

De agua y arquitectura novohispana

Leonardo Icaza Lomelí

Doctor en arquitectura. Profesor del CIEP, FA, UNAM
e investigador de la Dirección de Estudios Históricos, INAH



Acueducto de Los Remedios con las torres planeadas como respiraderos, Naucalpan, Estado de México, siglo XVII
Fotografía: Hugo Brehme, (1920), 434-4 CNMH-CONACULTA-INAH-MEX

La finalidad de este artículo es mostrar la relación entre el agua y las soluciones que la arquitectura ha dado a su uso, destacando los fundamentos de su diseño mediante la definición de los contextos que, por un lado, hacen posible su suministro y, por el otro, determinan el destino de las actividades diagnósticas que le son características.

Cabe advertir que la aproximación al conocimiento de esta temática se hace con métodos de análisis arquitectónico e histórico. Teniendo a las propias soluciones como sus principales fuentes de información, la intención es obtener los principios que las generaron.

La exposición está estructurada conforme el desarrollo de condiciones y soluciones. Tenemos para las primeras la natural, ejemplificada en el ciclo hidrológico, pero sobre todo en la determinación de la zona hidrológica que da origen a las fuentes de abastecimiento del agua, y la cultural, que abarca los aspectos legales, los oficios y los instrumentos que pudieran intervenir. El de las soluciones lo hemos agrupado en seis funciones específicas (captación, elevación, almacenamiento, conducción, distribución y usos derivados) y 10 ejemplos (aljibes, pozos, norias, jagüeyes, acueductos, lavaderos, molinos, fuentes, diques y puentes). Finalmente, señalamos la determinación de un patrón de diseño obtenido por medio de su síntesis geométrica, ya que si su forma y función no son perfectas en diseño y fabricación está condenado a desaparecer.

Este artículo trata sobre la relación entre el agua y las soluciones que la arquitectura ha dado a su uso: aljibes, pozos, norias, jagüeyes, acueductos, lavaderos, molinos, fuentes, diques y puentes

I. Condiciones

Fuentes de abastecimiento

El agua utilizada por el hombre se encuentra en la naturaleza integrada como un todo en un proceso denominado ciclo hidrológico.¹ Saber cómo se encuentra distribuido y, lo que es más importante, cómo aprovecharlo en sus distintas formas nos lleva a indagar las condiciones del medio ambiente natural y al conocimiento de los factores o fenómenos que lo producen, tales como: fisiográficos (hidrografía, morfología, suelos y vegetación) y climáticos (temperatura, humedad relativa, vientos y régimen de lluvias). Es fundamental detectar su influencia en el ciclo, ya que, como veremos, éste es producto de la fuerza motriz provocada por la energía del sol y la gravitación terrestre, lo que da lugar a las etapas de evaporación, condensación, precipitación, escurrimiento y filtración.

Las fuentes de abastecimiento del agua son manantiales, lluvia, corrientes de ríos y arroyos, mantos subterráneos y depósitos (pantanos, lagos y lagunas).

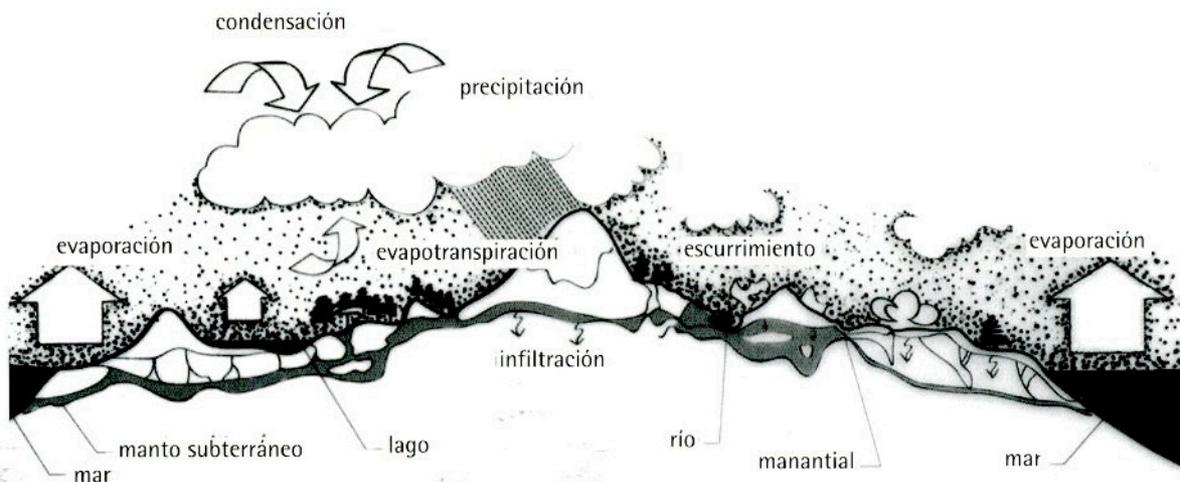
Disposiciones legales

Durante el virreinato novohispano, el agua de los ríos, arroyos y manantiales —que no fuera de los indígenas— pertenecía a la Corona española, por lo que, para poder usarla se requería su cesión, responsabilidad que recaía en el gobierno local, el cual basado en la experiencia propia y la de España, fue estructurando mecanismos legales para normar la distribución y las cantidades a repartir.

La población, villa o persona que pretendiera hacer uso de una fuente de suministro tenía que realizar trámites muy engorrosos, pasando por cinco etapas: solicitud o petición de una merced de agua, verificación por funcionarios y vecinos, repartición, autorización y toma de posesión.

Con respecto a las medidas autorizadas para cada fuente de abastecimiento, si el orificio era cuadrado o rectangular, se tomaba como base el buey de agua (perforación o abertura de una vara por lado), que a su vez se dividía en 48 surcos, el surco en tres naranjas, cada naranja en ocho limones o reales, el limón en dos dedos y el dedo en nueve pajas o en 16 granos.²

Como referencia y para comparar citaremos algunas cantidades mercedadas: para el abastecimiento de una población, podían ser de 24 surcos (equivalentes en área a un cuarto de buey de agua); para accionar un molino de trigo, ocho surcos; para el riego de una caballería de tierra cultivada de caña de azúcar, cuatro surcos; para una de trigo y maíz, tres surcos, ésta última servía para hacer funcionar un batán³ que es una rueda hidráulica con mazos en uno de los procesos para hacer papel, por ejemplo.





La physique occulte del abad Vallemont en 1692
Tomado de Los veintiún libros de los ingenios y máquinas

Oficios para el agua

En el diseño y la construcción de instrumentos para la búsqueda y localización de agua, su conducción, cambio de nivel, conservación, así como la promoción y mantenimiento de las soluciones arquitectónicas, se vieron involucrados oficios y especialidades, entre los cuales mencionaremos los siguientes:

Aguador. Acarrea agua y da mantenimiento a las fuentes, mismos que estaban agremiados. Los implementos que los distinguen son la gorra de piel en lugar de sombrero, los cueros, el chochocol y otro cántaro que llevaban al frente y pendiente del cuello por medio de gruesas correas, el cual servía como contrapeso.



Geómetra
Tomado de Los veintiún libros de los ingenios y máquinas

Agrimensor. En las ordenanzas de albañiles de 1599 para la Ciudad de México se destaca que uno de los requisitos para ejercer el oficio de la agrimensura era que el oficial supiera de regla y compás, así como que estuviera avalado por una carta de examen donde se probara que su práctica era suficiente y su habilitación legal.

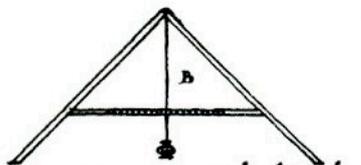
Fontanero o frontero. Operario especializado en construcciones hidráulicas.



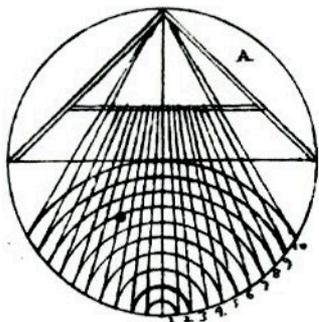
Buscador de agua
Tomado de Los veintiún libros de los ingenios y máquinas

Çaori. El oficial o "buscador de agua" dedicado a localizarla bajo la superficie. En algunos documentos se menciona que puede tratarse desde el filósofo o arquitecto hasta el fontanero o çaori. Por los medios de que se valen y, sobre todo, por los instrumentos utilizados, los podemos dividir en dos grupos: los que disponen para su localización de la vista, por señales exteriores, y los que se apoyan en la rabdomancia.

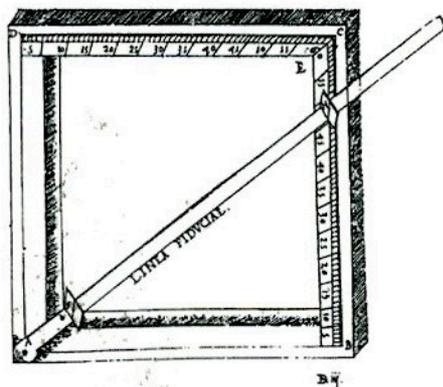
Geómetra. La palabra viene de la raíz griega γηο "tierra", y de μετρον, "medida", así como de la latina *geometrus*, "agrimensor, geómetra", o de *geometricus*. Otra de las definiciones puede ser "el que mide la tierra basado en patrones".



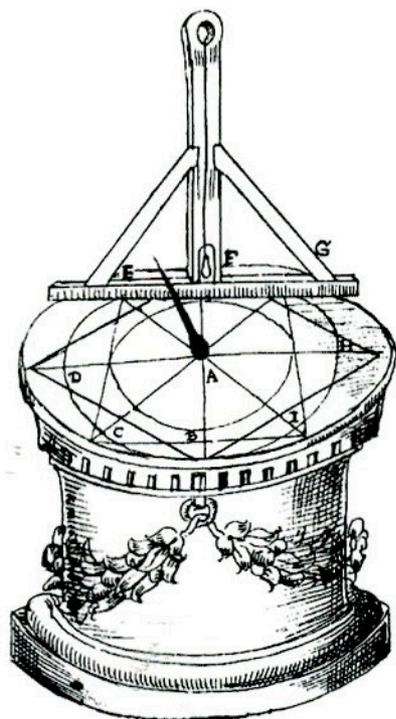
dioptra, q. hecho, y partido el nivel co
mo demuestra B. q. se top. por el círculo
senalado con A. se dará principio, a nivelar
la campana, por donde aduira la agua,



Nivel en la obra de Simón García
Tomado del *Compendio de Architectura y simetria de los templos*, edición facsimilar de 1681



Cuadrado geométrico de Oroncio Fineo, 1553
Tomado de Nicolás García Tapia, Pedro Juan de Lastanosa.
El autor aragonés de *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas*



Demostrador de sombras
Tomado del *Vitruvio* en la versión de Lázaro de Velasco

Instrumentos

Varita del *çauri*. Instrumento utilizado por el buscador de agua, debía tener forma y características determinadas: podía ser una horquilla⁴ o una rama bifurcada⁵, flexible y deformable, sin crispaciones; de madera (avellano joven⁶, pirul, sabino o ahuehuete) o bien artificial (fabricada con dos ramitas de rota de seis milímetros de diámetro y cuarenta y cinco centímetros de longitud, atadas juntas en un extremo.⁷

Nivel. El término viene del italiano *nivello* y éste a su vez del latín *libella*, diminutivo de *libra*, que significa "peso" o "balanza"⁸. Procede también de dos palabras latinas, *libramentum* y *perpendicularum*.⁹ Puede usarse como peso, romana, balanza, plomada o nivel. El sentido de *libramentum* es el de equilibrio establecido por dos objetos del mismo peso en una balanza; el de *perpendicularum*, el de un peso colgado o "plomada".

Nivel ordinario. El nombre, la propuesta de diseño y elaboración de este tipo de nivel aparece en la obra de fray Andrés de San Miguel. Para averiguar su patrón geométrico hemos recurrido a *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas* de Juanelo Turriano¹⁰, así como a otras obras. Es análogo a otros niveles como *tranco*¹¹, *peso*¹² y *cuadrante*.¹³

Cuadrado geométrico. Instrumento semejante en funcionamiento y principios al cartabón.

Cartabón. Se denomina en griego *gnomon*¹⁴ y en latín "regla de carpintero", *umbilicus*.¹⁵ La figura del *gnomon* es la de una escuadra o cartabón, formada por dos líneas rectas, una horizontal (nivel, amuso¹⁶ o losa de mármol) y otra vertical (perpendicular o abujón, varilla), que forman un ángulo recto.

II. Soluciones

Captación

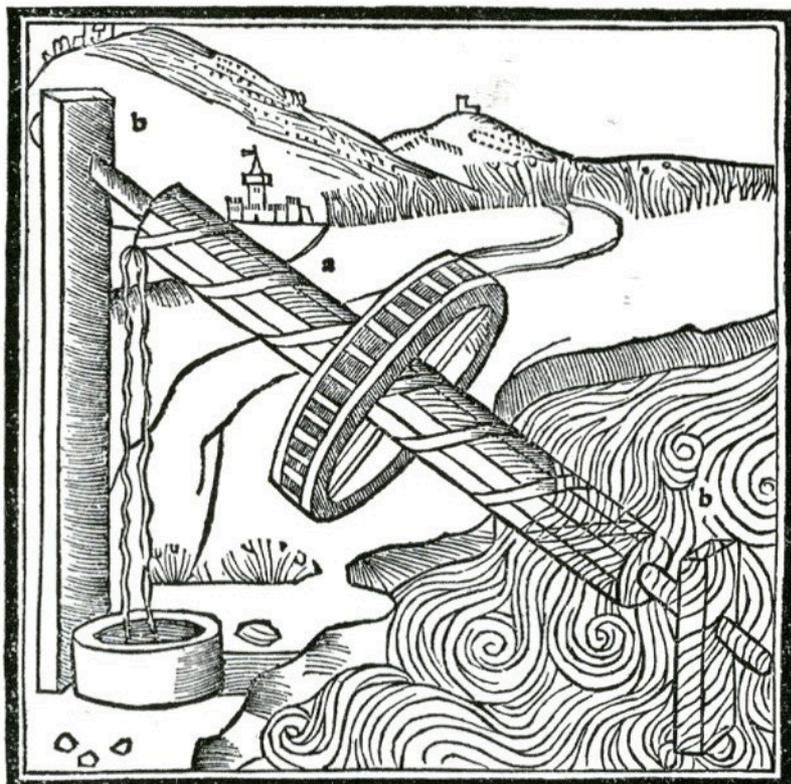
Para esta actividad tenemos como ejemplos de sistemas generales el diseño y la construcción de albercas, que sirven para captar las aguas de los manantiales. Si se utilizan para modificar o controlar el agua de una corriente superficial se llaman partidores, o cajas de agua. Si la fuente de donde procede ésta es de escurrimiento, filtración o un depósito subterráneo, se trata de galerías filtrantes o pozos. Si son de agua de lluvia entonces, aljibes, cisternas o *chultunes* (en la península de Yucatán).

Entre los sistemas particulares de superficies de captación se pueden mencionar los pisos y pavimentos de patios y azoteas, así como los elementos que sirven de accesorios: coladeras, rejillas, datas y compuertas.

Aljibes. La palabra proviene del árabe *al yibb*, que significa pozo. Depósito que sirve para almacenar agua de fuentes diversas, conteniéndola física y mecánicamente, donde se conserva de preferencia para usos domésticos.

La relación con otros edificios o elementos depende de la fuente de suministro: cuando se trata de agua de lluvia, estas soluciones se relacionan con las superficies de captación (pavimentos, techos y cubiertas), con los sistemas de conducción (canales y tuberías) y con los de elevación (pozos, norias, bombas).

Las partes o elementos de que consta son: entradas de agua, tomas (interiores y exteriores), depósitos, el espacio de



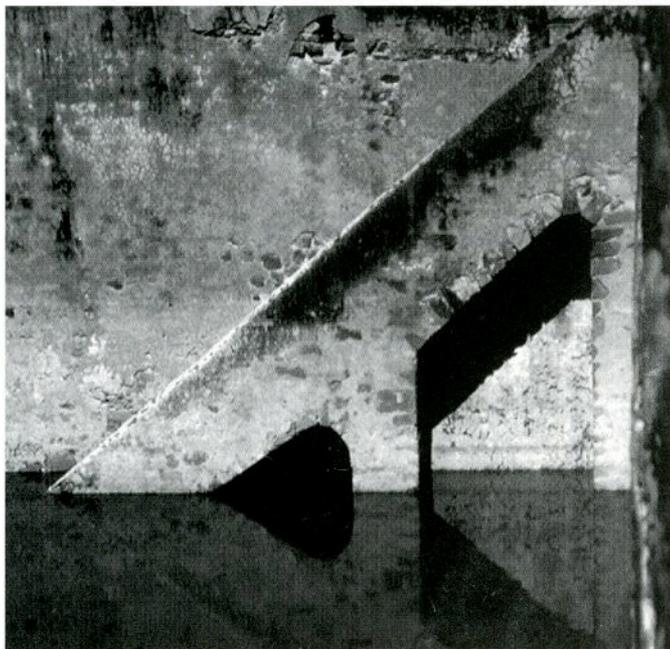
Tornillo de agua

Tomado de la edición de fray Giocondo de los *Diez libros de Arquitectura* de Vitruvio, Venecia, 1511
<http://www.mcs.drexel.edu/~croffes/Archimedes/Screw/ScrewEngraving.html>

recolección conformado por sifones, filtros y el de almacenamiento principal con su cárcamo.

Sus plantas adoptan distintas formas geométricas: cuadradas, rectangulares y algunas veces circulares. El alzado se resuelve con construcciones superficiales, semisubterráneas y subterráneas, que pueden estar cubiertas o no.

Pozos. Se trata de perforaciones verticales para obtener agua procedente de un manto subterráneo, además funcionan como depósitos provisionales. Mediante una polea puede cambiarse el nivel del agua para utilizarla en actividades diversas. Su ubicación obedece plenamente al entorno; como condición natural debe existir bajo ellos un depósito o corriente subterránea para alimentarlos; entre las condiciones culturales, preferentemente cercanas al sitio donde el agua sea necesaria, ofrecer seguridad, control y servicio. Deben regirse por ordenanzas, por una legislación que autorice su perforación y a la persona habilitada para ello. Los pozos se pueden localizar en espacios cubiertos o descubiertos.



Tanque de Tecalli, Puebla, siglo XVI
 Archivo: CIFFA

La planta o proyección horizontal de los pozos está determinada invariablemente por el círculo, aunque puede haber excepciones y ser oval o cuadrada. Una solución tipo consta de dos partes: la que está sobre el nivel del suelo donde se localiza el brocal (estructura para sostener el sistema de elevación y en algunos casos los elementos que cubren todo el conjunto); la otra se ubica bajo el nivel de superficie, es la perforación vertical o tiro, el espacio que sirve para captar y contener el agua, que hace las funciones de cárcamo para que se mantenga lleno.

Elevación

Algunos sistemas generales para transportar el agua de un sitio a otro más alto son las ruedas hidráulicas y las norias; como ejemplos particulares tenemos: papalotes, tornillos de Arquímedes, cigoñales y bombas hidráulicas.

Norias. Son construcciones que tienen integradas maquinarias para extraer agua y elevarla, emplean diversas formas de energía, como hidráulica o animal. Su solución formal está definida por tres áreas: una dedicada al espacio donde se produce energía; la segunda corresponde al tiro, al brocal y a los apoyos para sostener los mecanismos de extracción y la tercera incluye los distintos recipientes que sirven para la distribución del agua.

Su ubicación está determinada tanto por la fuente de suministro como por la actividad para la que está destinada. Las podemos localizar sobre manantiales o en corrientes de agua superficial o subterránea; el agua que obtienen se puede emplear en usos domésticos, riego, surtir abrevaderos o usos específicos como es el lavado de minerales, lo que les da un lugar especial en huertas y patios, así como dentro o fuera de áreas delimitadas.

Almacenamiento

Las soluciones para los sistemas generales de esta actividad tienen en presas, azudas y jagüeyes sus ejemplos más representativos; no podemos dejar de considerar las neveras, como las

de Cataluña, las cajas de agua (alimentadas por las crecidas de los ríos) y los tanques elevados. De los sistemas particulares, y que sólo tienen almacenamiento provisional, hemos considerado las cajas de agua o repartición y las que están al pie de los acueductos, abrevaderos, piletas o tinajeros.

Jagüeyes. Son recipientes no naturales en los que se aprovecha la topografía del terreno, así como sus cualidades impermeables y mecánicas, para la captación de agua, pero sobre todo para su almacenamiento más o menos provisional, ya que cada temporada se trata de renovarlos.

Estas obras se localizan en sitios donde las alternativas de obtener agua se ven limitadas al régimen de lluvias y al almacenamiento. Están determinados por una topografía específica, por suelos que sean aptos para el escurrimiento del agua y también otros que puedan ser lo suficientemente impermeables para contenerla. En el aspecto cultural, surgen cuando los recursos políticos, económicos y técnicos se enfocan en resolver un problema de abastecimiento de agua.

Constan de cinco partes: la superficie colectora, el depósito o taza, el dique o cortina, la compuerta y el medidor de nivel. Al ser las lluvias la principal fuente de abastecimiento, y en algunos casos el agua de remanentes o manantiales, la captación depende de la constitución de los terrenos, de los suelos y de la vegetación, factores determinantes para su construcción, siendo las cuencas y barrancas los lugares más aptos para el surgimiento de estas obras.

Conducción

Los ejemplos de sistemas generales de esta actividad serían los acueductos y los canales de navegación, así como los sistemas de drenaje controlados. En cuanto a las soluciones particulares, hablaríamos de las bajadas de agua pluvial, gárgolas y tuberías, que constituyen elementos a los que se adosan o integran conductos por donde pasa el agua diseñados con diversos materiales.

Acueductos. El ejemplo por excelencia de un sistema general es el acueducto. Visto así, este tipo de construcciones forma parte importante de la infraestructura hidráulica de cualquier asentamiento, por lo que se ven relacionados con otros edificios donde se aprovecha el agua, ya sea para cubrir necesidades vitales o para actividades productivas. Para las necesidades vitales tenemos soluciones como cajas, pilas, fuentes, baños y lavaderos, entre los más destacables, y para las segundas, las ruedas hidráulicas, soluciones en las que se aprovecha la fuerza del agua en un sitio donde pueda ser conducida.

La fuente de abastecimiento puede proceder de un manantial, un arroyo de aguas perennes, un río, una galería filtrante, una superficie de captación o un depósito, y aunado a estas condicionantes se encuentran las que impone el medio cultural: cuál es el agua de mejor calidad, cómo usufructuarla o valerse de ella y sobre todo cómo conducirla. Esas circunstancias son las que van a determinar la forma y por ende las partes de que está compuesto: toma de agua (alberca, partidor), conducto (acueducto) y los elementos accesorios para garantizar su funcionamiento (filtros, reposaderas, alcantarillas, sifones) y distribución (cajas, pilas, fuentes).

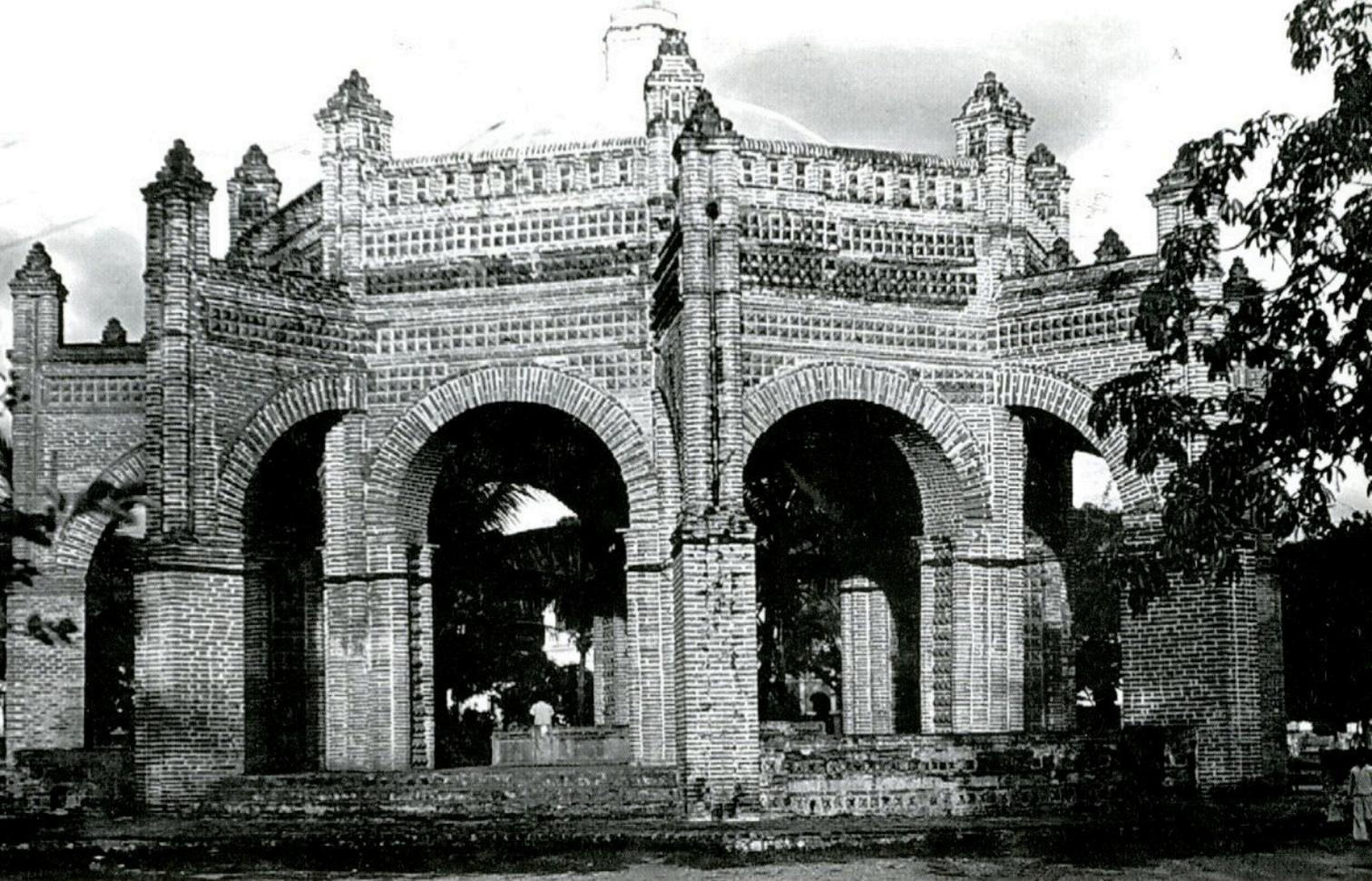
La planta de estas construcciones no sigue una línea recta más que por tramos. Como característica importante se tiene que "golpear" el agua para oxigenarla y restarle velocidad, ya que ésta no debe correr muy rápido porque erosiona con mayor facilidad el conducto; tampoco debe ir muy lento porque los materiales que trae disueltos en ella se pueden sedimentar y obstruir poco a poco el caño. El aprovechamiento de la topografía



Noria del convento San Bernardino de Siena, Valladolid, Yucatán, 1613
Fotografía: Leonardo Icaza



Acueducto de Xalpa en Tepetzotlán, Estado de México, siglo XVIII-XIX
35-27 CNMH-CONACULTA-INAH-MEX



Fuente en Chiapa de Corzo, Chiapas, conocida como "La pila", 1562
152-7 CNMH-CONACULTA-INAH-MEX

y sobre todo de las curvas de nivel en los alzados de los acueductos dependerá de la diferencia de alturas del lugar de abastecimiento al de distribución o toma de agua. Podrían ir sobre un muro macizo o sobre arcos con apoyos, que es el tipo más característico y fácilmente identificable.

Distribución

Dentro de lo que hemos denominado sistemas generales tenemos ejemplos de soluciones como los partidores, las cajas y las datas, que tienen en común diversas funciones, como ser sitios donde llega el agua para poderla repartir equitativa y jerárquicamente, o de distribución, como pilas y fuentes de agua.

Los sistemas particulares para esta actividad los hemos ejemplificado con las piletas o con el espacio generado por

tinajas y toneles, así como con el aguador oficial, que hace posible que el agua en una pila o fuente pública se distribuya a otro depósito.

Fuentes. Las podemos dividir en dos grupos: las integradas o adosadas a un acueducto, a un muro o a un elemento vertical, a las cuales denominamos pilas o cajas de agua, y las que están integradas a elementos horizontales, como pisos o pavimentos, a las que llamamos propiamente fuentes. Son recipientes momentáneos que sirven como tomas donde la gente acude a proveerse.

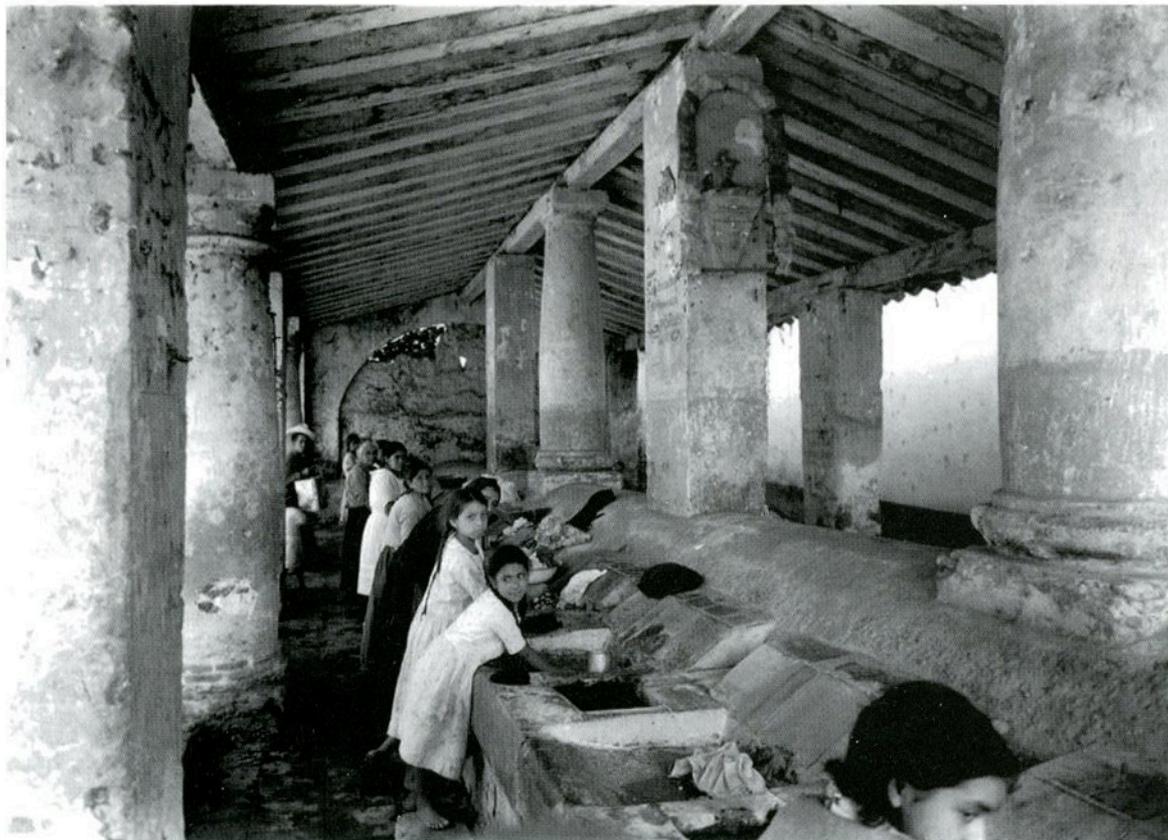
Las fuentes constan de cuatro partes: surtidor, depósito, toma y acceso. El surtidor es el soporte y tiene usos diversos: cuando funciona como arca sirve para controlar el agua y regular la presión; cuando funge de alcantarilla, como apoyo a esculturas (adosadas, sobrepuestas o de remate) o para las tazas y cuencos. Los depósitos son de tipo principal y secundario: el primero está formado por los muretes o muros perimetrales, el otro se refiere a los cuencos; ambos están diseñados para contener el agua de acuerdo con una función física y mecánica. La toma de agua se encuentra ubicada siempre sobre el muro perimetral o en un sitio anexo a éste y debe resolver en su diseño el problema de llenado, extracción y carga de los recipientes donde se transporta el agua. El acceso se refiere a la zona donde se localizan tanto escalones como pavimentos o barreras que tienen la función de evitar la entrada a determinadas partes de estas construcciones.

Usos derivados

Los ejemplos de sistemas generales seleccionados para este apartado se han dividido en tres grupos: los que emplean agua para limpieza, como baños o lavaderos; los que se sirven del agua y se valen de ruedas hidráulicas para producir energía, como molinos, batanes, aserraderos, trapiches, y los que sirven de protección. Quizá los ejemplos por excelencia pudieran ser, por un lado, los sistemas generales de drenaje, como la cloaca máxima de Roma y el drenaje profundo para el valle



Pila de la plaza principal en Taxco, Guerrero
166 CNMH-CONACULTA-INAH-MEX.



Interior de los lavaderos en Xallitic, Jalapa, Veracruz, siglo XVIII
s/n CNMH-CONACULTA-INAH-MEX

de México, pasando antes por los sistemas de albardones, calzadas-dique, redes de canales y los puentes, con el cometido de separar el agua de la tierra para control y protección contra inundaciones.

Como ejemplos de sistemas particulares del uso derivado del agua tenemos los relojes de agua o clepsidras, los retretes y los refrigeradores. En cuanto a los de protección tendríamos los caballetes o remates de muros, las cornisas (por sus pendientes y goteros), los botaguas, los sardineles, así como las soluciones para evitar la humedad ocasionada por la capilaridad de los materiales.

Molinos. Un molino, por el cometido que cumple, contiene en su diseño dos sistemas, uno para aprovechamiento y otro para protección, por lo que no debemos confundir el agua utilizada para mover una máquina con la empleada en el lavado del trigo.

Estas soluciones constan de tomas, azudas o inciles (construcciones a manera de recipientes para tomar agua de los ríos). Su localización, construcción, reparo o aderezo deberán supervisarse por un geómetra o agrimensor a la orden del alcalde responsable.

Lo sustantivo de estos edificios es la rueda hidráulica, que puede estar en el mismo espacio con la maquinaria para transformar la energía, ya que las funciones son compatibles. El área de molido es independiente, necesita protección contra la humedad, el aire, el polvo, la suciedad, por lo que siempre estará en un espacio superior con respecto a la maquinaria.

Asimismo, distinguimos dos posibilidades de transformar las corrientes de agua en energía capaz de mover la rueda de un molino: la que se ubica en una posición horizontal frente a la acometida de una corriente, y que se conoce como rodezno, y la de cubo, que consta de las siguientes partes: alberca, cubo, rodezno de álabes o cucharas, muela, tolva, suministro de trigo, depósito de harina y caucel.

Otra manera es mediante una rueda vertical o aceña, ya que puede tomar el agua a distintas alturas y según la dirección con la que se desee el giro de la rueda. Ésta consta de: alberca, aceña, rueda hidráulica, muela, tolva, mecanismo de suministro de trigo y depósito para la harina.

Lavaderos. Hay distintas maneras de utilizar el agua para limpieza, tanto del cuerpo como de prendas de vestir, o de algunos productos como la lana o hechos de otras fibras. Hemos destacado en este apartado la necesidad espacial que generan y sobre todo lo que hace que sus soluciones estén presentes en la arquitectura.

La ubicación de estas construcciones depende en gran medida de la fuente de suministro y los aspectos culturales que condicionan el uso del agua; dicha fuente de suministro podría ser un manantial, un río o arroyo, y su situación respecto a la traza de un asentamiento o de otros edificios estaría en función de su carácter privado o público, de paga o gratuito.

Las partes que los constituyen son: área de servicio, depósito, conductos de suministro y de desagüe, tendederos o asoleaderos, área de los lavaderos y espacios para circular.

Las plantas de estos conjuntos adoptan formas geométricas radiales, ya sean circulares, cuadradas, octogonales, rectangulares o cuadradas. Según su posición, los lavaderos



Lavaderos en Xallitic
s/n CNMH-CONACULTA-INAH-MEX



Puente sobre el río Lerma en Acámbaro, Guanajuato, siglo XVIII
35 CNMH-CONACULTA-INAH-MEX

pueden ser trapezoidales o cuadrilongos, y las piletas rectangulares o redondas. Su agrupamiento puede ser uno delante de otro (cuando la hilera es paralela o centrípeta) o uno alterado con otro a 45 grados (espina de pescado), que tienen a su vez la pileta al lado o al frente. Los lavaderos y algunas veces las piletas suelen estar labrados en una sola pieza de una piedra dura y con cierta aspereza en la superficie de contacto con la ropa, así como con una inclinación al frente.

Diques. Son construcciones que se realizan paralelas o transversales a corrientes perennes o periódicas de agua y su finalidad es controlarla y encauzarla a sitios donde se pueda drenar o aprovechar, con el fin de mantener un nivel determinado, ya sea en el caso de una corriente o de un depósito provisional.

Las obras que sirven de protección y control a orillas de cauces de ríos, en las riberas o en la división de lagunas para desviar aguas y evitar su desbordamiento, mezcla o inundaciones se componen de dos partes fundamentales: un sistema de contención formado por apoyos corridos y uno de control constituido por los tajos o aberturas generados por compuertas o puentes.

La forma definida en planta se va a adecuar a los tipos y las funciones de los sitios; si sirven como protección, seguirán la topografía del terreno y el cauce de la corriente; si son para separar, serán rectos y podrán utilizarse como calzadas; si en cambio su cometido es el de encauzar, tendrán formas curvas o angulares adecuadas o estructuradas para resistir o canalizar el agua cuando se presente de manera intempestiva.

Tecnológicamente, los diques deben resolverse para tener una resistencia mecánica y física al empuje del agua, pero también a la penetración y erosión, tanto en los casos en que están en contacto con el agua de manera constante como esporádica.

Por su ubicación, se puede identificar dos tipos de diques: los húmedos, que están en contacto constante con el agua, como los que se usan para dividir depósitos naturales o artificiales, y los que se localizan a orillas de ríos y lagunas. Otro es el de diques secos, situados en accidentes del terreno o barrancas, y los vados, los cuales tienen contacto esporádico con el agua.

Puente. Obra construida de materiales diversos, destinada a proteger y poner en comunicación dos partes de un camino, calzada o calle separadas por un obstáculo o accidente del terreno, y que permite que haya, sin cruzarse perpendicularmente y al mismo nivel, dos cursos de paso.

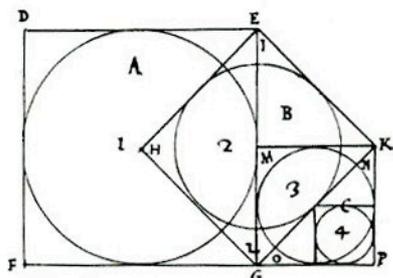
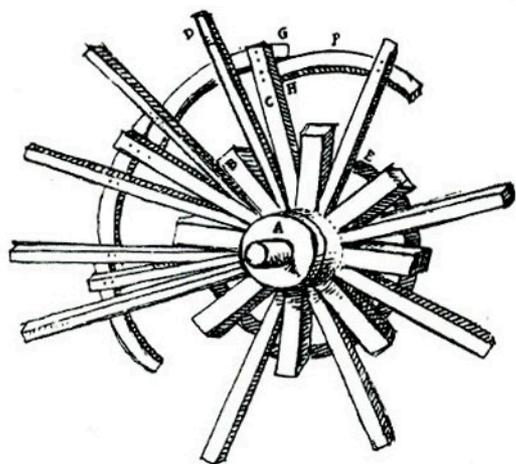
Los factores que determinan su ubicación se pueden concentrar en dos grandes grupos. El primero de ellos, de orden cultural, tiene que ver con su función estratégica como parte integral de las redes de caminos, misma que puede ser de protección o militar, pero sobre todo por el control del pago de alcabalas. El otro se refiere a la comodidad, ya que su cercanía o lejanía se relaciona con la actividad de un núcleo de población,¹⁷ sobre todo si éste se encontrara en el campo, en un sitio donde "no se tenga que dar mucha vuelta". Otro de los factores, pero dentro de un contexto natural y con referencia al agua, establece el sitio de su construcción donde el río sea más profundo y tenga en su lecho un fondo igual y perpetuo.¹⁸

La forma en planta de los puentes es la de un rectángulo con los extremos ampliados radialmente; en algunos casos presenta la geometría de una hipérbola siguiendo o integrándose a la dirección de caminos, calles o calzadas. El alzado presenta semejanzas con los sistemas empleados en los acueductos, es decir, apoyos con arcos pero con un desarrollo más asentado en cuanto a la profundidad. La solución de arcos más altos al centro los convierte en "alomados", con cuestas de subida y bajada.¹⁹

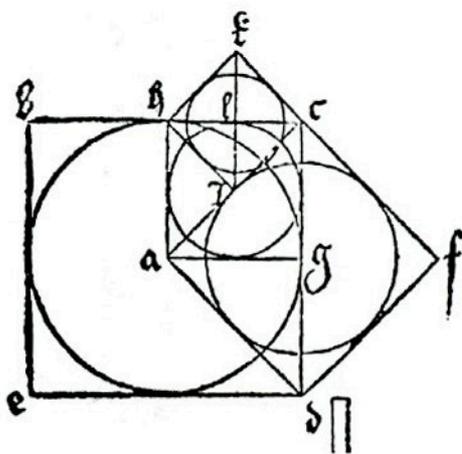
Las instalaciones propias de un puente consisten de los taje-mares (los cuales delatarían la dirección de la corriente), los apartaderos y las bardas de protección, y los sistemas de control de entrada o salida.

Conclusiones

Para percatarnos de la existencia de un patrón de diseño de acuerdo con diversas funciones (captación, elevación, almacenamiento, conducción, distribución y usos derivados entre el agua y la arquitectura), ya fuera una alberca, una noria, un acueducto, una caja de agua, un molino, una albarda o un



Síntesis geométrica de una rueda hidráulica
Tomado de *Los veintidós libros de los ingenios y máquinas*



Síntesis geométrica de Alberto Durero
Tomado de *Intenciones de geometría*

puede, no hay más que tener una lectura de la geometría de cada uno y corroborar que tanto en planta como en alzado su síntesis está determinada con base en dos figuras elementales, que son el círculo y el cuadrado.

A fin de determinar la síntesis geométrica de plantas y alzados de las construcciones vinculadas con el agua se puede utilizar la *vesica piscis*²⁰ como patrón para su trazo, ya sea a partir de la subdivisión de una vara (en medias, tercias, cuartas, sexmas, ochavas), de las dadas en las medidas de agua, del cuadrado geométrico, de la elaboración de un nivel ordinario, de la rueda hidráulica²¹ o del tornillo de Arquímedes,²² entre otras aplicaciones.

El conocimiento del patrón geométrico generado por la intersección de dos círculos y su uso como principio para derivar figuras básicas (círculo y cuadrado) nos conduce a cuatro maneras de entender "la cuadratura del círculo". Con el mismo principio de la intersección de dos círculos de radios iguales se puede lograr un cuadrado: pasando por sus esquinas dos líneas diagonales se forman cuatro triángulos iguales y uniendo las intersecciones de los ejes vertical y horizontal con el cuadrado se construirá otro, pero de la mitad del área del cuadrado base; esta propuesta servirá para aumentar o disminuir proporcionalmente el área de un cuadrado. Si se gira 45 grados, obtendremos un octágono.

Entre algunos ejemplos de plantas arquitectónicas de soluciones que nos impresionan están El Pocito o la fuente del Salto del Agua; las de acueductos como el de Chapultepec o el de Santa Fe, que surtían de agua potable a la Ciudad de México, o los de Zempoala, Acámbaro, Querétaro, Zacatecas, Chihuahua, Morelia y tantos otros; además, los de los dos santuarios más importantes para la Ciudad de México, el de Guadalupe y el de los Remedios.

Las plantas de norias como las de Puebla, Tlaxcala, San Luis Potosí y Yucatán son ejemplos de cómo pasar de un círculo a un cuadrado a un hexágono, o de un cuadrado a un octágono. Con respecto a fuentes, pilas, aljibes o cisternas, molinos y batanes no hay más que analizar los restos de sus plantas para darnos cuenta de que vemos círculos y cuadrados ■

Notas

- Lvovich, Mark, *El agua en el mundo: presente y futuro*, trad. Floreal Mazia, Cartago, Argentina, 1975, pp. 21-65.
- Santacruz Fabila, Iris y Luis Jiménez-Cacho García, "Pesas y medidas", *Siete ensayos sobre la hacienda mexicana 1780-1880*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 1977 (Colección Científica núm. 55), pp. 21-65; Mariano Galván Rivera, *Ordenanzas de tierras y aguas*, Archivo Histórico del Agua, Registro Agrario Nacional y CIESAS, México, 1998, p. 254.
- Von Wobeser, Gisela, "El uso del agua en la región de Cuernavaca, Cuautla durante la época colonial", *Historia mexicana* 128, Vol. xxxii, núm. 4, Centro de Estudios Históricos de El Colegio de México, México, 1983, p. 479.
- Mans Teixidó, Claudio, *El agua, cultura y vida*, Salvat, España, 1984 (Aula Abierta Salvat, núm. 35), p. 35.
- Rocard, Yves, "La señal del Zahori", *Mundo Científico*, núm. 7, 1981, pp. 708-716.
- Ibidem*, p. 708.
- Ibidem*.
- García Salinero, Fernando, *Léxico de alarifes de los Siglos de Oro*, Real Academia Española, Madrid, 1968.
- Nebrija, Elio Antonio de, *Vocabulario Español-Latino*, copia facsimilar de la edición de Salamanca 1495?, Real Academia Española, Madrid, 1951.
- Lain Entralgo, Pedro, *Los veintidós libros de los ingenios y máquinas de Juanelo Turriano*, [1564-1575?], reflexiones de José Antonio García-Diego, Fundación Juanelo Turriano, Ediciones Doce Calles, Madrid, 1996, (cinco tomos de la copia facsimilar, dos volúmenes de interpretación, comentarios y un glosario).
- Ibidem*, libro cuarto, f. 50r.
- López de Arenas, Diego, *Tratado de alarifes*, Sevilla, 1633, f. 49v.
- Obras de fray Andrés de San Miguel*, introducción, notas y versión paleográfica de Eduardo Báez Macías, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas, 1969, p. 223.
- Nebrija, Elio Antonio de, *op. cit.*
- García Salinero, Fernando, *op. cit.*, "Cartabón. (Art. y Of.). Tablilla en forma de triángulo rectángulo que sirve para tomar medidas y para los cortes de piedras y maderas. Figura de dicho instrumento.", 1601, Rosal (Zor...1758) 88: "Cartabón dicen ser Arab. y que suena lo mismo que quarte del círculo. Yo tengo que es Cartabona. que así llama el it. al famoso y excelente pergamino", 1632, D.L. Ar. (1867), 41: "...Todos los triángulos o cartabones se componen de tres líneas que geoméricamente se dicen [sic] Cathecus", Etim. Seg. G. Diego, del it. *quarto bono*: para Cor. del lat. *quartus* pasó al verbo *cat. escartar* y de allí *escartabont*, para este último autor, ya se halla cartabón en las obras de Alfonso el Sabio, h. 1256.
- Vitruvio Polión, Marco, *M. de Architectura*, En el *Vocabulario* de Nebrija: "Regla de carpintero *amussis*. *Amussis*-is. Regla, nivel. // Fig. *ad amussim*, exactamente.", Joan Corominas y José A. Pascual, *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*, Gredos, Madrid, 1980 (V. Dicionarios 7), Amuso: "Losa de mármol sobre cuya superficie se trazaba una rosa de los vientos; del lat. *amussis*, regla escuadra".
- Palladio, Andrea, *I Quattro libri dell'Architettura*, reproducción facsimilar de la obra hecha en Venecia por Dominico de Franceschi, Hoepli Editore, Milán, 1976, libro Terzo, cap. III, p. 11. Trata de aquello que en la fabricación de los puentes se debe observar y del sitio que se debe elegir.
- Ibidem*.
- Ibidem*, p. 435.
- González Ochoa, César, *Música congelada. Mito, número, geometría*, Ubari Ediciones, México, 2003, pp. 49 y 55. La *vesica piscis* se define como el espacio compartido por la intersección de dos círculos con un mismo diámetro, así como el lugar común donde nacen las formas geométricas.
- Lain Entralgo, Pedro, *op. cit.*
- Durero, Alberto, *Intenciones de geometría*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1984.