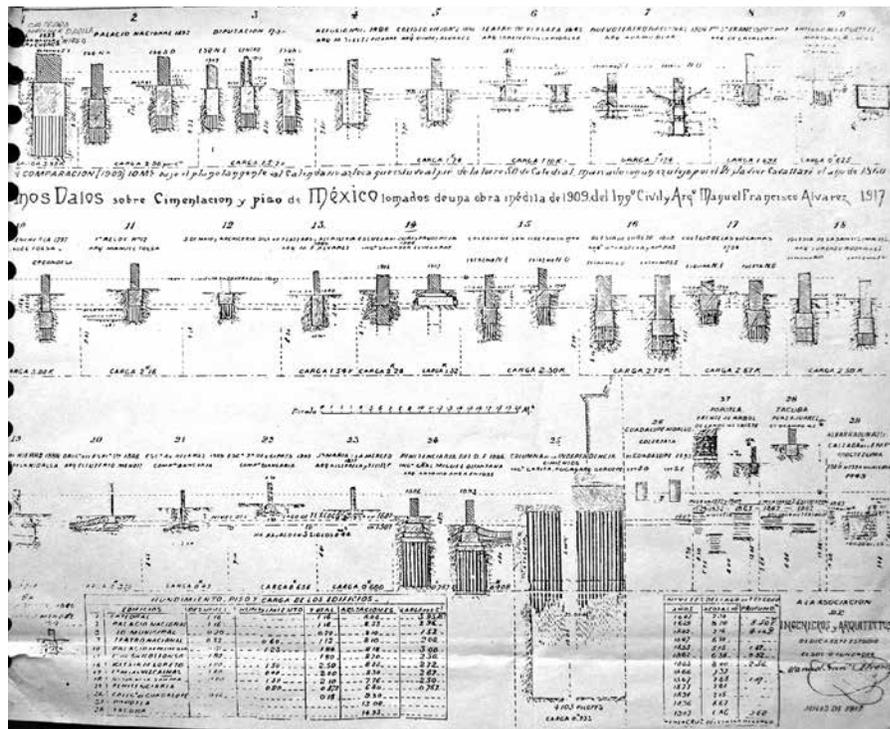


Figura 3. Francisco Manuel Álvarez se atrevió a presentar los datos resultantes de su estudio, aunque discrepan algunos de ellos con los dados por otros autores. Dice en su libro que estos "datos al menos pueden tener en su abono ser expresados con ingenuidad y resolución, tratando de aclarar, de hacer la luz en los relatos confusos de la historia, muchos de ellos sin verdaderos fundamentos y aun conteniendo involuntarios equívocos". Francisco Manuel Álvarez, *Algunos datos sobre cimentación y piso de la ciudad de México y nivel del Lago de Texcoco a través de los siglos*, conferencia dada en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos, con proyecciones luminosas en la sesión del día 17 de agosto de 1917, por el Socio fundador Ingeniero Civil y Arquitecto, México, Talleres Tipográficos de José Ballesca, 1919, p. 159.

60 |

Datos sobre cimentación y piso de la ciudad de México

Por último, a manera de conclusión de nuestro trabajo sobre el estacado, tomamos lo dicho por Álvarez:

[...] casi todas las iglesias y edificios antiguos están levantados sobre estacas de vara y media (1.25 m)

a dos varas (1.67 m) y de cuatro a seis pulgadas de grueso (0.10 a 0.16 m.), y en el mayor número de los casos, como se ha visto por la relación que he hecho de los edificios, estos han sufrido asientos parejos y uniformes una veces, y otras, irregulares, que hacen aparecer cuarteaduras en paredes y bóvedas.³⁷

En suma, *Vitruvio desde los cimientos*.



³⁷ *Ibidem*, p. 168.

De las medidas que usan los geómetras y cosmógrafos¹

Sistemas de medición longitudinal y angular utilizados en México durante el Virreinato y el siglo XIX

En México, durante el Virreinato y parte del siglo XIX, la unidad de todas las medidas fue la vara mexicana, cuyo patrón o tamaño fue tomado de la vara castellana del marco de Burgos. El propósito de este artículo es conocer el funcionamiento de los sistemas de medidas enunciados por fray Andrés de San Miguel. Para entender en nuestro tiempo las medidas longitudinales, las mudaremos al sistema métrico decimal.

Palabras clave: medidas, vara mexicana, vara castellana, equivalencias, fray Andrés de San Miguel, Vitruvio, Columela.

Medidas longitudinales

| 61

Para medir una distancia larga se determina cuántas veces caben en ella medidas conocidas como el *dedo*, el *palmo* y el *pie* o el *paso*. Vitruvio,² heredero de los conocimientos griegos, en su tratado de arquitectura recurrió a las medidas que continuaban en uso a finales de la era anterior a la cristiana. La obra atribuida a Juanelo Turriano³ muestra los instrumentos empleados desde los tiempos de la Roma imperial en la medición y nivelación de terrenos. Las medidas como *dedo*, *palmo*, *minuto*, *línea*, *punto* y *paso* conservaron su vigencia

* Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, INAH.

¹ Título tomado de la obra de fray Andrés de San Miguel, como homenaje al ilustre arquitecto. Véase Eduardo Báez Macías, *Obras de fray Andrés de San Miguel*, México, UNAM, 1969, p. 131.

² Joseph Ortiz Sanz, *Los diez libros de arquitectura de M. Vitruvio Polión*, Madrid, Imprenta Real, 1787, pp. XV-XIV; se ignora dónde nació Vitruvio, pero lo más creíble es que se educó en Roma, única ciudad en ese entonces en la que existían los maestros capaces de enseñarle el extraordinario caudal de doctrina arquitectónica civil y militar que poseyó, y el sinnúmero de libros griegos con los que adquirió las matemáticas y demás ciencias de que estuvo dotado. Consultar en esta obra el Libro III, Capítulo primero, pp. 59-60, párrafos 4, 5 y 6. Fue pobre y corto de caudales, sirvió a César en varias guerras. Ya como arquitecto civil, su mérito fue reconocido por el emperador César Augusto (alrededor del año 30 a.C.), que le asignó una pensión vitalicia, con la cual pudo con comodidad concluir y publicar su libro.

³ Obra consagrada a Felipe Segundo, conf. José Antonio García Diego, reflexiones de *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo Turriano*, t. I, España, Fundación Juanelo Turriano, Doce Calles, BN, 1996, pp. 138-155, y 167-173.

en España y sus dominios de ultramar. Sin embargo, estas medidas serían disímiles conforme varían las proporciones del hombre en los diversos y heterogéneos grupos humanos.

Fray Andrés de San Miguel,⁴ conocedor de los tratados de Vitruvio y de Alberti, argumenta respecto a la invariabilidad de las medidas del cuerpo humano (figura 1) y da los principios para utilizarlas dentro del patrón de medidas de la *vara castellana*; textualmente nos dice:

Pie antiguo romano, por autoridad de Vitruvio, Libro Tercero Capítulo primero, es dieciséis dedos, y así el pie antiguo romano corresponde a la tercia de la vara común castellana⁵ [...] él tomó esta medida, no de los hombres de su tiempo, sino que la tomó de los griegos que de muy antiguo la usaban y dice haberla tomado del pie natural de aquel tiempo, y quiere que la medida natural y perfecta de los hombres de aquel tiempo sea seis de éstos pies,⁶ que es la natural estatura que al presente tiene la mayor parte de los hombres, y así es más creíble que la común estatura de los hombres siempre ha sido una (figura 2).⁷

Fray Andrés de San Miguel además de arquitecto fue un geómetra; poseía los conocimientos necesarios para medir y nivelar terrenos, y en



Figura 1. El cuerpo humano dentro de un cuadrado, según Vitruvio, lámina IV, figura 4. Joseph Ortiz Sanz, *Los diez libros de arquitectura de M. Vitruvio Polión*, Madrid, Imprenta Real, 1787.

éstos efectuar los trazos de edificios, puentes y acueductos.

En la Nueva España, durante el Virreinato y parte del siglo XIX, la unidad de todas las medidas fue la *vara mexicana*,⁸ cuyo patrón o tamaño fue tomado de la *vara castellana* del marco de Burgos;⁹ medía aproximadamente 838 mm.

Para facilitar la conversión de los submúltiplos y múltiplos, la equivalencia de la longitud de las varas castellana y mexicana con el sistema métrico decimal se redondeó de 83.59 a 84 cm. En este artículo a esta medida redondeada se le

⁴ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, pp. 13-16 y 131-132. Andrés Segura de la Alcuña nació en Medina Sidonia, Andalucía, España, en 1577. El 24 de septiembre de 1600 ingresó a la orden de Carmelitas Descalzos. Empleó su tiempo en las bibliotecas monacales, más inclinado a la literatura científica que a la religiosa, siguiendo siempre a Vitruvio y Alberti. Su verdadera vocación fue la arquitectura. Fue encargado de la construcción del edificio para el Colegio de San Ángel. En 1631 se le empleó en la colosal tarea del desagüe de la capital, trabajando activamente en ello hasta 1642. Falleció en 1652.

⁵ *Vara*, medida de longitud empleada hasta el establecimiento del metro y todavía en algunos sitios, equivalente a 835.90 mm. Véase María Moliner, *Diccionario de uso del español*, Madrid, Gredos, 1998, t. I-Z, p. 1356. El *pie*, que es su tercio, equivale a 278.63 mm.

⁶ Seis de estos *pies* suman dos *varas castellanas*, que equivalen a 1.67 m.

⁷ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 132.

⁸ *Ordenanzas de tierras y aguas*, México, Imprenta de Vicente G. Torres, 1842, pp. 66-67. De las medidas agrarias según las ordenanzas del marqués de Falces. Dadas en 1567. *Vara de medir*. Que la vara para medir todo género de tierras fuese la vara ordinaria y común que estaba recibida en la Nueva España con aprobación, y es la mexicana, porque en esta ciudad se hace y sella con licencia para medir paños y todos los géneros de comercio.

⁹ Francisco de Solano, *Cedulario de tierras, compilación de legislación agraria colonial (1497-1820)*, México, IJ-UNAM, 1984, p. 205.

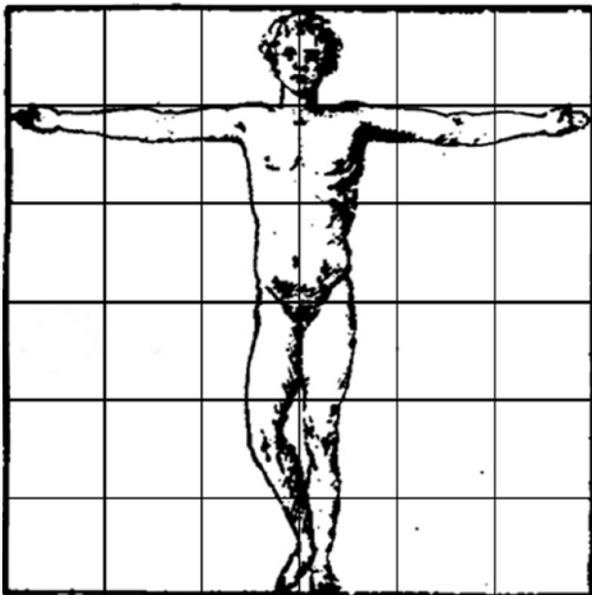


Figura 2. El hombre mide seis pies de alto, que es igual a un estado (se emplea para medir alturas y profundidades y al igual que la brazada mide dos varas que equivale a 1.67 m), y con los brazos extendidos, mide seis pies de ancho, que es lo mismo que una brazada o una brazada. María Moliner, *Diccionario de uso del español*, España, Gredos, 1998, p. 411, "brazo", del latín *brachia*, f. Mar. Unidad de longitud igual a seis pies (1.67 m). En otra acepción: medida agraria usada en Filipinas, equivalente a la centésima parte del *loán*, o sea, 36 pies cuadrados o 2.79 m². Según Héctor Vera, *A peso el kilo. Historia del sistema métrico decimal en México*, México, Libros del Escarabajo, 2007, p. 177, brazo o brazada. Medida de longitud. Es la distancia media entre los dedos pulgares de un hombre con los brazos extendidos. Equivale a dos varas. Las piedras sueltas para la construcción se vendían por brazadas cúbicas y cada una de ellas equivale a ocho varas cúbicas.

denominará vara convencional, y en las tablas se identificará como VM.

El propósito de este artículo es llegar a conocer el funcionamiento del sistema de medidas enunciado por fray Andrés de San Miguel. Para entender y poder aplicar en nuestro tiempo esas medidas, las mudaremos al sistema métrico decimal.

Enlistaré las medidas tratadas en las *Obras de fray Andrés de San Miguel*; en las *Ordenanzas de tierras, compuestas por don José de Sanz Escobar por orden del virrey don Gastón de Peralta, Marqués de falces*¹⁰ y en las *Ordenanzas de Tierras y Aguas*

¹⁰ *Ibidem*, pp. 205-207.

publicadas en 1842¹¹ y en 1868;¹² iniciando por la menor, *el punto*, que es de poco más de 16 centésimas de milímetro, hasta la mayor, *se henus*, que mide 10.50 km. En esta lista, los nombres con que se conoce una misma medida serán seguidos por su equivalencia al sistema métrico decimal, de acuerdo con dos longitudes de la vara. La primera cantidad se calculó respecto de las varas *castellana* y *mexicana*, y la segunda, de la *vara convencional*. Para una mayor precisión, las medidas menores a la *pulgada* se expresarán en milímetros. Los submúltiplos de la vara y la vara misma en centímetros, y los múltiplos de la vara en metros.¹³

Submúltiplos de la vara castellana y la vara mexicana

Punto (0.16 mm) (0.16 mm). Es la doceava parte de la línea.¹⁴ La vara tiene: 5 184 puntos.¹⁵

Línea (1.94 mm) (1.94 mm). Es la doceava parte de la pulgada.¹⁶ La vara tiene: 432 líneas.¹⁷

Grano de cebada; minuto; grano de trigo;¹⁸ *grano*¹⁹ (4.35 mm) (4.38 mm). *Cuatro granos de cebada* juntos, tomados por la parte más gruesa del grano, ocupan la distancia de un *dedo*. Cada *dedo* lo parten

¹¹ Impresas en México por la Imprenta de Vicente G. Torres. En esta obra no se le da crédito, pero probablemente fueron publicadas por Mariano Galván.

¹² Impresas en París por la librería de Rosa y Bouret, obra publicada por Mariano Galván.

¹³ Las ilustraciones fueron realizadas por el autor; digitalización de Alejandro Machuca Martínez.

¹⁴ *Ordenanzas de tierras y aguas*, *op. cit.*, p. 67, "una vara tiene tres pies, un pie doce pulgadas, una pulgada doce líneas, y una línea doce puntos".

¹⁵ Francisco de Solano, *op. cit.*, p. 207.

¹⁶ *Ordenanzas de tierras y aguas*, *op. cit.*

¹⁷ Francisco de Solano, *op. cit.*

¹⁸ *Ordenanzas de tierras y aguas*, *op. cit.*

¹⁹ Mariano Galván, *Ordenanzas de tierras y aguas*, París, Librería de Rosa y Bouret, 1868, p. 157.

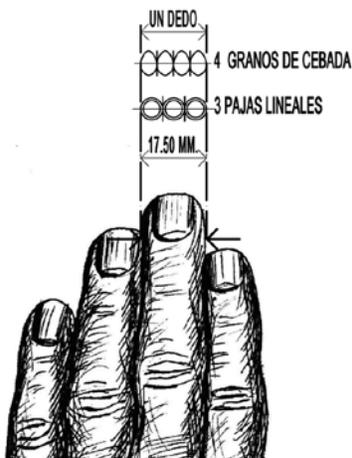


Figura 3. Dedo.

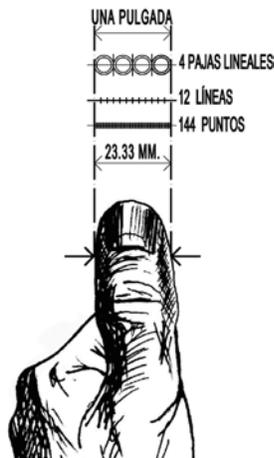


Figura 4. Pulgada.



Figura 5. Palmo o mano.

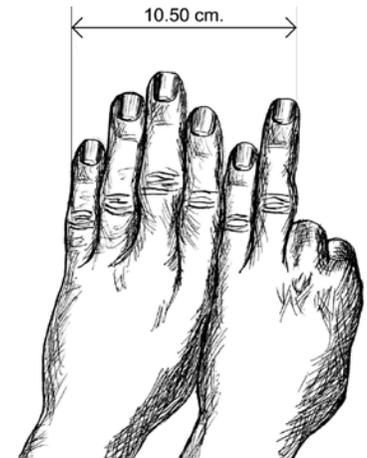


Figura 6. Ochava.

en cuatro partes que llaman *minutos*.²⁰ La *vara* tiene 192 *granos de cebada*, *minutos* o *granos de trigo*.

Paja (5.80 mm) (5.83 mm). Es la tercera parte del *dedo*.²¹ La *vara* tiene: 144 *pajas*.²²

Dedo (17.41 mm) (17.50 mm). Es el origen de todas las medidas que usaron los antiguos, es el espacio que ocupan cuatro *granos de cebada* puestos de lado²³ (figura 3). La *vara* tiene 48 *dedos*.²⁴

Pulgada (23.22 mm) (23.33 mm). Un treinta y seisavo de la *vara*²⁵ (figura 4). La *vara* tiene 36 *pulgadas*.²⁶

Palmo; mano (6.97 cm) (7 cm). *Palmo* son cuatro *dedos*, o lo que ocupan dieciséis *granos de cebada* (figura 5), es la distancia del auricular al índice, así lo muestra Vitruvio.²⁷ La medida de cuatro dedos se llama *mano*.²⁸ La *vara* mide 12 *palmos* o *manos*.

Ochava (10.45 cm) (10.50 cm). Es la octava parte de la *vara*.²⁹ La *vara* está formada por ocho *ochavas* (figura 6).

Dicha o sesma (13.93 cm) (14 cm). *Dicha* es la distancia de dos *palmos* o lo que ocupan 32 *granos de cebada* (figura 7). Es la medida partida en ocho *dedos*, y cada *dedo* en cuatro *minutos*; es medio *pie* romano y un tercio de *codo* y una *sesma* o medio *pie* de nuestra *vara* común.³⁰ La *vara* equivale a seis *dichas* o *sesmas*.

Decíax (17.42 cm) (17.50 cm). *Decíax*, dice Columela,³¹ es la distancia de 10 *dedos* (figura 8).³² La *vara* equivale a 4.80 *decíax*.

Espetema; palmo antiguo romano o palmo romano; cuartas (de *vara*) o *palmos* (20.90 cm) (21 cm).

²⁹ Mariano Galván, *op. cit.*

³⁰ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

³¹ David Paniagua Aguilar, *El panorama literario, técnico, científico en Roma*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 2006, pp. 263-265. Lucio Junio Moderato Columela, ciudadano romano nacido en Gades (actual Cádiz), es autor de una obra sobre la economía y la vida rural en 12 libros (*De re rustica*) compuesta a mediados del siglo I d.C., la cual no es sólo su *opus magnum*, sino que se trata del más importante tratado técnico que se ha conservado acerca de la actividad agrícola y ganadera, la *res rustica* ("economía rural"), de toda la antigüedad.

³² Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

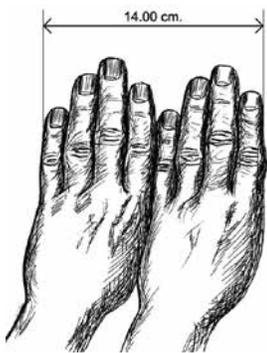


Figura 7. Dicha o sesma.

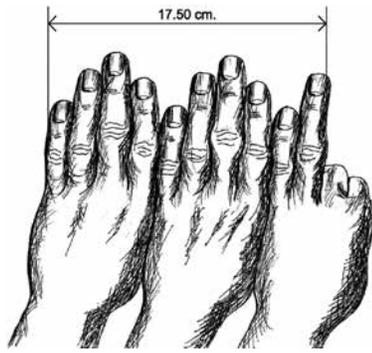


Figura 8. Decíax.

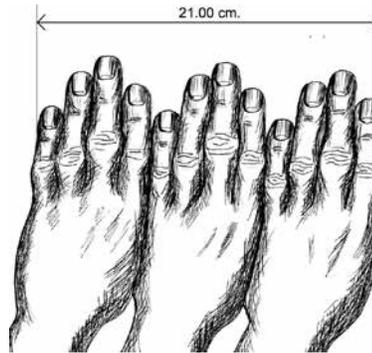


Figura 9. Espetema o palmo antiguo romano.



Figura 10. Pie o tercia.

*Espetema*³³ es la longitud de tres *palmos* o lo que ocupan 48³⁴ *granos de cebada*. *Palmo antiguo romano* es la distancia que ocupan 12 *dedos*; el *palmo romano* corresponde a la cuarta parte de *vara* común.³⁵ La *vara* tiene cuatro *cuartas* o *palmos*.³⁶ La *vara* se divide en cuatro *espetemas* o cuatro *palmos romanos* (figura 9).

Pie; *pie antiguo romano* o *pie romano*; *pie castellano* o *tercia* (de *vara*) (27.86 cm) (28 cm). El *pie* mide cuatro *palmos*; así lo dice Vitruvio. La medida del *pie* antigua que usaban los romanos, medía 16 *dedos*.³⁷ El *pie antiguo romano* corresponde a la *tercia* de la *vara común castellana* (figura 10).³⁸ La *vara* se divide en tres *tercias* o *pies*.³⁹ La *vara* se divide en tres *pies castellanos*⁴⁰ o *tercias*.

Cúbito, *codo pequeño* o *codo*; *medias* (de *vara*) (41.80 cm) (42 cm). El *cúbito* equivale a *pie* y

medio. El *codo pequeño* mide *pie* y medio o 24 *dedos*. Se tomó del natural del hombre y es la longitud de *pie* y medio.⁴¹ La *vara mexicana* está dividida en dos *medias*.⁴² La *vara* tiene dos *codos*; *codos pequeños* o *cúbitos* (figura 11).

Paso, *pasada común* o *simple* o *codo común* (55.73 cm) (56 cm). *Paso* es la longitud de dos *pies*, el uno macizo que ocupa el *pie* y otro vacío. *Pasada común* o *simple* es lo mismo que *paso* (figura 12).⁴³ *Codo común* es la distancia que ocupan ocho *palmos*.⁴⁴ La *vara* tiene 1 1/2 *pasos* o *pasadas comunes* o *simples* o 1 1/2 *codos comunes*.

Paso según Columela (69.63 cm) (70 cm). Columela dice que el *paso* es la distancia de 2 1/2 *pies*⁴⁵ (figura 13). La *vara* tiene un *paso* según Columela y una *dicha* o medio *pie*.

Vara común castellana y *vara mexicana* (83.59 cm) (84 cm). El *pie antiguo romano* corresponde a la *tercia* de la *vara común castellana* (figura 14).⁴⁶ La *vara mexicana* es la unidad de todas las medidas de longitud, cuyo patrón o tamaño está

³³ *Ibidem*, p. 131.

³⁴ *Idem*. Fray Andrés de San Miguel dice que son 42, pero el *palmo* tiene 4 *dedos* y cada *dedo* 4 *granos* de cebada, así que a cada *palmo* le corresponden 16, por lo que tres *palmos* sumarán 48 *granos* de cebada que equivalen a 21 cm.

³⁵ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 132.

³⁶ Mariano Galván, *op. cit.*

³⁷ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 131.

³⁸ *Ibidem*, p. 132. Cfr. Joseph Ortiz Sanz, *op. cit.*, p. 60, "y constando el *palmo* de cuatro *dedos*, vino a tener el *pie* diez y seis".

³⁹ Mariano Galván, *op. cit.*

⁴⁰ Francisco de Solano, *op. cit.*

⁴¹ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

⁴² Mariano Galván, *op. cit.*

⁴³ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 131.

⁴⁴ *Ibidem*, p. 132.

⁴⁵ *Ibidem*, p. 131.

⁴⁶ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 132.

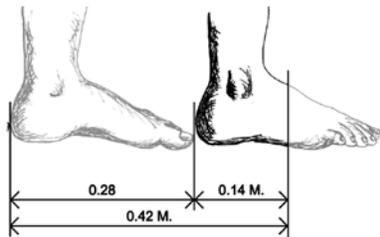


Figura 11. Cúbito o codo pequeño.

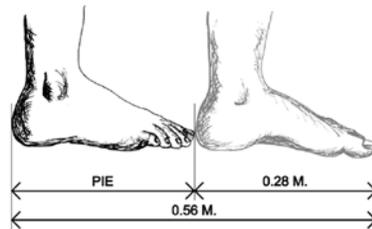


Figura 12. Paso, pasada simple o codo común.

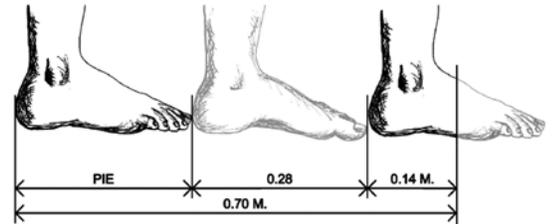


Figura 13. Paso según Columela.

Tabla 1

	PUNTO	LÍNEA	PAJA	DEDO	PULGADA	PALMO	OCHAVA	SESMA	CUARTA	PIE	MEDIA	VARA
PUNTO	1	12	36	108	144	432	648	864	1,296	1,728	2,592	5,184
LÍNEA	1/12	1	3	9	12	36	54	72	108	144	216	432
PAJA	1/36	1/3	1	3	4	12	18	24	36	48	72	144
DEDO	1/108	1/9	1/3	1	1 1/3	4	6	8	12	16	24	48
PULGADA	1/144	1/12	1/4	3/4	1	3	4 1/2	6	9	12	18	36
PALMO	1/432	1/36	1/12	1/4	1/3	1	1 1/2	2	3	4	6	12
OCHAVA	1/648	1/54	1/18	1/6	2/9	2/3	1	1 1/3	2	2 2/3	4	8
SESMA	1/864	1/72	1/24	1/8	1/6	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
CUARTA	1/1,296	1/108	1/36	1/12	1/9	1/3	1/2	2/3	1	1 1/3	2	4
PIE	1/1,728	1/144	1/48	1/16	1/12	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	3
MEDIA	1/2,592	1/216	1/72	1/24	1/18	1/6	1/4	1/3	1/2	2/3	1	2
VARA	1/5,184	1/432	1/144	1/48	1/36	1/12	1/8	1/6	1/4	1/3	1/2	1
V.C. MM.	0.16	1.94	5.80	17.41	23.22	69.66	104.49	139.32	208.98	278.63	417.95	835.90
V.M. MM.	0.16	1.94	5.83	17.50	23.33	70.00	105.00	140.00	210.00	280.00	420.00	840.00

V.C.MM. = Vara castellana o vara mexicana, expresadas en milímetros.

V.M. MM. = Vara convencional, expresada en milímetros.

tomado del marco de Burgos, y es la *vara legal* que se usa en la República Mexicana.⁴⁷

La tabla 1 se refiere a la *pulgada* y sus divisiones (la *línea* y el *punto*) y su relación con la *vara mexicana* y sus submúltiplos, como son, entre otros, el *palmo* que es su doceava parte, la *ochava*, la *sesma* y la *cuarta*. La última columna corresponde a la *vara*; leemos que en ella caben 5 184 *puntos*, 432 *líneas*, 144 *pajas*, 48 *dedos*. Si continuamos descendiendo por esta columna leemos que la vara está integrada por seis *sesmas*, cuatro *cuartas*, y al final

⁴⁷ Mariano Galván, *op. cit.*, p. 157.

de la misma columna vemos que la *vara mexicana* equivale a 840 mm.

Si procedemos de manera semejante con cada una de las columnas obtendremos sus equivalencias. Otro ejemplo: en la columna del *palmo* leemos que está integrado por 432 *puntos*, 36 *líneas*, 12 *pajas*, cuatro *dedos*, tres *pulgadas*, que el *palmo* es 2/3 de la *ochava* y la mitad de la *sesma*; más abajo vemos que es la doceava parte de la *vara* y que equivale a 70 mm.

La tabla 2 se ocupa del *dedo*, del *palmo romano*, del *codo pequeño*, del *paso*, del *paso según Columela*; todas estas medidas son submúltiplos de la va-

Tabla 2

	GRANO	PAJA	DEDO	PALMO	OCHAVA	SESMA	DECIAX	PALMO ROMANO	PIE	CODO PEQUEÑO	PASO	PASO COLUMELA	VARA
GRANO	1	1 1/3	4	16	24	32	40	48	64	96	128	160	192
PAJA	3/4	1	3	12	18	24	30	36	48	72	96	120	144
DEDO	1/4	1/3	1	4	6	8	10	12	16	24	32	40	48
PALMO	1/16	1/12	1/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12
OCHAVA	1/24	1/18	1/6	2/3	1	1 1/3	1 2/3	2	2 2/3	4	5 1/3	6 2/3	8
SESMA	1/32	1/24	1/8	1/2	3/4	1	1 1/5	1 1/2	2	3	4	5	6
DECIAX	1/40	1/30	1/10	2/5	3/5	4/5	1	1 1/5	1 3/5	2 2/5	3 1/5	4	4 4/5
PALMO ROMANO	1/48	1/36	1/12	1/3	1/2	2/3	5/6	1	1 1/3	2	2 2/3	3 1/3	4
PIE	1/64	1/48	1/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3
CODO PEQUEÑO	1/96	1/72	1/24	1/6	1/4	1/3	5/12	1/2	2/3	1	1 1/3	1 2/3	2
PASO	1/128	1/96	1/32	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2
PASO COLUMELA	1/160	1/120	1/40	1/10	3/20	1/5	1/4	3/10	2/5	3/5	4/5	1	1 1/5
VARA	1/192	1/144	1/48	1/12	1/8	1/6	5/24	1/4	1/3	1/2	2/3	5/6	1
V.C. MM.	4.35	5.80	17.41	69.66	104.49	139.32	174.15	208.98	278.63	417.95	557.27	696.33	835.90
V.M. MM.	4.38	5.83	17.50	70.00	105.00	140.00	175.00	210.00	280.00	420.00	560.00	700.00	840.00

V.C.MM. = Vara castellana o vara mexicana, expresadas en milímetros.
 V.M. MM. = Vara convencional, expresada en milímetros.

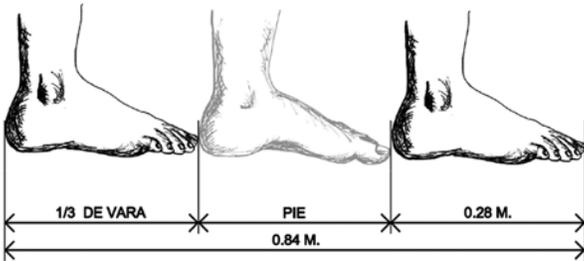


Figura 14. Vara castellana o vara mexicana convertidas al sistema métrico decimal de manera convencional.

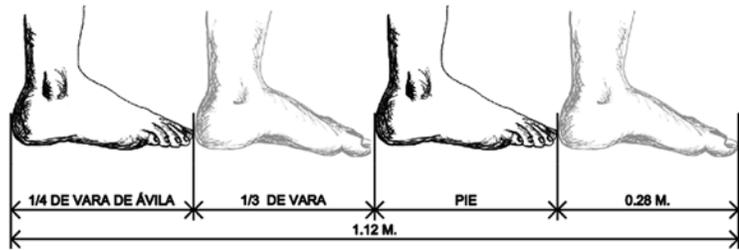


Figura 15. Pasada geométrica, ulna común, paso o vara de Ávila.

ra. La mecánica para su consulta es análoga a la de la tabla 1. Así, en la última columna vemos que la vara contiene 192 granos, 144 pajas, 48 dedos y 12 palmos; descendiendo hasta el final de la columna, leemos que la vara equivale a 840 mm.

Múltiplos de la vara castellana y de la vara mexicana

Pasada geométrica; ulna común; paso o vara de Ávila (1.11 m) (1.12 m). La pasada geométrica equivale a dos pasos de los comunes; el paso mide dos pies, y así la pasada mide cuatro, la cual

comienza con pie macizo y acaba con pie hueco.⁴⁸ *Ulna común* es la longitud de cuatro pies o 16 palmos o 74 dedos.⁴⁹ Cuatro pies integran un paso, y este paso es nuestra común medida denominada *vara de Ávila*⁵⁰ (figura 15). La pasada geométrica mide una vara y un pie o 1 1/3 de vara.

Pasada según Columela; paso de Salomón, paso geométrico o vara antigua (1.39 m) (1.40 m). Columela

⁴⁸ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*
⁴⁹ *Ibidem*, p. 132.
⁵⁰ *Ordenanzas de tierras y aguas, op. cit.*

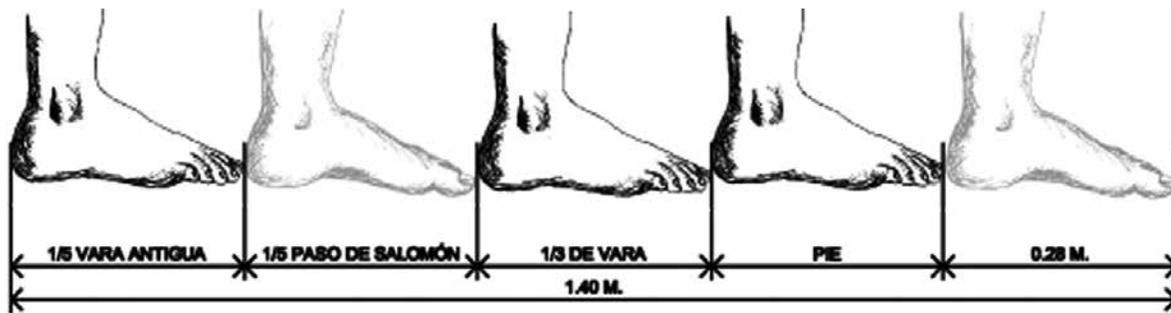


Figura 16. Pasada según Columela; paso de Salomón, paso geométrico o vara antigua.

dice que la *pasada* mide cinco pies.⁵¹ Es la milésima parte de la *milla*, que en algún tiempo recibió el nombre de *vara*. La quinta parte del *paso de Salomón* coincide en longitud con el tercio de la *vara* o *pie*.⁵² *Paso de Salomón* o *paso geométrico*, se llama el que se mide o compone de cinco *tercias* y es una *vara* y dos *tercias* de las comunes (figura 16). La *vara antigua* es lo mismo que el *paso de Salomón*.⁵³ El *paso de Salomón* mide una *vara* y dos *pies*.

Orgia o *ulna agresti* (1.67 m) (1.68 m). La *orgia* equivale a seis *pies*.⁵⁴ La *ulna agresti* mide seis *pies*.⁵⁵ Tanto la *orgia* como la *ulna agresti* miden dos *varas*.⁵⁶

Marco (2.40 m) (2.42 m). Equivale a dos *varas* y siete *ochavas*; esto es, ocho *marcos* sumaban 23 *varas*, y servía para las medidas de tierras.⁵⁷ El *marco* mide dos *varas* y siete *ochavas*.

Codo grande o *codo geométrico* (2.51 m) (2.52 m). *Codo grande* es la longitud que ocupan treinta y seis *palmos* o 144 *dedos*.⁵⁸ El *codo geométrico* mide seis

codos comunes que equivalen a tres *varas*.⁵⁹ El *codo grande* o *codo geométrico* mide tres *varas*.

Pártica (2.79 m) (2.80 m). La *pártica* equivale a 10 *pies*.⁶⁰ La *pártica* mide tres *varas* y un *pie*.

Pelthrum e ingero (27.86 m) (28 m). El *pelthrum* mide 100 *pies*; al *ingero* lo integran 100 *pies*.⁶¹ El *pelthrum* y el *ingero* equivalen a 33 *varas* y un *pie* cada uno.

Cordel (41.80 m) (42 m). Que el *cordel* para medir sitios y criaderos de ganado mayor y menor, ha de constar de 50 *varas de medir mexicanas*.⁶² Un *cordel* mide 50 *varas*.

Cordel (57.68 m) (57.96 m). Se usaba antiguamente para medir sin quebrados los lados de las caballerías de tierra.⁶³ Este otro *cordel* mide 69 *varas*.

Estadio (174.15 m) (175 m).

Estadio es ciento y veinticinco pasos geométricos, así lo dice Plinio, Hércules, el gigante, corría sin resollar ciento y veinticinco pasos y los que presumían imitarle en este caso, procuraban correr este espacio, y por ser en aquel tiempo tan famo-

⁵¹ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 131. Cfr. Lucio Junio Moderato Columela, *Los doce libros de agricultura*, t. 1, Madrid, Imprenta de D. Miguel de Burgos, 1824, p. 192.

⁵² Mariano Galván, *op. cit.*, pp. 157 y 158.

⁵³ *Ordenanzas de tierras y aguas, op. cit.*

⁵⁴ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

⁵⁵ *Ibidem*, p. 132.

⁵⁶ Medida equivalente también con el estado y la braza o brazada; véase las notas 8 y 9.

⁵⁷ Mariano Galván, *op. cit.*, p. 158.

⁵⁸ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

⁵⁹ *Ibidem*, p. 141.

⁶⁰ *Ibidem*, p. 131.

⁶¹ *Idem*.

⁶² Mariano Galván, *op. cit.*, p. 157.

⁶³ *Ibidem*, p. 158.

Tabla 3

	VARA	PASADA GEOMÉTRICA	PASO DE SALOMÓN	ULNA AGRESTI	MARCO	CODO GRANDE	PÁRTICA	PELTHRUM	CORDEL	OTRO CORDEL	ESTADIO
DEDOS	48	64	80	96	138	144	160	1,600	2,400	3,312	10,000
VARA	1	1 1/3	1 2/3	2	2 7/8	3	3 1/3	33 1/3	50	69	208 1/3
PASADA GEOMÉTRICA	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2 5/32	2 1/4	2 1/2	25	37 1/2	51 3/4	156 1/4
PASO DE SALOMÓN	3/5	4/5	1	1 1/5	1 29/40	1 4/5	2	20	30	41 2/5	125
ULNA AGRESTI	1/2	2/3	5/6	1	1 21/48	1 1/2	1 2/3	16 2/3	25	34 1/2	104 1/6
MARCO	8/23	32/69	40/69	16/23	1	1 1/23	1 11/69	11 41/69	17 9/23	24	72 32/69
CODO GRANDE	1/3	4/9	5/9	2/3	23/24	1	1 1/9	11 1/9	16 2/3	23	69 4/9
PÁRTICA	3/10	2/5	1/2	3/5	69/80	9/10	1	10	15	20 7/10	62 1/2
PELTHRUM	3/100	1/25	1/20	3/50	69/800	9/100	1/10	1	1 1/2	2 7/100	6 1/4
CORDEL	1/50	2/75	1/30	1/25	23/400	3/50	1/15	2/3	1	1 19/50	4 1/6
OTRO CORDEL	1/69	4/207	5/207	2/69	1/24	1/23	10/207	100/207	50/69	1	3 4/207
ESTADIO	3/625	4/625	1/125	6/625	69/5000	9/625	2/125	4/25	6/25	207/625	1
V.C METROS	0.84	1.11	1.39	1.67	2.40	2.51	2.79	27.86	41.80	57.68	174.15
V.M. METROS	0.84	1.12	1.40	1.68	2.42	2.52	2.80	28.00	42.00	57.96	175.00

V.C.MM. = Vara castellana o vara mexicana, expresadas en milímetros.

V.M. MM. = Vara convencional, expresada en milímetros.

sa esta distancia, los griegos medían las distancias de los lugares por estadios, así como lo hacemos ahora por millas o leguas.⁶⁴

Las distancias las miden los latinos en *millas* o *lapis*, los griegos en *estadios* y los egipcios en *singes*,⁶⁵ los persianos⁶⁶ en *parasangas*, los franceses, españoles y alemanes en *leguas*.⁶⁷ El *estadio* mide 208 *varas* y un *pie*.

Tabla 3. La forma de consultar la tabla 3 de los múltiplos de la *vara* de la *pasada geométrica* hasta el *estadio*, es semejante a la de las tablas 1 y 2.

Diaulo (348.29 m) (350 m). El *diaulo* equivale a dos *estadios*.⁶⁸ El *diaulo* mide 416 *varas* y dos *pies*.

⁶⁴ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, pp. 131-132.

⁶⁵ Fray Andrés de San Miguel no aporta datos para obtener esta medida y sus equivalencias.

⁶⁶ Los antiguos habitantes de Persia, hoy Irán.

⁶⁷ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, pp. 131-132.

⁶⁸ *Ibidem*, p. 131.

Cuartos de legua (1 044.88 m) (1 050 m). La *legua* se divide en cuatro *cuartos*; siendo ésta (junto con las medias leguas) la única división que se hace de ella.⁶⁹ Un *cuarto de legua* mide 1 250 *varas*.

Milla, *milla romana*, *lapis* o *legua italiana*; *tercera parte de la legua mexicana* (1 393.17 m) (1 400 m). La *milla* está formada por ocho *estadios* que suman mil *pasos*, y a este espacio se le denomina *milla romana*, a diferencia de *milla alemana común*. Y porque de mil a mil *pasos* ponían los antiguos una columna o piedra, por eso los latinos le llamaron *lapis*,⁷⁰ por mil *pasos*. La *legua italiana* tiene mil *pasos geométricos*.⁷¹ En fechas anteriores al siglo XIX, se dividía la *legua mexicana*

⁶⁹ Mariano Galván, *op. cit.*, p. 157.

⁷⁰ *Lapis* es raíz común de lápida y de lapislázuli, que proviene del latín *lapis*, "piedra"; véase María Moliner, *op. cit.*, p. 151.

⁷¹ Mariano Galván, *op. cit.* Se hizo el cálculo de la *milla* con mil *pasos de Salomón*.

Tabla 4

	VARA	PASO DE SALOMÓN	ESTADIO	DIAULO	CUARTO DE LEGUA	MILLA ROMANA	LEGUA O MEDIA	LEGUA COMUN	STACKMUS	PARASANGA	MILLA ALEMANA	MILLA GRANDE	SE HENUS
DEDOS	48	80	10,000	20,000	60,000	80,000	120,000	240,000	285,000	300,000	320,000	400,000	600,000
VARA	1	1 2/3	208 1/3	416 2/3	1,250	1,666 2/3	2,500	5,000	5,937 1/2	6,250	6,666 2/3	8,333 1/3	12,500
PASO DE SALOMÓN	3/5	1	125	250	750	1,000	1,500	3,000	3,562 1/2	3,750	4,000	5,000	7,500
ESTADIO	3/625	1/125	1	2	6	8	12	24	28 1/2	30	32	40	60
DIAULO	3/1,250	1/250	1/2	1	3	4	6	12	14 1/4	15	16	20	30
CUARTO DE LEGUA	1/1,250	1/750	1/6	1/3	1	1 1/3	2	4	4 3/4	5	5 1/3	6 2/3	10
MILLA ROMANA	3/5,000	1/1,000	1/8	1/4	3/4	1	1 1/2	3	3 9/16	3 3/4	4	5	7 1/2
LEGUA O MEDIA	1/2,500	1/1,500	1/12	1/6	1/2	2/3	1	2	2 3/8	2 1/2	2 2/3	3 1/3	5
LEGUA COMUN	1/5,000	1/3,000	1/24	1/12	1/4	1/3	1/2	1	1 3/16	1 1/4	1 1/3	1 2/3	2 1/2
STACKMUS	2/11,875	2/7,125	2/57	4/57	4/19	16/57	8/19	16/19	1	1 1/9	1 7/57	1 23/57	2 2/19
PARANGA	1/6,250	1/3,750	1/30	1/15	1/5	4/15	2/5	4/5	19/20	1	1 1/15	1 1/3	2
MILLA ALEMANA	3/20,000	1/4,000	1/32	1/16	3/16	1/4	3/8	3/4	57/64	15/16	1	1 1/4	1 7/8
MILLA GRANDE	3/25,000	1/5,000	1/40	1/20	3/20	1/5	3/10	3/5	57/80	3/4	4/5	1	1 1/2
SE HENUS	1/12,500	1/7,500	1/60	1/30	1/10	2/15	1/5	2/5	19/40	1/2	8/15	2/3	1
V.C. METROS	0.84	1.39	174.15	348.29	1,044.88	1,393.17	2,089.75	4,179.50	4,963.16	5,224.38	5,572.67	6,965.83	10,448.75
V.M. METROS	0.84	1.40	175.00	350.00	1,050.00	1,400.00	2,100.00	4,200.00	4,987.50	5,250.00	5,600.00	7,000.00	10,500.00

V.C.MM. = Vara castellana o vara mexicana, expresadas en milímetros.

V.M. MM. = Vara convencional, expresada en milímetros.

70 |

na en tres millas.⁷² La milla romana mide 1 666 varas y dos pies.

Legua; media legua (2 089.75 m) (2 100 m). Legua propiamente llaman los italianos a la distancia de 12 estadios o a milla y media.⁷³ La legua según fray Andrés y la media legua según Mariano Galván miden 2 500 varas.⁷⁴

Legua común; legua, legua legal o legua mexicana (4 179.50 m) (4 200 m). La legua común equivale a tres millas o veinticuatro estadios.⁷⁵ La legua legal mide 100 cordeles o 5 000 mil varas. Antiguamente se dividía la legua mexicana en tres millas. La legua, en consecuencia, equivalía

a 3 000 pasos de Salomón.⁷⁶ La legua común, la legua legal y la legua mexicana miden 5 000 varas cada una.

Stackmus o legua (4 963.16 m) (4 987.50 m). El stackmus medía casi 28 estadios y medio, y esta es la cantidad que nombramos legua.⁷⁷ El stackmus o legua mide 5 937 varas y un codo.

Parasanga (5 224.38 m) (5 250 m). Parasanga equivalía a 30 estadios.⁷⁸ Parasanga mide 6 250 varas.

Milla alemana común o legua alemana (5 572.67 m) (5 600 m). La milla alemana común está integrada por cuatro mil pasos. La legua alemana tie-

⁷² *Idem.*

⁷³ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

⁷⁴ Mariano Galván, *op. cit.*

⁷⁵ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

⁷⁶ Mariano Galván, *op. cit.*, pp. 157 y 158.

⁷⁷ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*

⁷⁸ *Idem.*

ne cuatro millas.⁷⁹ La milla alemana común, o legua alemana, mide 6 666 varas y dos pies.

Milla grande o legua de saneta (6 965.83 m) (7 000 m). La milla grande está constituida por cinco mil pasos. La legua de saneta equivale a cinco millas.⁸⁰ La milla grande o legua de saneta mide 8 333 varas y un pie.

Se henus (10 448.75 m) (10 500 m). El se henus equivale a 60 estadios.⁸¹ Se henus mide 12 500 varas.

Tabla 4. La forma de consultar la tabla 4 de los múltiplos de la vara, desde la vara hasta el se henus, es semejante a la de las tres tablas anteriores.

Medidas angulares

Fray Andrés determina cuatro medidas angulares, y da pauta para obtener ocho más:⁸² tercios, cuartos, quintos, sextos, séptimos, octavos, novenos y décimos, medidas de utilidad para geómetras y cosmógrafos.⁸³

El cosmógrafo era un profesional cuyos conocimientos científicos y su aplicación práctica eran indispensables en el extenso e ignoto territorio americano. El Consejo de Indias se auxilió de cosmógrafos⁸⁴ con el propósito de establecer las rutas marítimas y realizar con seguridad los viajes de los

galeones y de las flotas armadas de la metrópoli a las provincias e inversamente. El cosmógrafo, una vez integrado al Consejo, tenía la comisión de elegir y recopilar en libro particular todas las derrotas,⁸⁵ navegaciones y viajes.⁸⁶

Tenía a su cuidado y cargo calcular y averiguar los eclipses de luna.⁸⁷ Averiguar para las ciudades y cabezas de las provincias su longitud por medio de los instrumentos necesarios. Se le ordenaba hacer y ordenar las tablas de cosmografía de las Indias, asentando en ellas por su longitud y latitud, y escala de leguas, según la verdadera geografía que averiguara, las provincias y ciudades, islas, mares y costas, ríos y montes, y otros lugares, a fin de plasmarlos en mapas.⁸⁸

Era un catedrático de matemáticas seleccionado entre los de mucha pericia, suficiencia y aprobación, para enseñar en las nuevas tierras tanto a españoles como a naturales.⁸⁹ Debía impartir la cátedra de matemáticas, enseñar a sus pupilos la esfera de Sacrobosco,⁹⁰ y las cuatro reglas de aritmética, regla de tres, sacar raíz

Que en el Consejo haya un cosmógrafo, que sea catedrático de matemáticas, y se provea por edictos.

⁸⁵ María Moliner, *op. cit.*, p. 901. Derrota (del antiguo *derromper*, del latín *dirumpere*, dirección que lleva el barco. Derrotero, rumbo. Camino que ha de seguir un barco. Línea que lo indica en un mapa.

⁸⁶ *Recopilación de leyes...*, *op. cit.*, p. 186. Ley III. Que el cosmógrafo recopile derrotas de las Indias, informándose de lo que a su oficio tocara.

⁸⁷ *Ibidem*, p. 185v. Ley II. Que el cosmógrafo procure se averigüen los eclipses de luna y otras señales, dando instrucciones para ello.

⁸⁸ *Ibidem*, p. 186. Ley IV. Que el cosmógrafo haga las tablas de cosmografía, y el libro de descripciones.

⁸⁹ *Ibidem*, p. 185v. Ley primera.

⁹⁰ Johannes de Sacrobosco nació cerca de 1195 en Holywood Yorkshire y murió cerca de 1256 en París. En 1220 escribió su obra más conocida, *Tractatus de Sphaera*, un libro de astronomía en cuatro capítulos, basado en el almagesto de Ptolomeo, al que añadió ideas de la astronomía árabe; fue una de las obras sobre astronomía más influyentes en Europa antes de Copérnico. La primera edición apareció en 1472 en Ferrara, y se imprimieron más de 90 ediciones en los siglos siguientes.

⁷⁹ *Idem*.

⁸⁰ *Idem*.

⁸¹ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, p. 131.

⁸² *Ibidem*, p. 132. Fray Andrés describe las divisiones del círculo: signos, grados, minutos y segundos, y sugiere cómo obtener tercios y así hasta décimos.

⁸³ *Diccionario de la lengua española*, Madrid, Espasa Calpe, 1956, p. 664. Geómetra (del latín *geometra*, y éste del griego *γεωμετρης*, de *γῆ*, "tierra", y *μετρης*, "medir"). m. El que profesa la geometría o en ella tiene especiales conocimientos. *Ibidem*, p. 377. Cosmógrafo (*cosmographo*, y éste del griego *κοσμογραφος*). m. El que profesa la cosmografía o tiene en ella especiales conocimientos.

⁸⁴ *Recopilación de leyes de los Reynos de las Indias*, Madrid, Ediciones Cultura Hispánica, 1973, p. 185. Ley primera.

cuadrada, y cúbica, y algunas reglas de quebrados, las teóricas de Purbaquio y las tablas del rey don Alonso.⁹¹ Explicar a sus alumnos los seis primeros libros de Euclides;⁹² los arcos y cuerdas, senos rectos, tangentes y secantes; el libro cuarto de los Triángulos Esferales de Juan de Montenegro; del Almagesto de Ptolomeo.⁹³ Enseñar sobre cosmografía y navegación; el uso del astrolabio,⁹⁴ explicando primero su fábrica y luego la práctica para hacer observaciones de los movimientos del sol y luna, y los demás planetas. Además, debía enseñar el uso del Radio Globo, y algunos otros instrumentos matemáticos.

⁹¹ El libro *Juegos diversos de Axedrez, dados, y tablas con sus explicaciones, ordenados por mandado del Rey don Alfonso el sabio, rey de Castilla, León y Galicia entre 1251 y 1283*, consta de 98 páginas, con 150 ilustraciones en color. Los juegos cubren el alquerque, los dados y tablas. El libro contiene la descripción más antigua de alguno de estos juegos, incluyendo algunos importados de los reinos musulmanes. Es uno de los documentos más importantes para la investigación de los juegos de mesa. El único original conocido se encuentra en la biblioteca del monasterio de El Escorial. Una copia de 1334 se conserva en la biblioteca de la Real Academia de la Historia.

⁹² Miguel de Toro y Gisbert, *Pequeño Larousse ilustrado*, París, Larousse, 1966, p. 1284; Euclides, matemático griego, que enseñaba en Alejandría durante el reinado de Ptolomeo I (siglo III a.C.), nos ha dejado *Elementos*, que es la base de la geometría plana actual. Los *Elementos* es un tratado matemático y geométrico que se compone de 13 libros; es considerado uno de los libros de texto más divulgados en la historia. Durante varios siglos, el *quadrivium* estaba incluido en el temario de los estudiantes universitarios, y se exigía el conocimiento de este texto.

⁹³ María Moliner, *op. cit.*, vol. A-H, p. 139; Almagesto (del árabe *almagisti*, del griego *megiste*, nombre árabe aplicado a algunos tratados antiguos de astronomía, como el de Ptolomeo o el de Riccioli).

⁹⁴ María Moliner, *op. cit.*, p. 279. Astrolabio (del griego *astrolábion*, aparato antiguo consistente en un disco con una regla diametral y una alidada, empleado para medir la altura de los astros y deducir la hora y la latitud. Permite determinar la posición de las estrellas sobre la bóveda celeste. Era usado por los navegantes, astrónomos y científicos en general para localizar los astros y observar su movimiento, para determinar la hora local a partir de la latitud o, viceversa, para averiguar la latitud conociendo la hora. También sirve para medir distancias por triangulación. Entre los siglos XVI al XVIII, se utilizó como principal instrumento de navegación, hasta la invención del *sextante*, en 1750.

En tiempo de sus vacaciones podía impartir clases de matemáticas de relojes, y mecánicas, con algunas máquinas, y hacer entender a sus alumnos en qué consiste la fuerza de ellas.⁹⁵

Como un acercamiento a esas medidas consideremos que la circunferencia se fracciona en 12 *signos* de 30 *grados* cada uno; entonces, el círculo contiene 360 *grados*, y si cada *grado* se divide en 60 *segundos*, en consecuencia la circunferencia se segmenta en 21 600 *segundos*. Llevando este ejercicio a todas las medidas angulares mencionadas por fray Andrés de San Miguel, tenemos los siguientes datos.

El círculo

Se divide en signos, grados, minutos, segundos, tercios cuartos, quintos, sextos, séptimos, octavos, novenos y décimos.

Signos: 12 signos (doce *signos*).

Grados: $12 \text{ signos} \times 30^\circ/\text{signo} = 360^\circ$ (trescientos sesenta *grados*).

Minutos: $360^\circ \times 60' / ^\circ = 21\,600'$ (veintiún mil seiscientos *minutos*).

Segundos: $360^\circ \times 602'' / ^\circ = 1\,296\,000''$ (un millón doscientos noventa y seis mil *segundos*).

Tercios: $360^\circ \times 603 \text{ t} / ^\circ = 77\,760\,000 \text{ t}$ (setenta y siete millones setecientos sesenta mil *tercios*).

Cuartos: $360^\circ \times 604 \text{ ct} / ^\circ = 4\,665\,600\,000 \text{ ct}$ (cuatro mil seiscientos sesenta y cinco millones seiscientos mil *cuartos*).

⁹⁵ *Recopilación de leyes...*, *op. cit.*, Ley V. Que el cosmógrafo lea en las partes y lugares, horas y tiempos las lecturas que aquí se declara.

Quintos: $360^\circ \times 605 \text{ q}/^\circ = 279\,936\,000\,000 \text{ q}$ (doscientos setenta y nueve mil novecientos treinta y seis millones *quintos*).

Sextos: $360^\circ \times 606 \text{ sx}/^\circ = 16\,796\,160\,000\,000 \text{ sx}$ (dieciséis billones setecientos noventa y seis mil ciento sesenta millones *sextos*).

Séptimos: $360^\circ \times 607 \text{ sp}/^\circ = 1\,007\,769\,600\,000\,000 \text{ sp}$ (mil siete billones setecientos sesenta y nueve mil seiscientos millones *séptimos*).

Octavos: $360^\circ \times 608 \text{ oc}/^\circ = 60\,466\,176\,000\,000\,000 \text{ oc}$ (sesenta mil cuatrocientos sesenta y seis billones ciento setenta y seis mil millones *oct*).

Novenos: $360^\circ \times 609 \text{ nv}/^\circ = 3\,627\,970\,560\,000\,000\,000 \text{ nv}$ (tres trillones seiscientos veintisiete mil novecientos setenta billones quinientos sesenta mil millones *novenos*).

Décimos: $360^\circ \times 610 \text{ d}/^\circ = 217\,678\,233\,600\,000\,000\,000 \text{ d}$ (doscientos diecisiete trillones seiscientos setenta y ocho mil doscientos treinta y tres billones seiscientos mil millones *décimos*).

Magnitud de las medidas angulares

Para darnos una idea de la magnitud de estas medidas angulares, y con un fin meramente lúdico, propongo los siguientes cuatro métodos.

1) Calcular el radio de la circunferencia del menor tamaño posible en el sistema de medición con base en la vara castellana, dividirla en 360° y a cada división darle un *punto* de longitud de arco: P = perímetro; R = *radio*; d = *décimo*; c = *círculo*: p = *punto*; v = *vara*; sh = *se henus*; Km = *kilómetro*.

$$P = 360^\circ \times 1 \text{ punto}/^\circ = 360 \text{ puntos.}$$

$$P = D \llcorner = 2R \llcorner; R = \frac{P}{2 \llcorner}$$

donde:

$$R = \frac{360 \text{ puntos}}{2 \llcorner \times 12 \text{ p}/\text{línea}} = 4 \text{ líneas } 9^{30/100} \text{ puntos.}$$

$$\text{Ese R en mm} = 4 \text{ líneas} \times 1.92 \text{ mm}/\text{línea} + 9^{30/100} \text{ puntos} \times 0.16 \text{ mm}/\text{punto} = 9.17 \text{ mm.}$$

2) Obtener el radio de la circunferencia mayor, dividida entre doscientos diecisiete trillones seiscientos setenta y ocho mil doscientos treinta y tres billones seiscientos mil millones de *décimos*, y a cada división darle un *punto* de longitud de arco:

$$P = 217\,678\,233\,600\,000\,000\,000 \text{ d} \times 1 \text{ p}/\text{d} = 217\,678\,233\,600\,000\,000\,000 \text{ p.}$$

$$R = \frac{217\,678\,233\,600\,000\,000\,000 \text{ p}}{2 \llcorner \times 5\,184 \text{ p}/\text{vara} \times 12\,500 \text{ v}/\text{sh}} = 534\,637\,127\,500 \text{ sh}$$

El mismo radio en kilómetros:

$$R = 534\,637\,127\,500 \text{ sh} \times 10.50 \text{ km}/\text{sh} = 5\,614\,690\,738\,750 \text{ km.}$$

3) Como la longitud de ese radio no parece posible de imaginar, consideremos que la distancia promedio de la tierra al sol es de $150\,000\,000 \text{ km}$, y comparémosla con la longitud del radio de aquella circunferencia mayor.

$$\frac{5\,614\,690\,738\,750 \text{ km}}{150\,000\,000 \text{ km}} =$$

= 35 642.48 veces la distancia de la tierra al sol.

El radio del círculo que se requiere para que con la distancia angular de un décimo se obtenga un arco de círculo de un *punto* de longitud, es 35 642.48 veces la distancia de la tierra al sol.

Si la velocidad de la luz es de aproximadamente 300 000 km /''.

La luz solar tarda en llegar a la tierra:

$$\frac{150\,000\,000\text{ km}}{300\,000\text{ km}/'' \times 60\text{ ''}/'} = 8' 20''.$$

4) En recorrer la longitud del radio del círculo mayor del ejercicio tardaría:

$$\frac{5' 346\,371\,275\,000\text{ km}}{300\,000\text{ km}/'' \times 602\text{ ''}/h \times 24\text{ h}/\text{día}} =$$

$$= 206\text{ días}, 6\text{ h}, 20', 37\text{ }^{58}/_{100}''.$$

El *año* como medida de tiempo no es uniforme tenemos los años de 365 *días* y cada cuatro años los bisiestos de 366 días; asimismo, los *meses* como unidades de medición nos llevan a una imprecisión, dado que hay *meses* de 30 *días*, otros de 28 y los más de 31 *días*.

Con los meses del primer semestre de 2011, los 206 *días* se agrupan en seis *meses*, 25 *días*.

Si se considera de julio a diciembre en seis *meses*, 22 *días*.

En ambos casos añadiríamos las 6 h, 20', 37 ⁵⁸/₁₀₀''.

Reflexiones finales

En el transcurso de los tres siglos de existencia de la Nueva España y seis décadas del México independiente,⁹⁶ se utilizó el sistema de medi-

⁹⁶ Héctor Vera, *A peso el kilo. Historia del sistema métrico decimal en México*, México, Libros del Escarabajo/Embajada de

ción que los españoles habían heredado de los griegos por intermediación de los romanos, pasando por el tamiz de los árabes. La unidad de medida de este sistema fue la *vara mexicana*, que según las ordenanzas debía corresponder con exactitud a la *vara* del marco de Burgos.

Se citan en este artículo 72 nombres de medidas longitudinales. Cuarenta y siete aportados por fray Andrés de San Miguel y 25 tomados de las ordenanzas de tierras y aguas, publicadas en 1842 y 1868.

El ilustre fraile y arquitecto⁹⁷ las nombra de 47 maneras, dando a una misma medida varias denominaciones; por ejemplo, a la que equivale aproximadamente a 21 cm la denomina *espetema*, más adelante *palmo romano* y luego *palmo antiguo romano*. Por esta razón, en realidad resultan distintas entre sí únicamente 27 dimensiones.

De las ordenanzas se obtuvieron 2498 nombres de medidas, 16 coincidentes y nueve distintas en longitud a las tratadas por fray Andrés. Por ello, en este artículo se tratan 36 dimensiones diferentes entre sí, 27 del fraile carmelita, más nueve de las citadas ordenanzas.

Además, fray Andrés define cuatro medidas angulares, y da la pauta para determinar ocho más: medidas de utilidad para geómetras y cosmógrafos.

Francia, 2007, p. 87. El 15 de marzo de 1857 el presidente Ignacio Comonfort firmó el decreto que introdujo el sistema métrico decimal en México, que ordenaba que a partir del 15 de septiembre de 1857 las nuevas medidas debían ser las únicas empleadas en los actos oficiales y en todos los ramos que directamente dependieran del gobierno. Y lo mismo se esperaba de todos los habitantes de la República a partir del primer día de 1862.

⁹⁷ Eduardo Báez Macías, *op. cit.*, pp. 131 y 132; en el capítulo "De las medidas que usan los geómetras y cosmógrafos"

⁹⁸ Tratan 25, pero a dos distintas longitudes las denominan cordel.