

627.106972
P45

09899

COMISION NACIONAL
DEL AGUA



*Historia de la hidráulica
en México:
Abastecimiento de agua
desde la época prehispánica
hasta el Porfiriato*

M. en I. Patricia Peña Santana

Dr. Enzo Levi



SERIE DIVULGACION 25

09899

CNA
COMISION NACIONAL
DEL AGUA



*Historia de la hidráulica
en México:
Abastecimiento de agua
desde la época prehispánica
hasta el Porfiriato*



M. en I. Patricia Peña Santana

Dr. Enzo Leví

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL AGUA

ABSTRACT

An account is given of the most important Mexican hydraulic works from prehispanic to Porfirio Díaz times, passing through transition, viceregal and independent epochs, supported on the analysis of documental information, interviews and sometimes direct corroboration on water works vestiges.

In relation to the first period, the Tenochtitlan aqueducts, the ingenious "chaltuns" concocted by Mayans to retain rain water, and primitive works at Puebla and Guerrero states are described; also the impressive Nezahualcoyotl aqueduct is included, although its aim was not to provide drinking water to Acolhua dominions.

Afterwards, in the transition period that includes Cortés' captaincy and various Audiencias, until viceroyalty was established, repairs and enlargements of Chapultepec aqueduct are mentioned, and the first measures taken to avoid the inveterate water robberies at Mexico City open water conduits are also described. Then an account is given of the wonderful aqueducts, mainly built by friars at viceroy times. Finally, considering the period from the Independence until the Porfirio Díaz regime, surveys to determine aqueduct conditions, their repairs, demolition, and transformation into more hygienic works such as pipe systems, are mentioned.

RESUMEN

Con base en el análisis de información documental escrita, entrevistas y en ocasiones corroborando vestigios, se reseñan las principales obras hidráulicas desde la época prehispánica hasta el porfiriato, pasando por las épocas de transición, virreinal e independiente.

De la primera época se describen los acueductos de Tenochtitlan, los ingeniosos chultunes construidos por los mayas para captar agua de lluvia, las obras de los estados de Puebla y Guerrero y el grandioso acueducto de Nezahualcóyotl que, aunque no fue hecho precisamente para surtir de agua potable al señorío de Acolhua, dada su importancia se incluyó.

Posteriormente, en la época de transición, llamada así por la falta de definición de un Gobierno, ya que primero hubo una capitania al mando de Hernán Cortés y luego varias Audiencias hasta que se implantó el virreinato, se habla de las reparaciones y ampliaciones al acueducto de Chapultepec y de las primeras medidas tomadas para evitar los robos de agua con los que siempre se batalló en las atarjeas descubiertas de la ciudad de México. Se describen las sorprendentes vías construidas, principalmente por religiosos durante el virreinato y las vicisitudes por las que pasaron. Finalmente, se mencionan los reconocimientos que se hicieron a los acueductos de la ciudad de México para determinar su estado, las reparaciones a éstos y otros, así como su desaparición o transformación en obras más higiénicas, como los sistemas de tuberías realizados durante la época independiente y el porfiriato.

INTRODUCCIÓN	1
1. ÉPOCA PREHISPÁNICA	3
1.1 México - Tenochtitlan	3
1.2 Región maya	14
1.3 Cholula	16
1.4 Señorío de Acolhua	18
1.5 Teopantecuantitlan	26
2. ÉPOCA DE TRANSICIÓN	27
3. ÉPOCA VIRREINAL	31
3.1 Acueductos primitivo de Belén, de Chapultepec (Santa Fe) y de Tlatelolco	31
3.2 Acueducto de Belén	48
3.3 Acueducto de Guadalupe	52
3.4 Acueducto de Morelia	59
3.5 Acueducto de los Remedios	69
3.6 Acueducto de Zempoala	76
3.7 Acueducto de Querétaro	85
3.8 Acueducto de Chihuahua	89
3.9 Acueducto de Oaxaca	90
3.10 Acueducto de Puebla	90
3.11 Acueducto de Guadalajara	91
3.12 Acueducto de Xalpa	92
3.13 Acueducto de Churubusco	97
3.14 Acueducto de Huejotzingo	99
3.15 Acueducto de San Angel	99
3.16 Acueducto de San Andrés Chalchicomula	101
3.17 Acueducto de Chiconcuac	102
3.18 Otros acueductos	102
3.19 Notas de fray Andrés de San Miguel sobre técnicas para conducir el agua	104
4. ÉPOCA INDEPENDIENTE	113
4.1 La ciudad de México	113
4.2 Acueducto de Morelia	153
4.3 Acueducto de Zempoala	154
4.4 Acueducto de Querétaro	155
4.5 Acueducto de Guadalajara	155
4.6 Acueducto de Xalpa	156
4.7 El abastecimiento en San Luis Potosí	156
4.8 El abastecimiento en Guanajuato	157
4.9 El abastecimiento de Puebla	157
4.10 El abastecimiento de Veracruz	158
4.11 El abastecimiento en Monterrey	158
NOTAS	159
BIBLIOGRAFÍA	163

INTRODUCCIÓN

Los primeros pobladores del territorio hoy conocido como México, que lograron asentarse y florecer, fueron los que se ubicaron a orillas de los lagos, lagunas, ríos, etc. Posteriormente, aparecieron otros que con mucho ingenio vieron la posibilidad de traer agua a sus tierras, y fueron los iniciadores de la hidráulica en México. Estos pioneros tuvieron que enfrentarse a grandes problemas para aprovechar el agua y defenderse contra ella, como consecuencia de la distribución tan irregular de la precipitación en el país.

Poco a poco aprendieron a dominar el agua, que les ayudaba a conseguir alimento, y con el alimento, la vida, pero también supieron temerle, pues así como ésta favorecía su vida, se la podía arrebatar si se interponían en su camino y no tomaban las debidas precauciones, respetando lo impredecible de su comportamiento en las avenidas.

Desarrollaron ingeniosas técnicas, legadas de generaciones, que les permitían aprovechar directamente el agua en su morada, o bien retenerla mediante presas, y conducirla hasta aquellos lugares donde el hombre la necesitaba para convertirla en su mejor aliada.

Dado que la evolución de la hidráulica en México ha estado directamente vinculada a la del país, se hace necesario meditar acerca de lo que los antiguos nos heredaron, saber cuáles fueron los problemas a que se enfrentaron en su tiempo; en fin, conocer bajo qué circunstancias surgieron sus obras y qué necesidades debieron satisfacer.

México tiene una tradición de constructores de obras hidráulicas digna de ser conocida y difundida; es común que uno conozca y admire obras extranjeras, sin saber que las realizadas aquí, como los monumentales acueductos de Zempoala, Querétaro, Morelia, Estado de México y Zacatecas, entre otros, y el muy elogiado sistema de abastecimiento dirigido por el Ing Marroquín de la época del Porfiriato, han competido, en su tiempo, y aún ahora, con las mejores del mundo. Esto, por lo que respecta al agua potable, pero existieron además otras obras hidráulicas con fines diversos que fueron únicas en su género, como las del desagüe del valle de México.

Mucha de la información en que se apoyó este trabajo se obtuvo con materiales documentales, de los cuales algunos se encuentran en el extranjero, por lo que fue necesario acudir a personas que alguna vez los consultaron. Otro recurso fue ponerse en contacto, principalmente, con investigadores de los Institutos de Investigaciones Estéticas, Históricas, Bibliográficas y Antropológicas, todos de la UNAM, afortunadamente personas muy amables y con deseos de colaborar.

Se recurrió también a las bibliotecas, Nacional, del Museo de Antropología e Historia, del Centro de Investigaciones y Estudios

Superiores en Antropología Social, las de los institutos mencionados, y los archivos General de la Nación y de la Ciudad de México, entre otros, donde hay tanto material que no fue posible consultarlo todo, básicamente por falta de tiempo. Conforme transcurría la investigación se vio que la idea inicial era sumamente ambiciosa, sobre todo considerando el tiempo para su realización, de ahí que el tema se circunscribió al abastecimiento de agua potable hasta el Porfiriato. Soy la primera en reconocer las omisiones y posibles inseguridades en este trabajo. Tal vez fue demasiado el espacio dedicado a las obras de la ciudad de México, pero dado que, desde su origen, ha sido el lugar de mayor concentración humana y evolución urbana, es de donde se tiene mayor información.

A pesar de la desproporción en la información, se busca intentar atraer la atención de los ingenieros hidráulicos, encargados de dar soluciones a los problemas técnicos, y de quienes tienen en sus manos las decisiones definitivas para llevar a cabo dichas soluciones, para que reflexionen sobre lo que ha sido el papel de la ingeniería ante la sociedad, ya que desde tiempos remotos y hasta la fecha se han realizado obras hidráulicas con el fin de beneficiar a los habitantes del país y, paradójicamente, a lo largo del tiempo y aún actualmente existen numerosos núcleos que no cuentan con los servicios necesarios, entre ellos el del agua potable. ¿Acaso con todos los conocimientos y adelantos tecnológicos actuales sigue siendo imposible brindar los servicios primordiales, que de alguna manera están en manos de los ingenieros hidráulicos y de quienes toman las decisiones, a fin de satisfacer las demandas de vida de todos los pobladores del territorio nacional?.

Lo anterior no es irrealizable, y si todavía no se ha logrado, ha sido en gran parte por falta de una planeación adecuada para realizar las obras requeridas y, ante todo, por la ausencia de una firme disposición de llevar los servicios hasta los lugares donde son necesarios, ya que, como se encontrará en este trabajo, existen al menos dos ejemplos donde el noble propósito de acarrear agua fue el único factor para realizar obras de gran envergadura, como las ideadas por Francisco de Tembleque y el marqués de la Villa del Villar del Aguila.

Se agradece el patrocinio otorgado para la realización de este estudio por el convenio CONACyT-SARH-UNAM.

Se reconoce la colaboración de las Dras Linda Manzanilla y Teresa Rojas, la Lic Raquel Pineda, la Mtra Martha Fernández, los Ings Francisco Torres H y Jaime Tinoco, quienes proporcionaron literatura sobre el tema; asimismo la de los encargados de los archivos, General de la Nación y de la Ciudad de México, y los de las bibliotecas consultadas.

De manera muy especial se expresa agradecimiento al Lic Roberto Llanas por su dedicación a la revisión de este trabajo y sus valiosos comentarios, así como al Lic Jorge Velez por las fotografías que tomó para ilustrar el mismo.

1. ÉPOCA PREHISPÁNICA

1.1 México-Tenochtitlan

Una urbe entre el agua

Cuando en 1325 una tribu errante proveniente de Aztlán, Nayarit*, se estableció en un islote donde, según la leyenda, encontró la señal prometida por su dios Huitzilopochtli -un águila sobre un nopal devorando una serpiente- nadie hubiera podido imaginar el origen de un gran señorío, que desde ese momento ligó su destino al agua que, por una parte, le ofrecía sustento y vida, y, por otra, le amenazaba continuamente con robarle lo mismo que le brindaba.

Los integrantes de dicha tribu, primeros pobladores de Tenochtitlan, recurrieron a la laguna y a los manantiales más cercanos del lugar donde se asentaron, para abastecerse de agua. Al respecto, el primer manantial del que dispusieron se conoció como tozpalatl (que quiere decir agua amarilla (2)), y estaba en lo que después sería el centro ceremonial (3).

Sin embargo, al aumentar la población y ampliarse el área urbana estas fuentes ya no fueron suficientes, por lo que se vieron obligados a conseguir agua de otro lugar; la traían en canoas, lo que resultaba un procedimiento lento (4).

Fue entonces cuando la necesidad de una obra hidráulica se impuso.

Primer acueducto de Chapultepec

En el año de 1418 cuando Chimalpopoca estaba al frente del señorío azteca, se asesoró de su pariente Nezahualcóyotl para llevar a cabo la construcción del acueducto que transportaría las aguas del manantial de Chapultepec hasta el centro de la urbe. El asesoramiento de Nezahualcóyotl, señor de Texcoco y descendiente de los chichimecas, fue porque él conocía al detalle las obras hidráulicas hechas desde la época de Xólotl (?-1232) y sabía las técnicas de construcción de los acueductos, llamados apipolalli, acequias o apantl, así como de presas o de estanques, conocidos como tlaxquilacaxtli (5). Dicha habilidad, aunada a su perspicacia, quedó demostrada en el trazo y construcción del acueducto de Chapultepec, con lo que se dio a conocer como un gran ingeniero hidráulico, cuya fama se incrementó con obras posteriores.

El padre Durán informa así acerca de la construcción del acueducto:

*La localización de la patria primitiva de los aztecas ha causado innumerables controversias; de acuerdo con Gutierrez Tibón (1), entre otros, Aztlán se encontraba en Nayarit, a los 22 de latitud norte.

"Con gran cuidado y prisa hicieron la base para el acueducto formando balsas de carrizos y morillos que fueron fijados al fondo de la laguna por medio de estacas y hundiéndolas cargados de céspedes, piedras y lodo; estas bases se alinearon dejando espacios o cortaduras para la circulación de las aguas de la laguna. Ya fijadas y asentadas las bases, construyeron en la parte superior el caño, de barro reforzado con estacas y morillos, por no tener piedra ni cal; este barro era compactado a golpes formando un caño de una sola pieza; en las cortaduras colocaron piezas de árboles ahuecados con fuego" (6).*

La fig 1 muestra un corte transversal y uno longitudinal del acueducto. En el primero se aprecia la balsa de carrizos y morillos, mencionada por el padre Durán, que formaba una especie de dique en medio de la laguna donde se apoyaba el conducto de barro que transportaba el agua a mayor altura que la de la laguna. En el corte longitudinal se observa una de las cortaduras que atravesaban transversalmente el dique, permitiendo así el paso de embarcaciones y la intercomunicación de las aguas de la laguna que quedaban a los lados del dique. Además, se muestran los troncos ahuecados que se colocaban a la altura del conducto de barro para transportar las aguas, y las vigas que se disponían paralelas a dichos troncos ahuecados, para el paso de peatones.

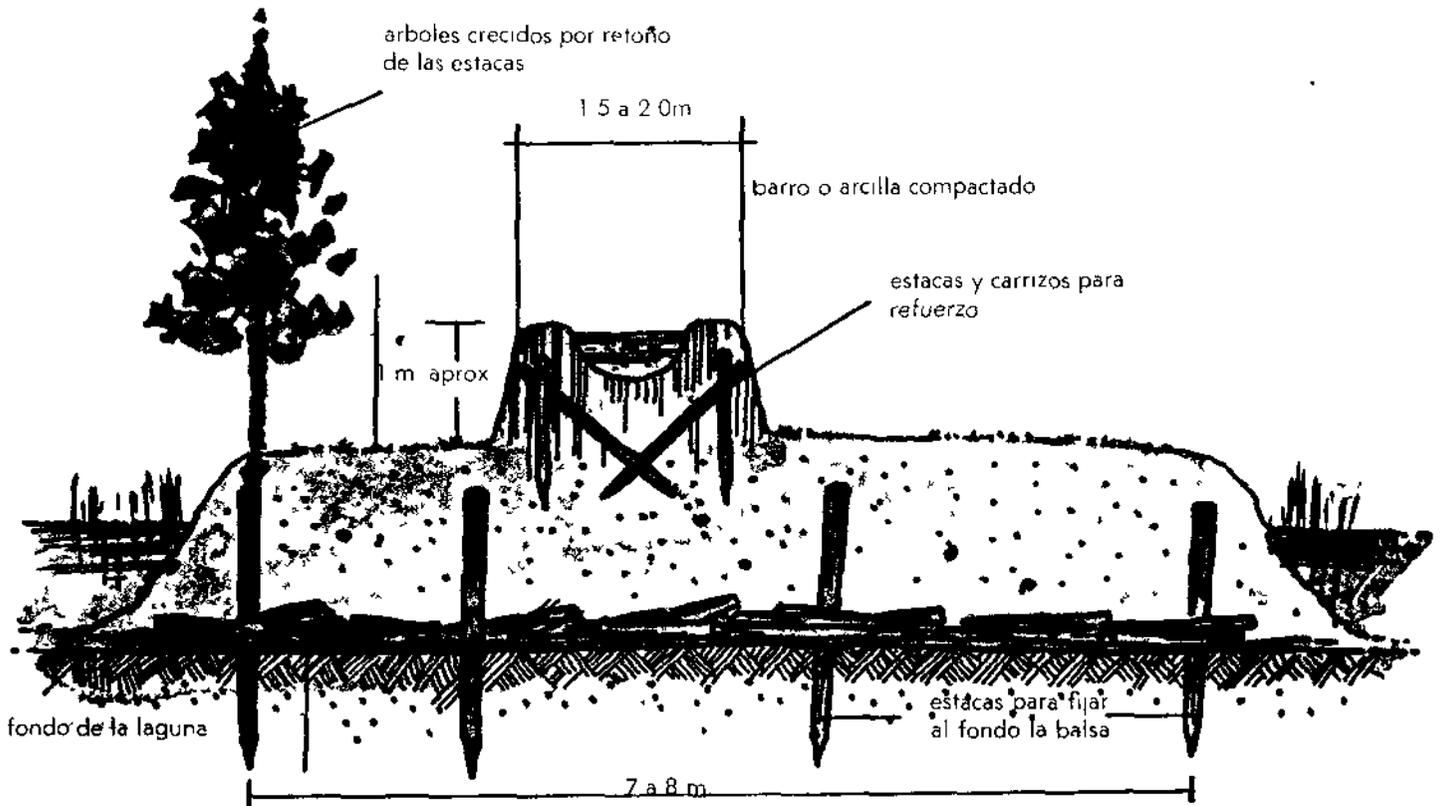
Castañeda escribió que "los movimientos de la laguna y lo débil de la construcción impidieron el suministro constante de tan preciado líquido " (7) y como " no contaban con materiales necesarios para realizar la construcción de un caño que superara las deficiencias del terreno" (7), los aztecas solicitaron a su señor Tezozómoc, abuelo de Chimalpopoca y señor de Azcapotzalco, les facilitara madera de estacas, piedras, cal y mano de obra que les ayudara a la edificación de un caño de mampostería. Pero al consultar Tezozómoc la petición con los señores de su gobierno estos se encolerizaron, y no sólo se rehusaron a ella, sino que la consideraron insultante, y como respuesta difundieron la orden de que nadie debía colaborar con los aztecas, ni introducir mercaderías o víveres a su territorio, so pena de muerte (8). Así las cosas, el acueducto de barro se fue erosionando por las mismas aguas que conducía, hasta quedar finalmente destruido durante la terrible inundación de 1449 (6).

Reconstrucción del acueducto de Chapultepec

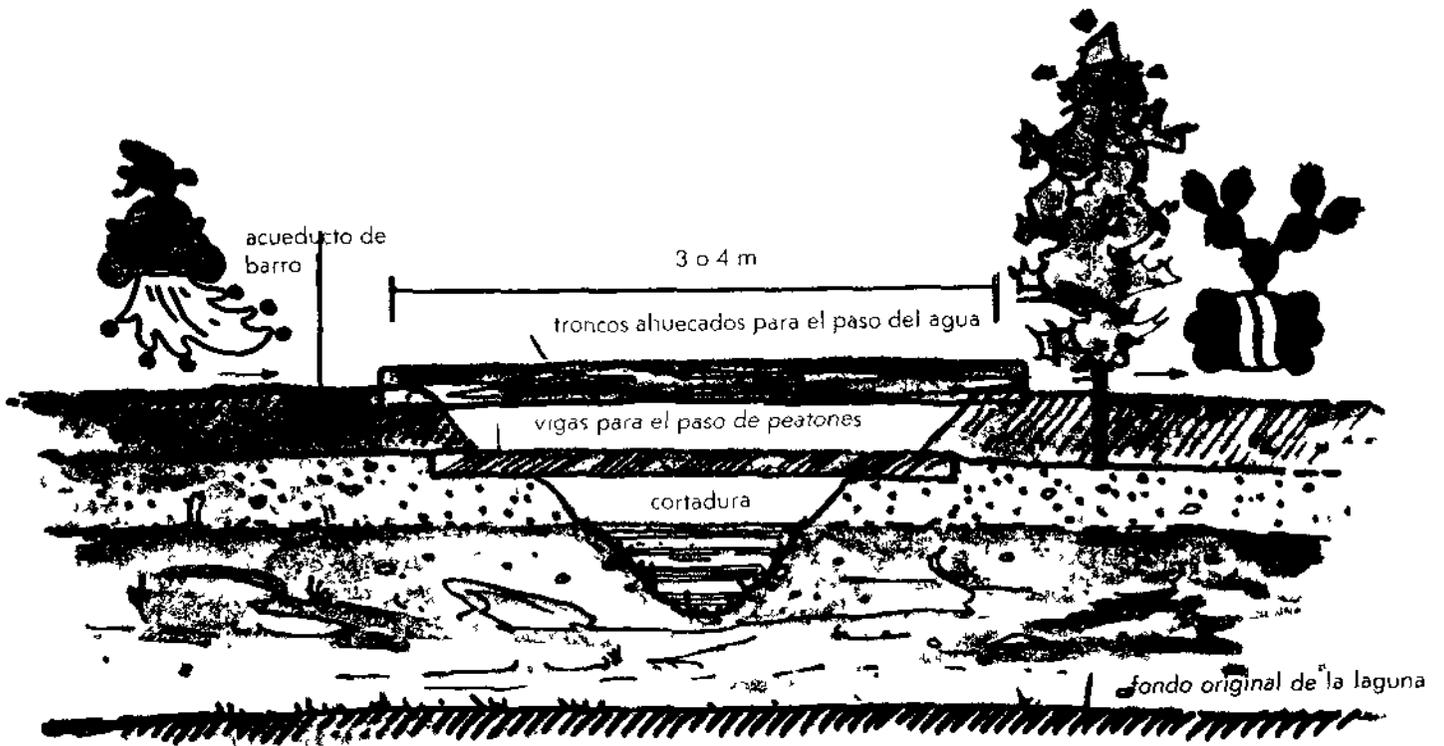
Moctezuma I, que gobernaba en aquel entonces en Tenochtitlan, pidió a Nezahualcóyotl su apoyo, y éste en 1465 inició la reconstrucción del acueducto respetando el trazo que él mismo había hecho casi medio siglo antes.

Ese nuevo acueducto, según Sonia Lombardo, " Iba [. . .] de Chapultepec, hacia el norte, por la actual calzada de Melchor Ocampo, hasta llegar a donde desemboca la calzada de Tacuba y continuaba hacia el oriente, atravesando el lago de México

* En esta y toda las citas se ha respetado la redacción original.



TRANSVERSAL



LONGITUDINAL

Fig 1. Acueducto y calzada contruida por Chimalpopoca (SRH)

(fig 2). Al llegar a la ciudad, el caño se hacía subterráneo y el agua se repartía por diversas partes para ser usada por los pobladores, siendo la principal alcantarilla la que desembocaba en el centro ceremonial. Algunos canales entraban a las casas de los nobles para surtir sus estanques. En excavaciones recientes, en la línea 2 del Metro, se encontró el corte de un canal prehispánico que corría en sentido oeste a este y que parece dirigirse a lo que era el predio de las casas nuevas de Moctezuma" (9) (fig 3).

Por su parte, Ignacio Alcocer detalla un poco más la ubicación de la vía de agua al decir que "seguía por el borde de la laguna, a la orilla oriental de lo que hoy es calzada de la Verónica (actual Melchor Ocampo); torcía en Tlaxpana, continuaba por la calzada de Tacuba, hasta frente al actual edificio de Correos, en donde las canoas tomaban el agua potable para venderla por la ciudad [. . .] De la esquina de la calle Mariscal, hoy Aquiles Serdán con Tacuba, llevaban el agua potable hasta el teocalli principal y palacios reales" (10).

El acueducto tenía aproximadamente 5 km de longitud y un estado de altura*.

La reconstrucción del acueducto se hizo con mampostería, tardando aproximadamente un año, y quedó tan resistente que con pocas reparaciones subsistió hasta años después de la conquista. El nuevo diseño tuvo entre otras innovaciones de ingeniería dos caños paralelos; uno operaba regularmente, y el otro como reserva, y se usaban alternadamente en caso de reparación o limpieza (fig 4).

Hernán Cortés, en su Segunda Carta de Relación al emperador Carlos V, del 30 de octubre de 1520, describió el acueducto así: " Por la una calzada que a esta ciudad entran vienen dos caños de argamasa, tan anchos como dos pasos cada uno, y tan altos como un estado, y por el uno de ellos viene un golpe de agua dulce muy buena, del gordor de un cuerpo de hombre, que va a dar al centro** de la ciudad, de que se sirven y beben todos. El otro, que va vacío, es para cuando quieren limpiar el otro caño, porque echan allí el agua en tanto que se limpia; y porque el agua ha de pasar por los puentes a causa de las quebradas por do atraviesa el agua salada, echan la dulce por unas canales tan gruesas como un buey, que son de la lengua de las dichas puentes, y así se sirve toda la ciudad" (11).

El acueducto atravesaba numerosos canales, en los cuales trabajaba un cuerpo de aguadores; unos sacaban el agua del caño, en lo alto, y la vaciaban en las canoas de otros, que iban a la ciudad a venderla. Esta forma de abastecer a los habitantes de la ciudad en sus casas continuó hasta la época de transición y buena parte de la virreinal. Hernán Cortés, en la carta mencionada, respecto a los aguadores escribió:

*Aproximadamente 1.60 m.

**En la referencia por error tipográfico dice cuerpo.

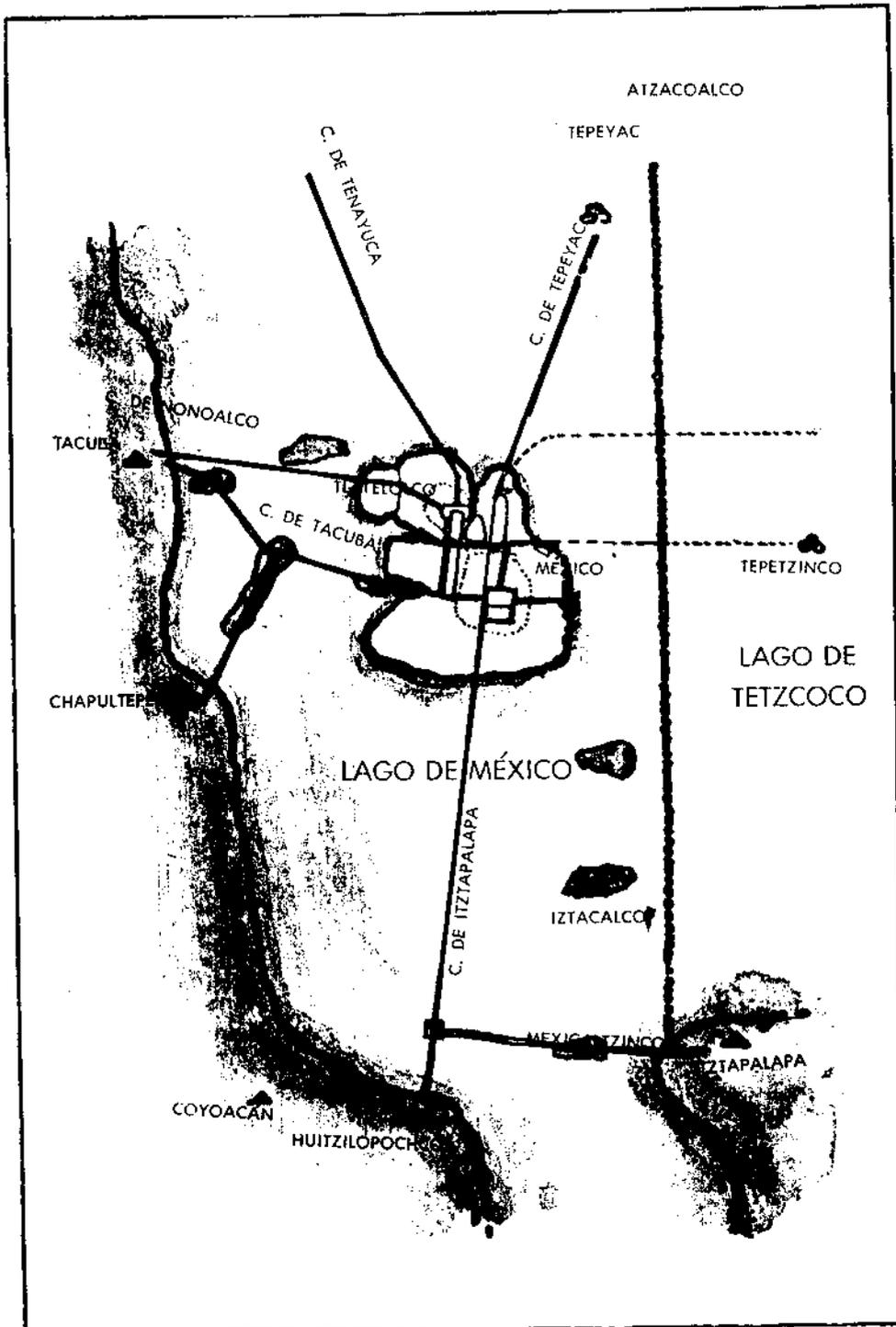


Fig 2. Croquis del lago de México donde se aprecia la ubicación del acueducto de Chapultepec (SRH)

RESCATE ARQUEOLÓGICO DEL METRO
S. T. C. - D6 Ø
ACUEDUCTO PREHISPÁNICO
PLANTA Y CORTE

∞

Levantó: PEDRO MAYER

PEB. 1970

Dibujó: ABRAHAM CARRO

ESC. 1.10



MURO MILÁN SUR

CORTE A - B

TIERRA SUELTA

TIERRA SUELTA

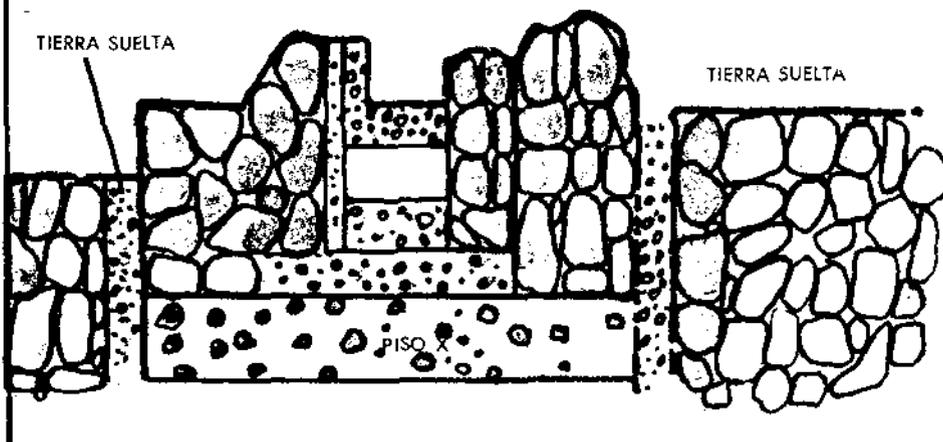
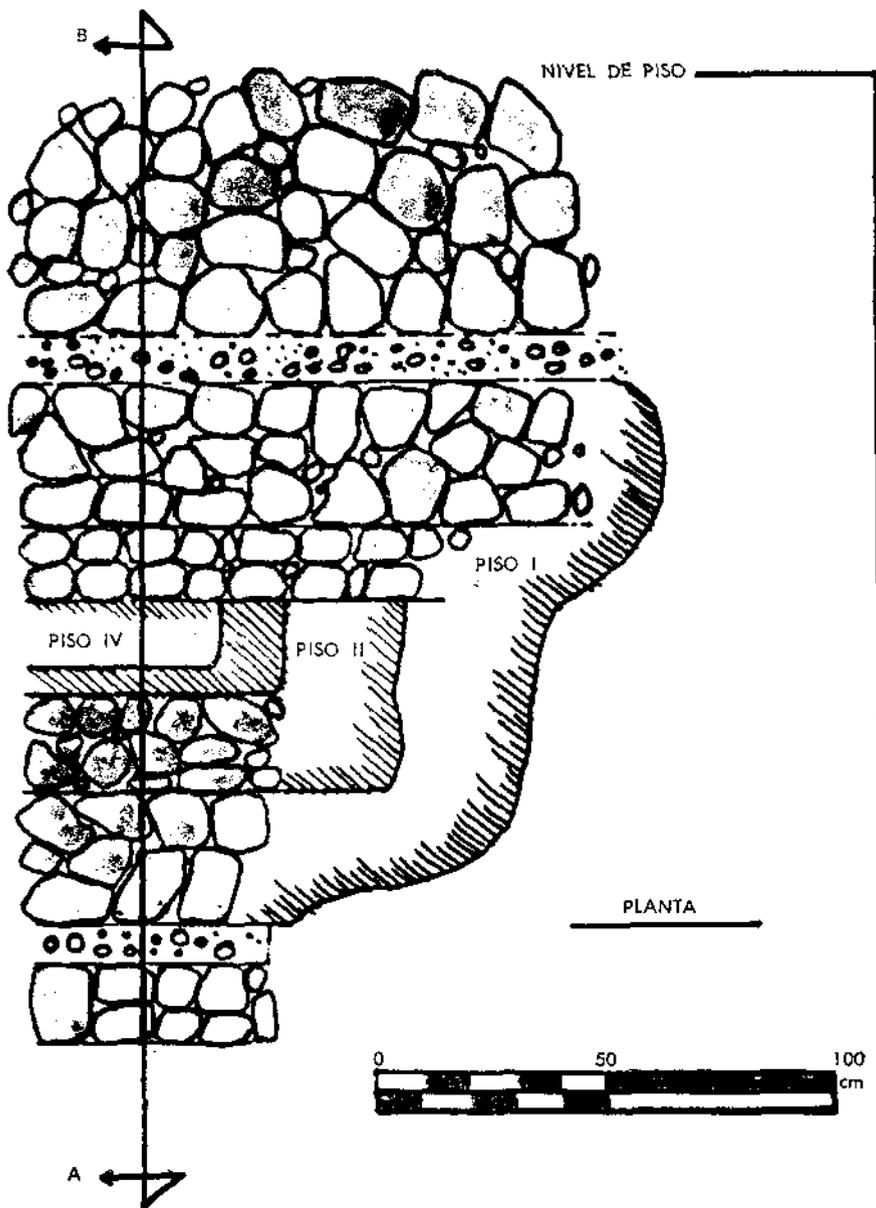
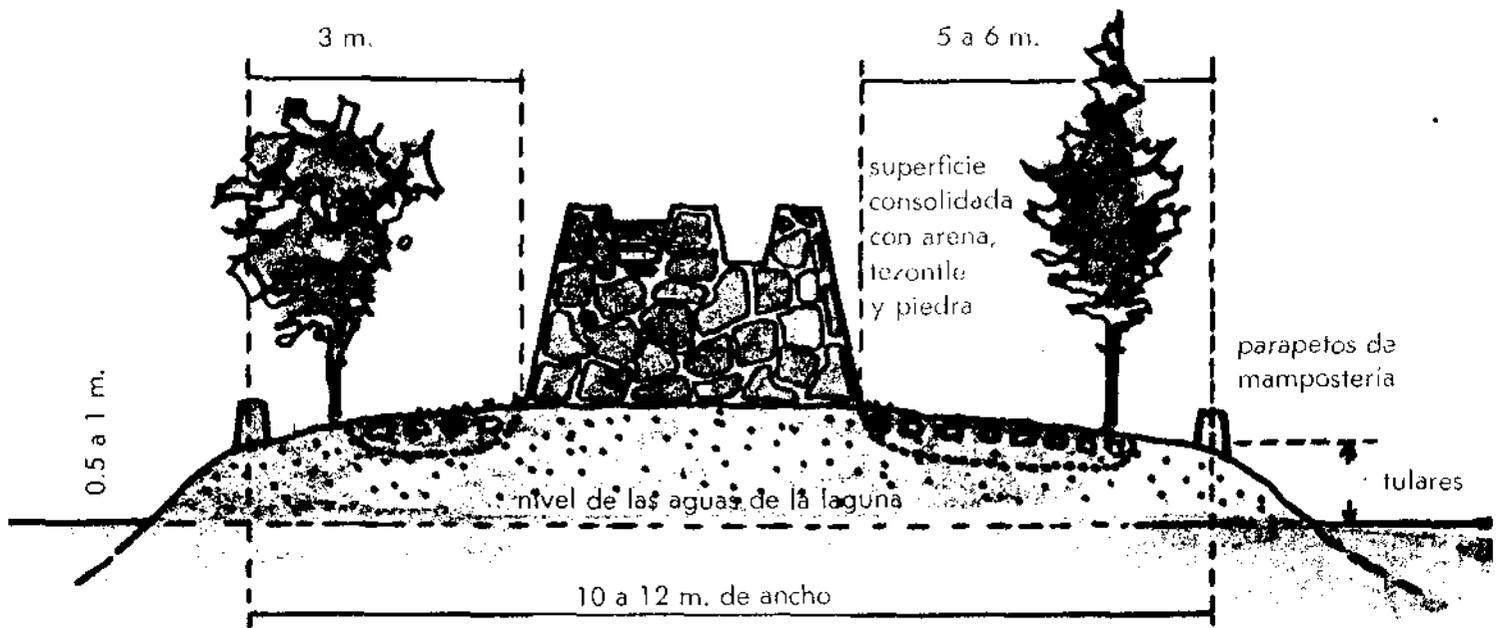


Fig 3. Corte del acueducto de Chapultepec en la calle de Tacuba, descubierto en las excavaciones del Sistema de Transporte Colectivo (Metro)



CALZADA Y ACUEDUCTO

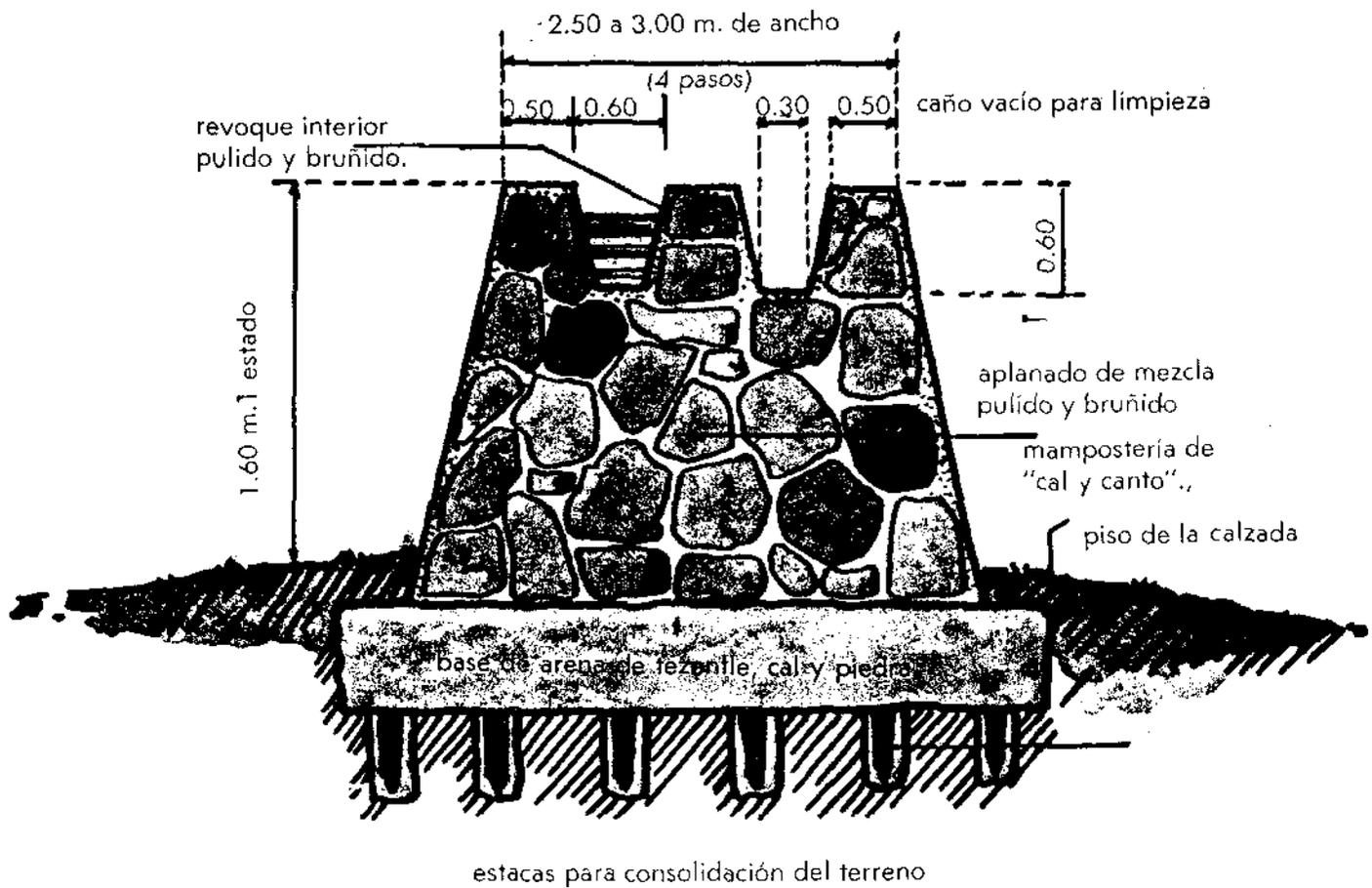


Fig 4. Detalle de los dos caños, acueducto de Chapultepec a Tenochtitlan (SRH)

" Traen a vender el agua por canoas para todas las calles, y la manera de cómo la toman del caño es que llegan las canoas debajo de las puentes, por do están las canales, y de allí hay hombres en lo alto que hinchen las canoas, y les pagan por su trabajo" (11).

El agua de Coyoacán y Churubusco llega a la ciudad

El acueducto de Chapultepec abasteció sin problemas a la ciudad hasta que durante el gobierno de Ahuizotl, con los grandes sembrados de granos, flores y árboles que mandó hacer, en cuyo riego se consumía mucha agua, el manantial se volvió insuficiente, por lo que Ahuizotl consultó con sus técnicos la posibilidad de acarrear las aguas de las cinco fuentes que había -según Sahagún-entre Coyoacán y Huitzilopochco (Churubusco), llamadas Acuecuexcatl (agua de las sanguijuelas), Tliatl (agua negra), Huitzilatl (?), Xechcatl (agua de las ranitas pequeñas y verdes que se crían entre las hierbas) y Coatl (?)* (12).

Al aprobarse su decisión, inmediatamente Ahuizotl pidió a Tzutzuma, señor de Coyoacán, que cediera dichas aguas. Este accedió, no sin antes advertir a Ahuizotl del peligro de inundación que correría la ciudad, pues dichos manantiales tenían aforo irregular, ya que algunas veces era escaso y otras había agua en abundancia. Ahuizotl pensó que eran sólo pretextos, y se irritó de tal forma que no vaciló en mandarlo matar. Cuenta la crónica asociada a este hecho que Tzutzuma era hechicero, y que cuando los ejecutores entraron a la sala que ocupaba para su gobierno, se convirtió en cuauhtli (águila) feroz, provocando el espanto en estos, y su inmediata huida; no obstante, regresaron a su captura; esta vez se transformó en un ocelotl (tigre) enfurecido, que los amenazaba con dientes y garras; volvieron por tercera vez y encontraron una gran coatl (serpiente) enroscada con la cabeza sobre el lomo, que, al acometerla, les arrojó fuego por el hocico, por lo que huyeron y no regresaron más. Entonces Ahuizotl mandó a los pobladores de Coyoacán que le entregasen a su señor, pues de no hacerlo los consideraría rebeldes y acabaría con ellos. Tzutzuma se entregó para evitar la destrucción de su pueblo y fue ahorcado. Al morir, predijo que muy pronto la inundación de Tenochtitlan lo vengaría (13) (fig 5).



Fig 5. Los emisarios aztecas ejecutan al señor de Coyoacán (Soustelle (Durán))

*Muchos autores se referían a estos manantiales únicamente con el nombre de Acuecuexcatl o Acuecuexátl, o bien Acuecuexco.

La construcción del acueducto se inició en 1499 y quedó listo en muy poco tiempo; trabajaron en él miles de indios, sobre todo de los señoríos tributarios de Texcoco, Tacuba, Chalco y Xochimilco; primero construyeron una presa de grandes dimensiones que hizo subir el nivel de los manantiales y luego el caño (12).

Al quedar concluido, en el año de 1500, hubo grandes festejos; el agua se soltó poco a poco y los sacerdotes la iban siguiendo, bebiendo con la mano de vez en cuando de ella, también llevaban música y entonaban cantos como este, dirigido a Chalchiuhtlicue (diosa de las aguas que se mueven), "Seáis, señora, muy bien venida, que vengo a recibiros porque llegaréis a vuestra casa, en el medio del tular, cañaveral México-Tenochtitlan" (14). Fueron sacrificados varios animales y cuatro niños de seis años, hijos de señores principales; también se ofrendaron flores e incienso (15) (fig 6).



Fig 6. Ceremonia con la que los sacerdotes reciben en Tenochtitlan el agua del Acuecuexcatl (DDF [Durán])

Ignacio Alcocer da una idea sobre el trazo que llevaba este acueducto al indicar en qué lugares del trayecto del agua degollaron a los cuatro niños: "uno en Acachinanco, sitio que quedaba un poco más afuera de donde hoy queda la ex-iglesia de San Antonio Abad; otro en el puente de Xóloc, que quedaba en el punto donde hoy se une la calzada de San Antonio Abad y la calle del mismo nombre; otro, en Huitzilán, donde hoy es el Hospital de Jesús (entre Izazaga y Pino Suárez) y el cuarto y último en Tlatelolco" (16).

El agua, que todavía después de los festejos, llegaba en

abundancia y era vista con regocijo por los habitantes de Tenochtitlan, al aumentar de manera increíble su volumen convirtió el gozo en espanto, pues provocó una gran inundación que destruyó casi toda la ciudad.

Supuestas causas de la inundación

Existen tres suposiciones acerca de las causas que provocaron dicha catástrofe:

1. El propio volumen de aguas transportadas por el acueducto construido por orden de Ahuizotl.
2. Que aguas provenientes del lago de Xochimilco se unieron en ciertas partes a las de los manantiales de Coyoacán-Churubusco.
3. Que se presentaron fuertes lluvias, y una tromba entró a la ciudad por el sur, principalmente por el acueducto.

La primera suposición aparece en la mayoría de los escritos que mencionan la inundación, tal vez influenciados por la leyenda que tiene asociada. La segunda, la sustentó el Ing Francisco de Garay y está incluida en la obra de Manuel Marroquín, quien además expresó el siguiente punto de vista "Francisco de Garay supone que los aztecas practicaron sangrías en el dique de Xochimilco y que fueron las aguas del lago las que, unidas a las de los manantiales, bajaron como una torrente sobre la capital y la inundaron. Aunque algunas personas, entre ellas el señor González Obregón, no aceptan la explicación dada por don Francisco de Garay, fundándose principalmente en que los historiadores antiguos describen con toda minuciosidad de detalles el proyecto de Ahuizotl y aun citan los nombres de los manantiales que se intentaron traer a México, parece que pudiera haber alguna razón en la hipótesis del señor de Garay, sobre todo si se tiene en consideración que al traer las aguas de los manantiales de Culhuacán*, debe haberse deprimido notablemente el nivel de las aguas de dichos manantiales y haberse producido poco a poco una fuerte infiltración de las aguas del Lago de Xochimilco en razón de la diferencia de nivel" (17).

Aparentementè, Marroquín apoya la suposición de de Garay, pero tal parece que sólo concuerdan en considerar la influencia de las aguas del lago de Xochimilco en la inundación de la ciudad, aunque en diferente forma, pues uno la atribuye a las sangrías ejecutadas en el dique, y el otro a la infiltración hacia los manantiales mencionados, por la diferencia de niveles.

La tercera corresponde a J.L. Bribiesca, quien después de realizar algunos estudios concluyó que: " Las causas de esta inundación [. . .] fueron bien naturales aunque imprevisibles;

*Marroquín supone que los manantiales se encontraban entre Culhuacán y Mexicaltzingo, y no entre Coyoacán y Churubusco, que es como aparece generalmente en la literatura.

una gran tromba, cebada en aguas de tierra caliente, reventó en las montañas del sur; las lluvias fueron muy copiosas y adelantadas. La inundación tuvo dos fases, una lenta y paulatina que duró cuarenta días, motivada por los fuertes aguaceros, y otra brusca e intempestiva motivada por la tromba, que entró a la ciudad por el sur y principalmente por el acueducto, y que fue la que arrasó palacios, casas, chozas y sementeras" (18).

Posiblemente sea Bribiesca quien tenga la razón en cuanto a las causas que provocaron la inundación de la ciudad. Desafortunadamente parece que dichos estudios no fueron publicados en su artículo.

Se castiga a los manantiales culpables

Regresando a la inundación, causa de que muchas personas perecieran, se encuentra que fue también la que ocasionó la muerte, aunque no inmediata, del mismo Ahuizotl, ya que según Clavijero "hallándose un día el rey en una habitación baja de su palacio entró en ella improvisadamente, en tal abundancia el agua, que apresurándose por el miedo a salir por la puerta, que era baja, se dio en la cabeza un golpe tan fuerte, que después de algún tiempo le causó la muerte" (19). Cuando pasó la inundación, Ahuizotl temió que el pueblo se volviera en su contra, por lo que pidió consejo a Nezahualpilli, señor de Texcoco, quien después de echarle en cara la desgracia que causó a su pueblo por no atender la advertencia de Tzutzuma, asumió la dirección de extraña encomienda en la que "muchos funcionarios fueron sacrificados y sus corazones arrojados a la fuente (los manantiales), juntamente con piedras preciosas, oro y telas bordadas. Luego quince buceadores se zambulleron en el agua y acertaron a tapar las aberturas por donde salía con tanta fuerza. En seguida se construyó una especie de cofre de argamasa para sellar definitivamente esta peligrosa fuente" (20).

Dicho pasaje muestra cómo, a pesar del conocimiento hidráulico que poseían los prehispánicos, las supersticiones y hechos no controlables hicieron abandonar una posible fuente de abastecimiento de agua. Ahuizotl reconstruyó la ciudad, lo que le llevó dos años. Cabe señalar que durante esta tarea se encontró aplicación a la piedra tetzontle, la cual desde entonces fue característica de las construcciones prehispánicas y aun novohispanas.

Cómo dejaron el abastecimiento de agua los mexicanos antes de la conquista

Una urbe más resistente y bonita fue recibida por Moctezuma II de manos de Ahuizotl, quien ya no se preocupó por construir obras para el abastecimiento de agua, pues tal vez el agua del manantial de Chapultepec volvió a ser suficiente; además, es muy probable que haya habido un descenso en la población debido a la gran inundación, pues de acuerdo con Bribiesca (21), el volumen poblacional en ese tiempo debió haber sido de aproximadamente 62000 habitantes. Su estimación está basada en el número de

12400 solares o habitaciones que muestra un plano antiguo de la ciudad, conocido como plano de papel maguay.

No fue sino hasta 1508 cuando Moctezuma II mandó reparar el acueducto de Chapultepec, con lo cual prácticamente se terminó la serie de obras hidráulicas prehispánicas destinadas al abastecimiento de agua en México-Tenochtitlan (22).

1.2 Región maya

Algunos habitantes prehispánicos de la región maya se establecieron cerca de los cenotes (en lengua maya d'zonot significa sumidero) que les daban acceso a las aguas subterráneas; como fue el caso de los de Chichén-Itza, donde contaban con los de Ixtoloc y el gran Pozo de los Sacrificios (23). Pero quienes no podían hacerlo se vieron obligados a construir obras que les permitieran almacenar el agua pluvial para poder subsistir ante condiciones adversas, propias de la zona, agravadas en las estaciones de sequía, que duraban entre 4 y 6 meses.

De acuerdo con los restos arqueológicos, existían dos tipos de obras hidráulicas: las aguadas (o acal en lengua maya, nombre introducido sin duda por los toltecas (24)) y los chultunes. "En cuanto a las primeras, se trata de depresiones formadas por el hundimiento local de las calizas, las cuales fueron aprovechadas, adaptándolas para que en la época de lluvias el agua se depositara y pudiera ser aprovechada en los periodos de escasez. La adaptación podría incluir recubrimientos de estuco, construcción de bordes y accesos y, por supuesto, el mantenimiento de estos trabajos y el desazolve periódico necesario. En cuanto a los chultunes, se trata de oquedades efectuadas por el hombre, que se encuentran a nivel del suelo o bien sobre plataformas o nivelaciones creadas ex profeso. Sus componentes esenciales son: un área mínima de captación, la boca, el cuello (puede carecer de este elemento) y la cámara (fig 7)" (25).

El sistema constructivo de los chultunes era generalmente el mismo, con pequeñas variantes de una región a otra. Cada una de las secciones que los componían, además de su función específica, presentaba un conjunto homogéneo. Para su construcción primero retiraban la capa vegetal; posteriormente, perforaban la roca madre, o materia parental, hasta llegar a un estrato de caliza arenosa, llamado soscab en lengua maya, donde se excavaban el cuerpo del depósito. Después de darle la forma permitida por el terreno, las paredes se recubrían con aplanados de estuco a manera de impermeabilizantes, de una o más capas, con el que representaban seres acuáticos y otros motivos en relieve (fig 8).

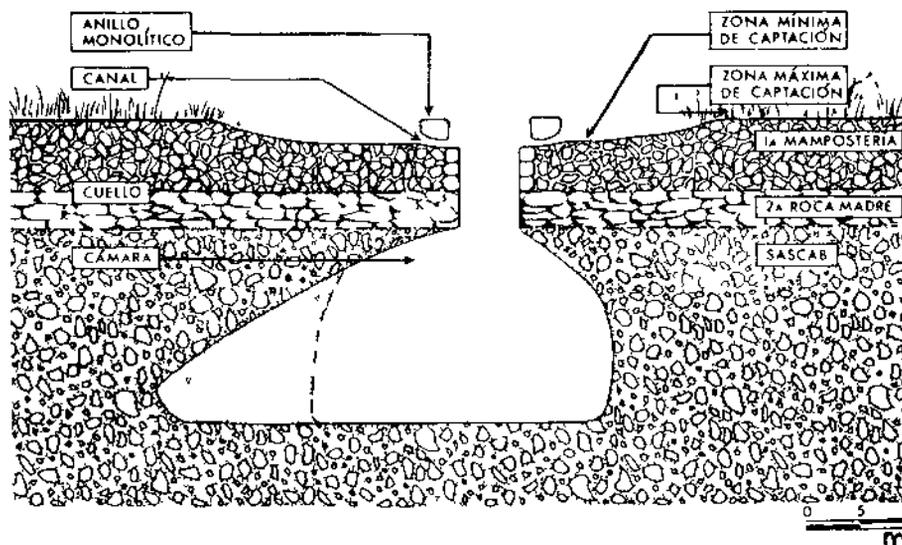


Fig 7. Componentes de un chultún (Zapata)



Fig 8. Relieve hecho con estuco (Zapata)

El cuello en la parte superior, entre la superficie del terreno y la roca madre, formaba una especie de muro de contención. La boca generalmente era de forma circular, de 90 cm de diámetro, aunque también las había rectangulares o que sobresalían en forma de anillo monolítico; este anillo, en ocasiones, tenía cuatro canales que lo atravesaban transversalmente, lo que sugiere que el chultún podía permanecer tapado y el agua le penetraba por estos canales. La fig 9 muestra la secuencia constructiva de un chultún y la fig 10 ilustra un anillo monolítico.

La forma de los chultunes variaba aun en la misma región. Al sur de la Sierrita de Ticul se han encontrado los cuatro tipos siguientes: campaniforme, en forma de botellón, amorfo y bóveda maya. Estos se muestran en la fig 11 (26).

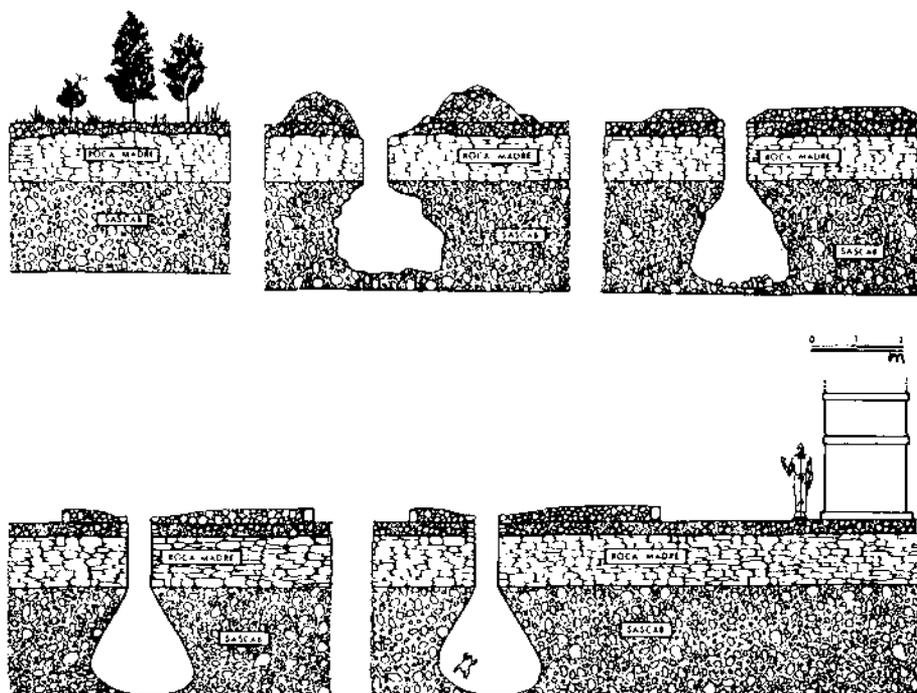


Fig 9. Secuencia constructiva de un chultún (Zapata)

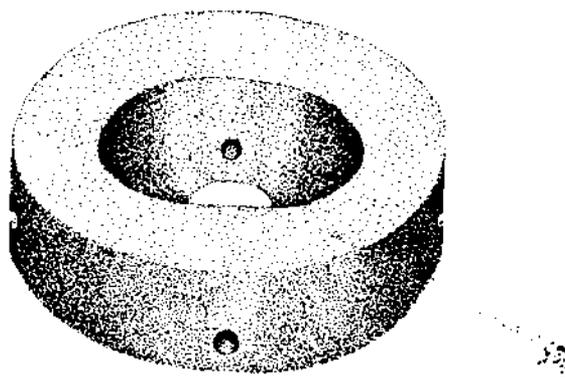
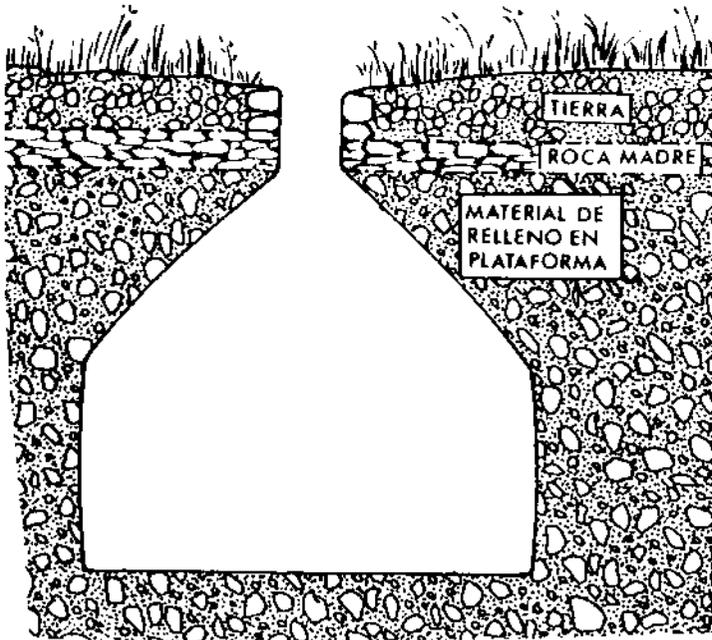


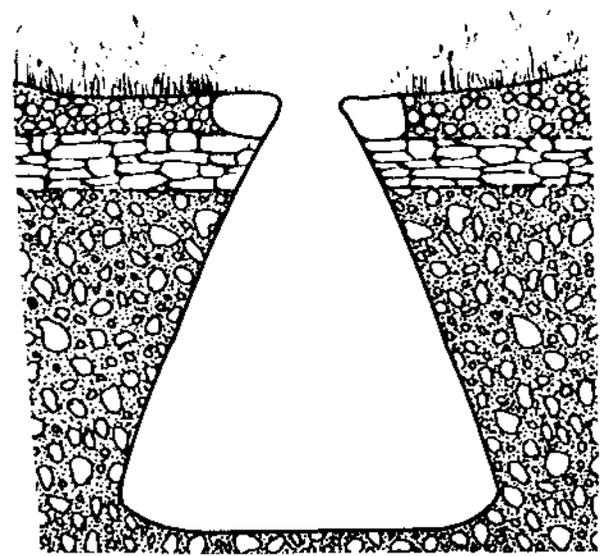
Fig 10. Anillo monolítico (Zapata)

1.3 Cholula

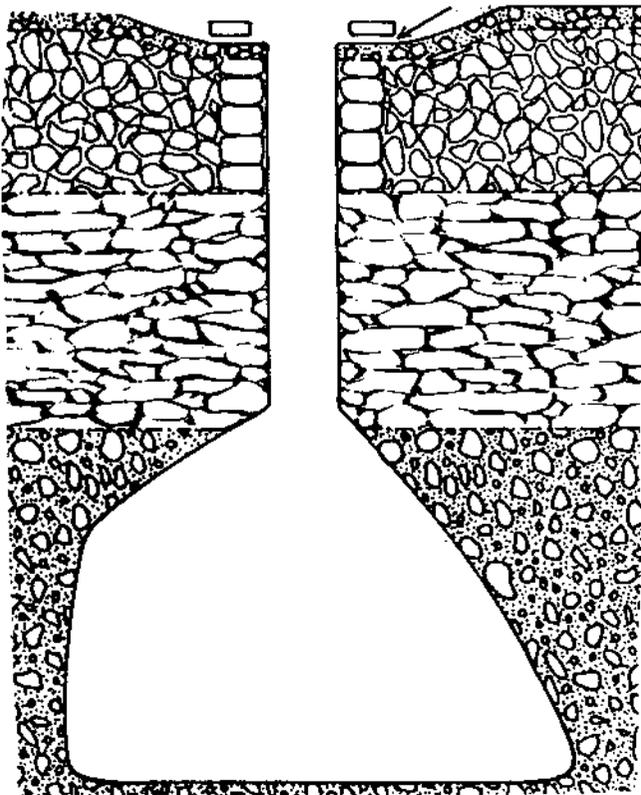
Para el abastecimiento de agua del señorío de Cholula, los prehispánicos construyeron un acueducto monolítico, de barro cocido en sitio, con paredes muy espesas y diámetro interior de 1.80 m. Transportaba los deshielos del Iztaccíhuatl, efectuándose la toma en una laguna de la parte alta, junto a la llamada Cueva de Cholula, y se repartía en San Mateo Xolco, entre Atlixco y Cholula, con obras a propósito. Más abajo había otro surtidor, en Yanhuítlalpan, para Cholula y San Mateo (27).



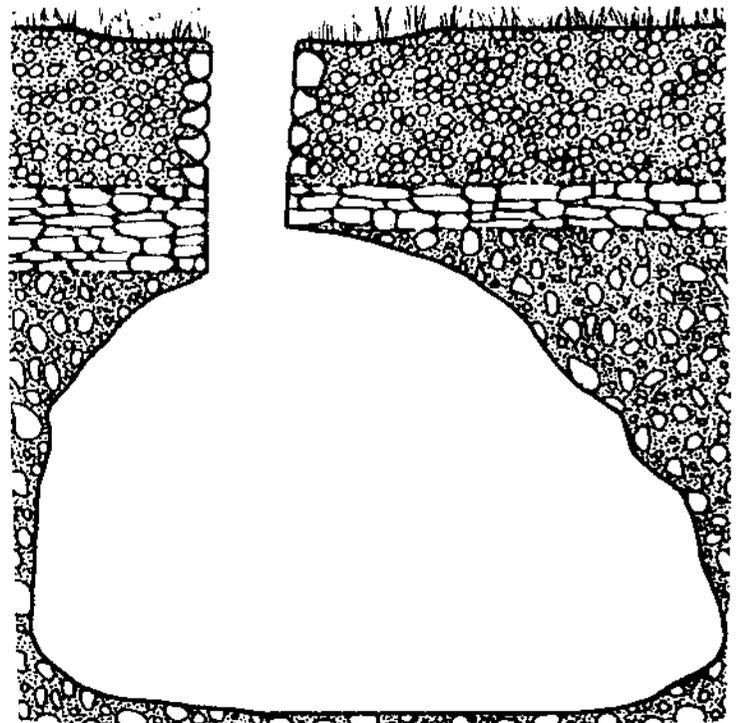
bóveda maya



campaniforme



botellón



amorfo



Fig 11. Tipos de chultunes (Zapata)

1.4 Señorío de Acolhua

Texcoco recurría a pozos para abastecerse (28); sin embargo, Nezahualcóyotl dispuso hacer una sorprendente obra hidráulica, como fue el acueducto que servía para alimentar los baños señoriales y regar los suntuosos jardines. Al respecto, Fernando de Alba Ixtlixóchitl escribió "estos bosques y jardines estaban adornados de ricos alcázares suntuosamente labrados, con sus puentes, atarjeas, acequias, estanques, acueductos, baños y otros laberintos admirables en los cuales tenía plantadas diversidad de flores y árboles de todas suertes y traídos de partes remotas. El más ameno fue el de Tezcotzingo porque además de la cerca que tenía tan grande para subir a la cumbre de él y andarlo todo tenía sus gradas, parte de ellas hechas de argamasa y parte labrada en la misma peña; el agua que se traía para las fuentes, pilas y baños era por caños que se repartían para el riego de las flores y arboledas de este bosque y para poderla traer desde su nacimiento fue hacer fuertes y altísimas murallas de argamasa desde unas sierras a otras, de increíble grandeza y sobre la cual hizo una atarjea hasta venir a dar en los más altos del bosque y las espaldas de la cumbre de él, en el primer estanque de agua estaba una peña, esculpida en ella en circunferencia los años desde que había nacido el rey Nezahualcóyotl hasta la edad de aquel tiempo. [. . .] y de allí se repartía el agua en dos partes que la una iba cercando y rodeando el bosque por el norte y la otra por el sur" (29). De esta descripción se concluye que no se trataba de un único acueducto, sino de todo un sistema, el cual, según Parsons, (30) estaba dividido básicamente en dos; uno que se abastecía de uno o varios manantiales al este de los pueblos de San Gregorio Amanalco y Santa María Temanulco, y corría hacia el oeste de los poblados de Purificación y San Miguel Tlaixpan; el otro que se alimentaba de un manantial permanente ubicado al sur de Santa Catarina del Monte y seguía hasta Huexotla y los baños de Nezahualcóyotl, en Tezcotzingo (fig 12). Las longitudes de tan sólo estos dos acueductos principales, sin contar los pequeños canales que de acuerdo con Parsons eran numerosos (31), eran de aproximadamente 20 km el primero y poco menos el segundo (fig 13). A Edward Tylor, cuando en 1861 informó sobre su visita al cerro de Tezcotzingo, le pareció "un acueducto de inmenso tamaño" (32).

Por lo que respecta al acueducto que alimentaba a los famosos baños, quizá lo más sorprendente, aparte de su longitud, sean los dos grandes terraplenes para salvar las hondonadas. Al parecer, Tylor únicamente vio uno de estos, pues escribió "el canal no está montado sobre arcos, sino sobre un talud macizo de ciento cincuenta a doscientos pies de alto y del ancho de una rodada de carruaje" (32). Posiblemente, se refiera al terraplén que se encuentra más alejado del Tezcotzingo, porque éste es mayor al más cercano; sus datos parecen exagerados, ya que actualmente mide aproximadamente 15 m de altura y poco más de un metro de ancho (fig 14).

Sobre el terraplén mayor existen vestigios de canales superpuestos; Parsons encontró hasta seis (fig 15).

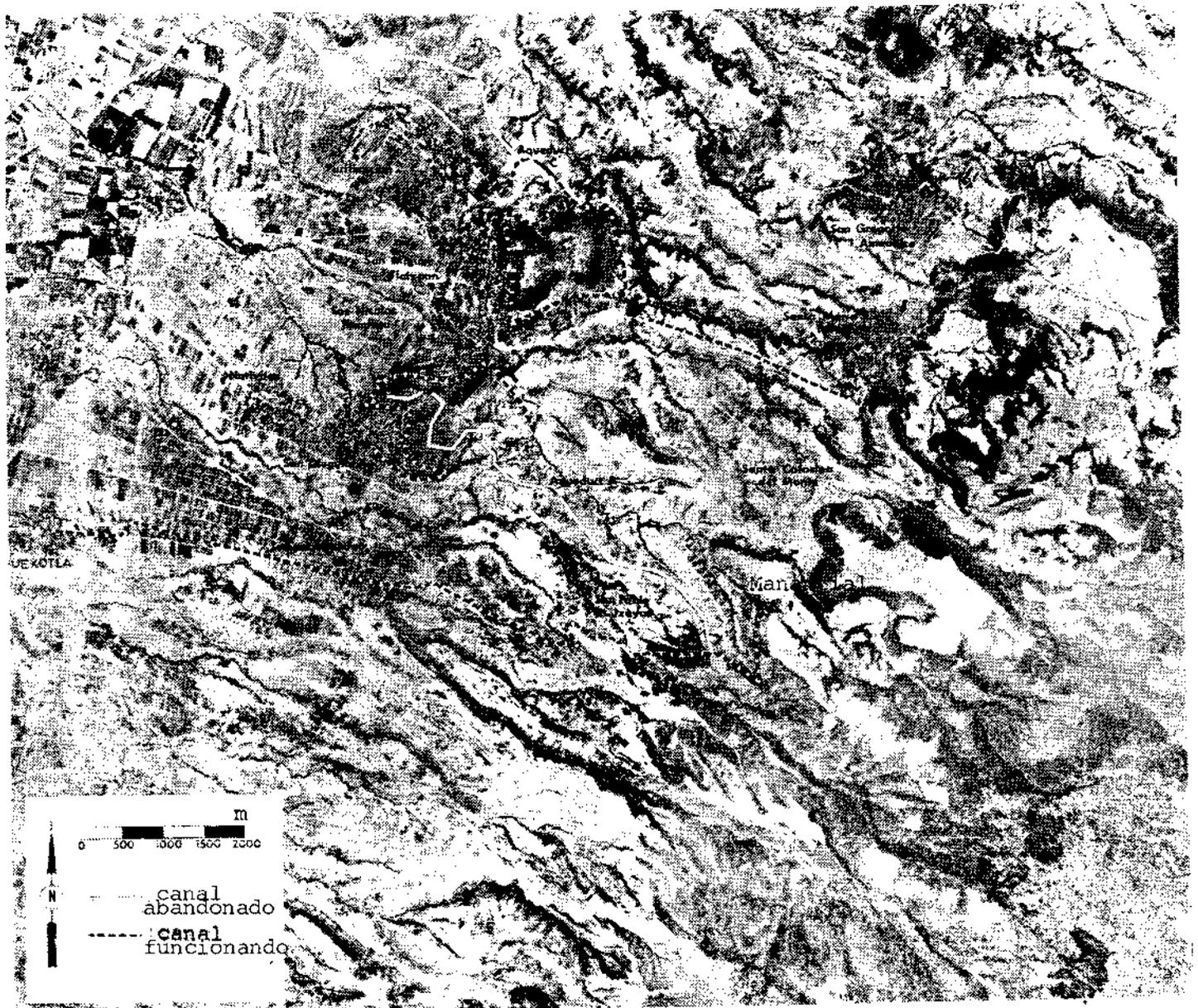


Fig 12. Aerofoto de la ubicación de los acueductos de Texcoco (Parsons)

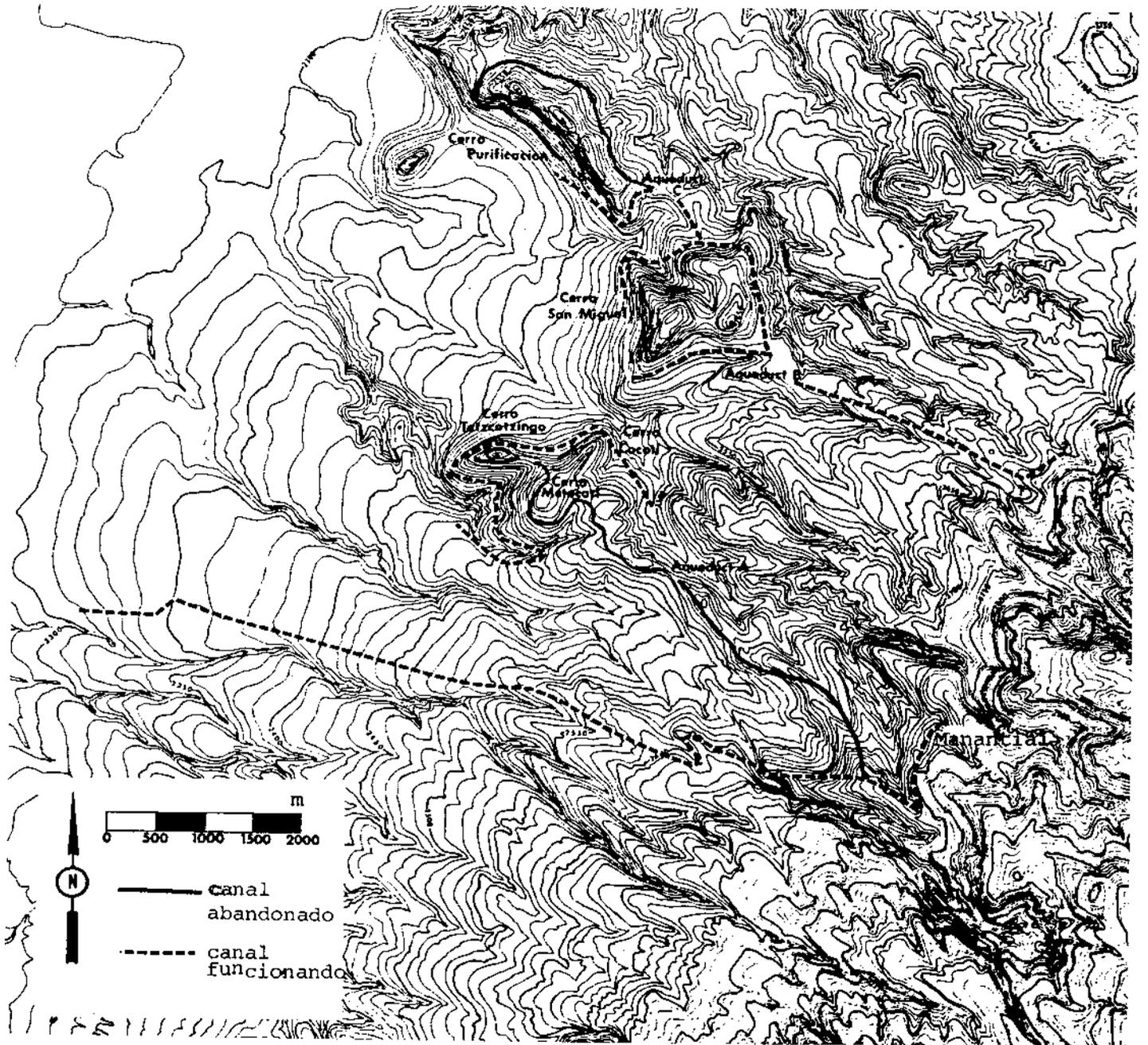


Fig 13. Ubicación de los acueductos (Parsons)

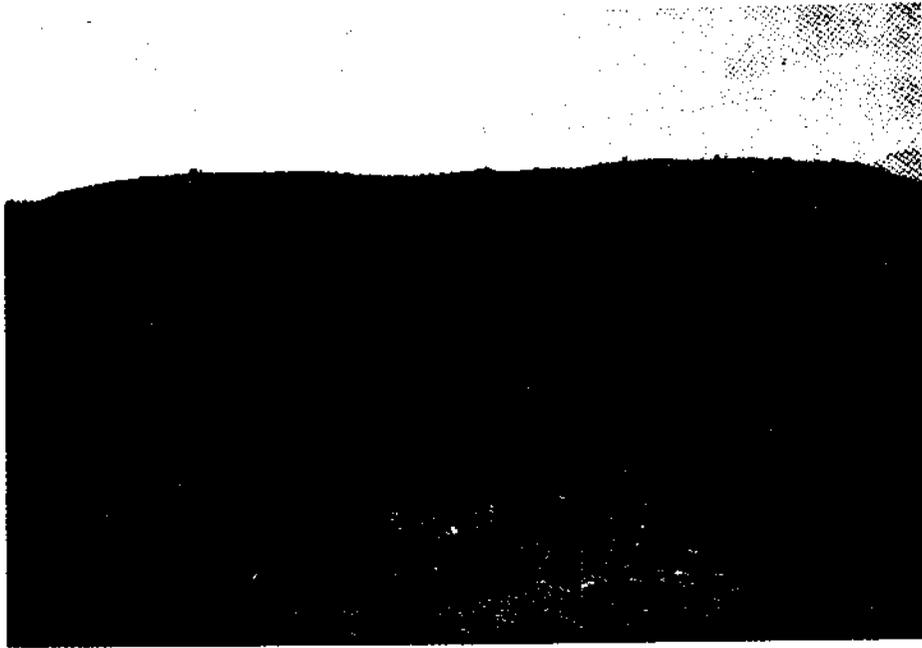


Fig 14. Terraplén

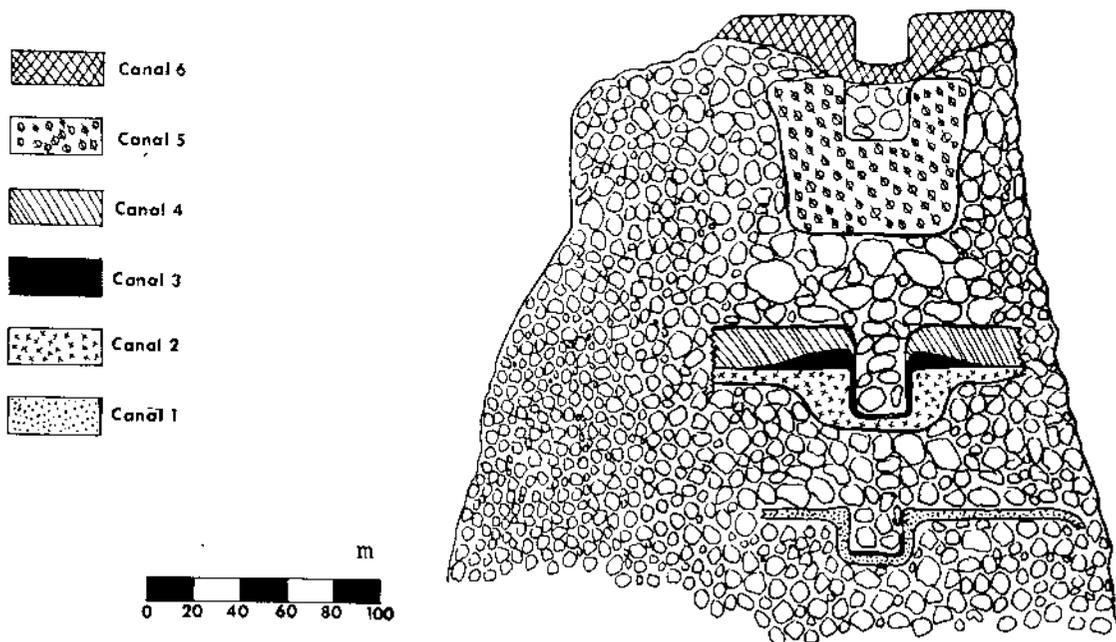


Fig 15. Canales superpuestos del acueducto que llegaba a Tezcotzingo (Parsons)

Aparentemente los superiores pertenecen a épocas posteriores a la prehispánica, tal vez a la virreinal, si se piensa en el uso casi continuo de este acueducto ya que al irse asentando los primeros canales se recurrió a construir otros encima, aunque más burdos y menos resistentes. Quizá no se pensaba en darles empleo permanente.

La fig 16 muestra las condiciones actuales del acueducto. Debido a unos cortes que se han hecho recientemente a su pie, si no hay un alma caritativa que se apiade de él, está condenado a desmoronarse en muy poco tiempo, lo cual sería una lástima, ya que es de las pocas obras hidráulicas prehispánicas que aún quedan.



Fig 16. Estado actual del acueducto

Por lo que toca a la parte del acueducto que abastece a Tezcotzingo, para dar el nivel requerido, aparte de aprovechar la piedra del cerro, los constructores tuvieron que destruir parte de éste (fig 17). Estaba ideado para desviar ocasionalmente el agua que transportaba y utilizarla para el riego de terrazas; el desvío se hacía mediante piedras labradas provistas de un canal (fig 18).



Para dar el nivel requerido y aprovechar la piedra
rompieron parte del cerro



Fig 17. Pasadizo para el canal



Fig 18. Piedras para desviar el agua del acueducto a las terrazas

Otro detalle digno de mencionar es la construcción de una horadación en forma de olla para recibir la caída de agua que llegaba al baño que supuestamente pertenecía a Nezahualcóyotl (fig 19), la cual ilustra el conocimiento hidráulico que poseían sobre caídas y la forma de evitar la socavación que provocaban.

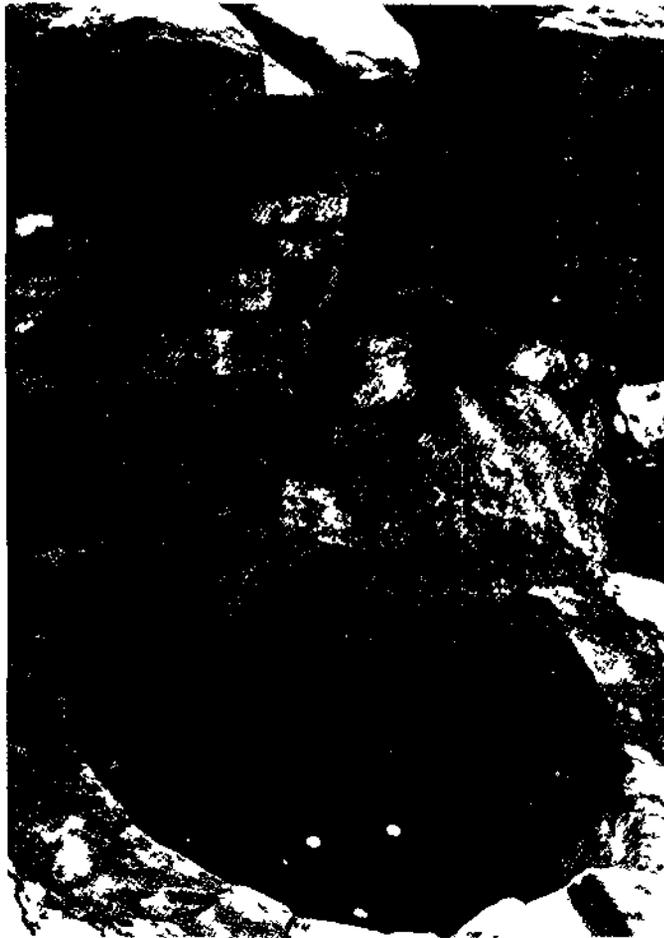


Fig 19. Olla para la caída de agua

Un hecho curioso sobre este acueducto es el procedimiento que se siguió durante su construcción al asegurar la pendiente correcta para que el agua corriera una vez concluido, ya que se trataba de longitudes considerables. Tal vez tenga relación con ello el misterioso par de rayas rojas, pintadas con hematita*, casi paralelas, separadas aproximadamente 8 cm, y que aun se encuentran en algunos trozos de piedra labrada, que al parecer formaron los lados del canal con un talud de 60 grados.

*Oxido de hierro que fue muy empleado entre los prehispánicos de esa zona como pintura para decorar su cerámica.

1.5 Teopantecuantitlan

En éste, que fue el primer sitio olmeca en Guerrero, se construyó un importante acueducto, encontrado recientemente, formado por un canal construido con bloques de roca caliza de grandes dimensiones, cuyo interior tenía entre 70 y 90 cm de ancho y de 0.9 a 1.4 m de profundidad, y que estuvo cubierto con losas(33).

Se abastecía del agua almacenada en una presa cuya cortina era de piedra y tierra, y que captaba el agua que escurría de los cerros circundantes y brotaba de un manantial (34).

2. ÉPOCA DE TRANSICIÓN (1521-1535)

Una ciudad sobre otra

Entre los años 1521 y 1535 existió una gran confusión y desorganización en la nación conquistada. Por una parte, los nativos pasaban por un proceso de adaptación, y por otra, había autoridades codiciosas que ocasionaban disturbios políticos (1).

Inicialmente, el Ayuntamiento estuvo instalado en Coyoacán mientras se decidía cuál sería la capital de la Nueva España; Cortés, en un principio, opinó que la antigua ciudad indígena debía ser completamente arrasada y abandonada, pero después cambió de idea y decidió que ésta debía ser la capital (2) "con un fin político: levantar sobre los teocallis indígenas la cruz de los castellanos desarraigando de aquel lugar a sus primitivos moradores, ocupando el sitio que ellos poseían, es decir, haciendo una conquista de hecho, con posesión, uso y abuso de la casa conquistada" (3). En esa población tuvo que esperar para dar tiempo a "reconstruir y levantar en medio de tanta desolación a la capital de la que había de ser Nueva España" (4).

El acueducto de Chapultepec preocupación española

Dado que "el conquistador trató de rendir a los mexicas privándolos de alimento y bebida" (5), destruyendo en parte el acueducto que abastecía a la ciudad, al tener los españoles el control de esta ciudad, una de las primeras órdenes que dio Cortés -según Bernal Díaz del Castillo- fue "que se adobasen los caños de agua de Chapultepec según y la manera que solían estar antes de la guerra, y que luego fuese el agua por sus caños a entrar en aquella ciudad de México" (6). "Los conductos se repararon y limpiaron, y cuando había necesidad de cruzar alguna acequia, se prolongaban mediante un canal de madera que recibía el nombre de canoa" (7). Al quedar el acueducto nuevamente en condiciones aceptables, el grupo de aguadores que existía desde muchos años atrás continuó laborando.

Un vigilante de la cañería

Cuando el Ayuntamiento, en 1524, se trasladó a la capital, nombró a Juan Miles, retribuido con dinero, vigilante de la cañería, para cuidar que el agua llegara limpia a la ciudad, "y sobre todo evitar que los naturales arrojaran basuras e inmundicias en el cauce como callada venganza hacia los españoles" (8).

Huertas urbanas

A partir del 10 de septiembre de 1524 se concedieron tierras para huertas a los lados de la calzada de Tlacopan o Tacuba, por lo que pronto "la necesidad de cultivar estas huertas dio ocasión a sus dueños para tomar agua del caño que venía de Chapultepec a la ciudad, sin tiempo ni medida, cada cual a su albedrío, con

perjuicio de la población" (9). Para remediar este mal, el Ayuntamiento ordenó el 11 de agosto de 1525 "que el agua para regadíos se tomara únicamente en el paso de la noche, pues había de ser tres horas después de anochecido, dejándola correr tres horas antes de que amaneciera" (10). "Si algunos se sujetaron a observar lo mandado, otros no lo hicieron, dando lugar a que la prohibición se repitiera e insistiéndose todavía en el abuso" (11).

Un nuevo vigilante

En ese mismo año, ya sea porque Juan Miles no haya cumplido o porque eran necesarios los servicios de más personas, se designó a Juan Garrido "porque tenga el campo de guardar el azequia del agua que viene de Chapultepec a esta dicha cibdad para que puercos ni yndios lo ensucien y dañen salvo que siempre venga limpia para que los vecinos de esta cibdad e las personas que tiene huertas en comarca e derredor de la dicha agua se aprovechen de ella " (6).

Abusos de los hortelanos

Los hortelanos no conformes con las concesiones de agua dadas "empezaron a poner falsas represas, lo que dio por resultado que, al retardar el curso se prohibiera terminantemente dicha práctica" (8), pero en cambio, para compensar la escasez del agua, se amplió el horario, "permitiéndoles la tomaran desde una hora antes del anochecer hasta una antes del amanecer, señalando una sanción [. . .] a cualquier violación horaria"(8).

El desperdicio de agua por los hortelanos no se podía evitar a pesar de las disposiciones mencionadas, por lo que la escasez era inminente. Para remediar este mal "en el año de 1525 se comisionó a Jorge Xexas para que hiciera un nuevo caño y una caja repartidora, que fue la primera y que probablemente estuvo por Santa Isabel (hoy espaldas del Palacio de Bellas Artes)" (6).

Primer ramal urbano del acueducto

El 23 de enero del siguiente año se concedió dentro de la ciudad la primera merced*, a petición de Motolinía para el convento de San Francisco, "para llevar la cual hicieron los padres un caño de mampostería que posteriormente se prolongó por toda la calle de San Francisco, hoy Madero, formando el primer ramal del acueducto" (12); por este caño el agua se transportaba a cielo abierto, ya que Cervantes de Salazar la vio correr por el medio de dicha calle (13), y de aquí se abastecían el convento y su huerto mediante cañerías subterráneas.

*Concesión de agua.

Los ahuehuetes, culpables

En el año de 1527 los vecinos estaban disgustados por la escasa cantidad y mala calidad del agua (6), atribuyéndolas a los muchos y frondosos ahuehuetes que rodeaban el manantial de Chapultepec, lo protegían de los rayos solares y conservaban su frescor; por lo que el Ayuntamiento ordenó el 28 de ese año que "por quanto los arboles que estan sobre la fuente de Chapulteque son perjudiciales en quitar como quitan el sol e asy mismo las hojas que caen en el agua la tiñen e dañan a cuya cabsa es doliente e no tan sana como si los dichos arboles se cortasen por tanto queriendo proveer en ello que mandavan e mandaron que los dichos arboles que estan e cahen sobre la dicha fuente se corten lo mas a raiz que se pudiere por manera que la dicha agua quede esconbrada e descubierta" (14); cosa que ni aumentó ni mejoró la calidad. Además se designó a Juan Díaz del Real como alcalde de Chapultepec, para que cuidara que el manantial estuviera siempre limpio (6).

Acuecuexcatl en el pensamiento hispano

Nuevamente en 1527, ante la escasez de agua, se recurrió a los manantiales de Acuecuexcatl (Churubusco) para el abastecimiento de la ciudad, los mismos que Ahuizotl había tratado de aprovechar décadas atrás sin éxito permanente. Rodrigo de Pontecillas, por dinero, se comprometió a construir el acueducto, hacer una fuente pública con pilar, y un rollo* (15). Como la Ciudad** carecía de recursos se hizo una derrama*** entre los vecinos. Este gasto no llegó a efectuarse pues para agosto del mismo año se convencieron las autoridades de la imposibilidad de la ejecución "por la mucha distancia de camino que hay" dándose por nulo todo lo hecho (16).

El que los españoles hayan contemplado la idea de traer agua a la ciudad desde los manantiales de Acuecuexcatl significa que estos eran efectivamente una fuente de abastecimiento que podía resolver el problema de la insuficiencia; sin embargo, el aforo y la falta de conocimientos para llevar a cabo la construcción de un acueducto que podía ser peligroso para los habitantes de la ciudad impidió su realización.

*Se entiende por fuentes públicas con pilar, las fuentes comunes o circulares, con brocal bajo y al centro una columna o pilastra con arrojaderos de pequeño diámetro; y por rollos, monumentos o pequeñas construcciones labradas, generalmente en forma de columna sobre un basamento escalonado; en Nueva España tuvo múltiples usos.

**Era común referirse al Ayuntamiento con ese término.

***Es el reparto equitativo de una erogación eventual.

Reconstrucción y ampliación del acueducto de Chapultepec

Con el tiempo, se reconstruyó el caño del acueducto. Posiblemente en 1528, de acuerdo con la placa que corresponde a los arcos del posterior acueducto de Santa Fe, frente al elevador del Castillo de Chapultepec, la cual tiene datos erróneos.

Se construyeron también ramales de donde tomaban agua las personas que costeaban su realización; estos eran, posiblemente en su mayoría, a flor de tierra, ya que, de acuerdo con Marroquí: "En los años que siguieron a la conquista, el agua potable para el surtimiento de los vecinos corría por caños abiertos en las calles, y por ésta pasaba uno" (17).

El abastecimiento de agua en esta época propició obras que beneficiaban al sector más amplio de la población, pues el Cabildo ordenó el 4 de junio de 1535 que quienes habían solicitado ramales "construyeran a su costa y obligación alcantarillas o fuentes en la entrada o en las esquinas para que los vecinos e indios la tomen el agua de las dichas alcantarillas e se aprovechen de ella" (16).

3. ÉPOCA VIRREINAL (1535-1810)

3.1 Acueductos primitivo de Belén, de Chapultepec (Santa Fe) y de Tlatelolco

El primer virrey

Para terminar con la confusión que prevalecía en la Nueva España provocada básicamente por la ausencia prolongada de Cortés y por el desorden, tiranía, discordia y todos los vicios de la primera Audiencia, fray Juan de Zumárraga, obispo de México, propuso al Consejo de Indias erigir un virreinato. La idea fue aceptada y llevada a cabo al nombrar como primer virrey a don Antonio de Mendoza.

Dicho gobernante fue un hombre preocupado por el progreso general (1). En su programa figuró de manera preponderante el abastecimiento de agua, para lo cual en 1540 ordenó la construcción de un acueducto rudimentario que transportaba parte de las aguas de Chapultepec por la calzada que actualmente lleva el mismo nombre, llamada anteriormente de San Pablo; su trazo se respetó posteriormente para edificar el acueducto conocido como de Belén. También mandó limpiar y cercar el manantial, según aparece en el código Telleriano Remensis (2).

Como se señaló, el acueducto de hecho consistía en una zanja de tierra o barro no muy resistente ubicada a la vera de la calzada, por lo que había que tomar precauciones, como la que se dictó en el acta del Cabildo del 17 de diciembre de 1540, en donde refiriéndose a la calzada nueva* se pidió que las carretas no pasaran encima del caño de agua, y que quien llegara a dañarlo debía pagar por ello.

Del antiguo acueducto de Chapultepec la única noticia que se tiene, de esta época es que, a mediados del siglo XVI, el agua que corría descubierta hasta la esquina de la Tlaxpana ya se encauzaba a la ciudad bajo bóveda con lumbreras hasta la caja ubicada a la entrada de la calle de Tacuba, donde se distribuía en tres ramales (3).

Lo último que este virrey ordenó para el abastecimiento de agua fue la reparación del manantial de Chapultepec en 1548, de acuerdo con una piedra que con la fecha MDXLVIII fue encontrada en 1879, con motivo de obras de limpieza y reparación en ese lugar (2).

*Según Bribiesca (2), de acuerdo con el plano de Upsala (1541), fig 20, la mencionada calzada es la de San Pablo, por la ubicación de la capilla de San Lázaro; no confundir con la garita del mismo nombre ubicada en los planos antiguos al oriente de la ciudad.

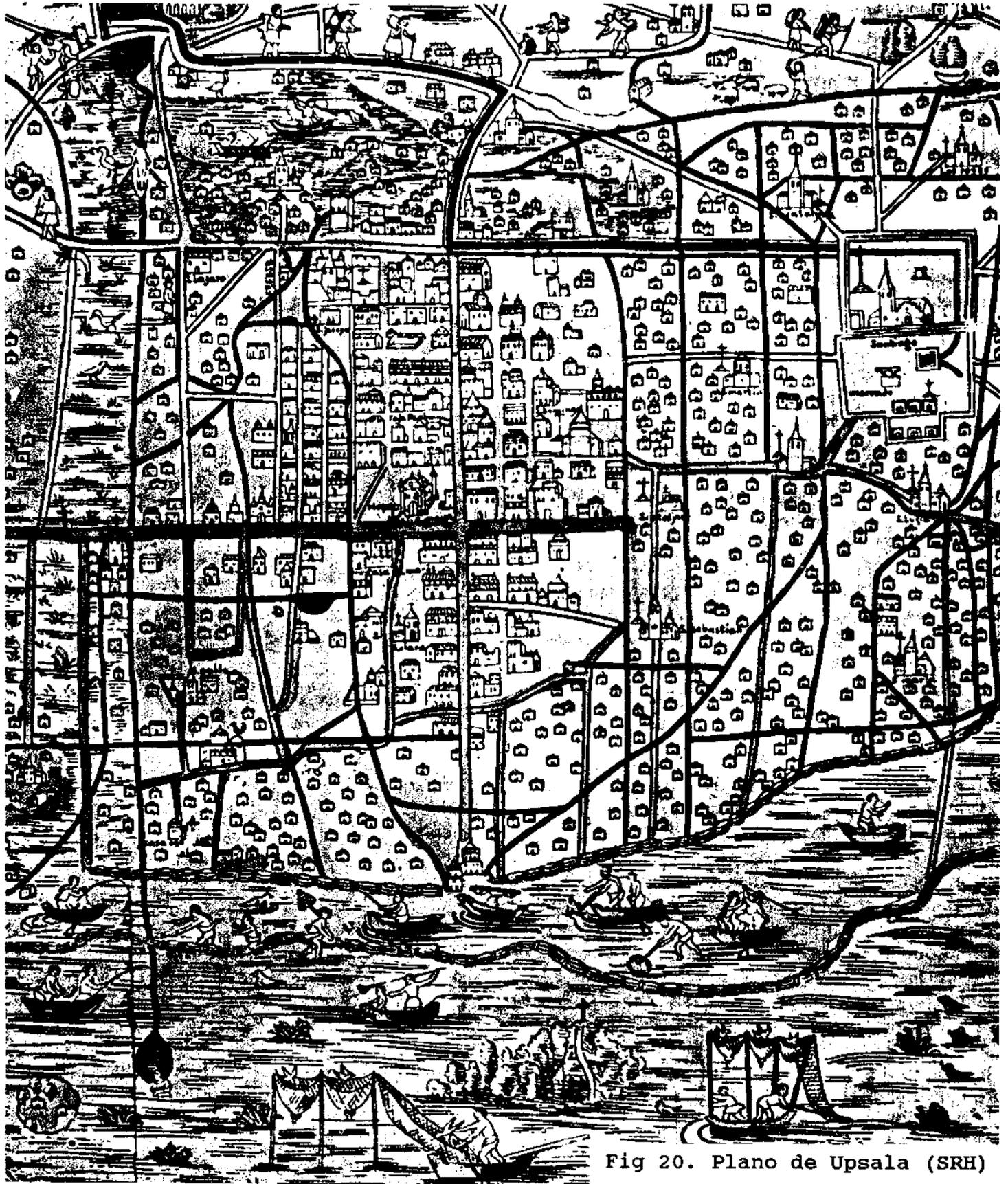


Fig 20. Plano de Upsala (SRH)

El segundo virrey

Por su parte, don Luis de Velasco también tomó especial empeño en las obras de abastecimiento, pues en su tiempo se prolongaron los ramales de distribución que iban de Tacuba hasta la iglesia de la Santísima Trinidad, anexa al excolegio de San Pedro, y de San Francisco hasta la Plaza de Palacio (Zócalo). También se hizo un ramal al norte, para dar servicio a los rumbos de San Lorenzo y Santo Domingo (4). De este ramal se derivó, por 1553, otro que llegaba a Tlatelolco a fin de abastecer al convento ahí ubicado y al Imperial Colegio; así, Tlatelolco quedó suficientemente dotado por las aguas tanto de Xancopinca*, manantial de Azcapotzalco, como de Chapultepec (2).

En el Teatro Mexicano, fray Agustín de Vetancourt se refirió al agua de Xancopinca diciendo que "Hacia el norte, un cuarto de legua (poco más de medio kilómetro) de Santiago Tlatelulco, está el manantial de Xancopinca, que viene a dicho barrio, aunque suele faltar porque la tarjea es del mismo suelo y no han tenido la curiosidad de hacerla firme para que esté perenne: es el agua zarca y muy delgada, y así beben en regalo persona que se hallan mejor con ella que con la de Chapultepec**, aunque es muy buena" (6). La distribución del agua provocó al Ayuntamiento serias disputas con los franciscanos, dominicos y agustinos, debido a la cantidad de agua no sólo que aquéllos desperdiciaban sino que indebidamente tomaban, por lo que el virrey De Velasco ordenó, en 1553, que se colocaran cierres de hierro o plomo en los ductos, dejando únicamente una abertura de un real de plata; éstos eran seguramente una especie de tapones con un pequeño orificio de diámetro igual al de dicha moneda, que se colocaban en las entradas de agua de los conventos.

Sin embargo, la escasez de agua seguía en la ciudad capital; por tal motivo el virrey ordenó aforar los caños principales y de distribución para estudiar mejor el problema. Desafortunadamente, se desconocen los resultados y sólo se sabe que la siguiente medida tomada con fines de abastecimiento fue sustituir en 1554 la primera pila de la Mariscala por una caja repartidora de mayor capacidad (4). Evidentemente, con ello se benefició a un mayor número de personas, que podían simultáneamente llenar sus cántaros en la pila.

Con el tiempo, las autoridades españolas se percataron de que todas las medidas que habían tomado eran únicamente paliativos y no eliminaban las deficiencias en el servicio de abastecimiento,

*Según Peñafiel (5) la palabra Xancopinca no parece siquiera que tenga analogía con alguna de la lengua náhuatl y que el verdadero nombre del manantial era Moclotica, que significa manantial escondido.

**En la referencia dice Santa Fe en lugar de Chapultepec porque, como se verá, las aguas de ambos manantiales entraban juntas a la ciudad y se les llamaba indistintamente por los dos nombres.

ya que por una parte los conductos seguían en mal estado, debido principalmente a los sismos, y, por otra, no se encontraba la forma de controlar los abusos y robos de agua que se cometían por las tomas fraudulentas (3).

Así las cosas, en 1557 el virrey De Velasco se reunió con el Ayuntamiento y después de considerar la casi inutilidad del acueducto existente, decidió construir uno nuevo que siguiera el mismo trazado; el financiamiento se obtendría de la sisa*. A pesar de haber tomado dicha decisión, como el Ayuntamiento siguió preocupado por la calidad del agua, pues se consideraba que la de Chapultepec era mala, decidió buscar otra fuente mejor (7). Al respecto, se encontró que el manantial de Santa Fe era óptimo, aunque presentaba un problema, grave por cierto, pues el rey Carlos V lo había concedido al obispado de Valladolid (Michoacán), y no era posible disponer de él. No obstante, el Ayuntamiento no se quedó quieto y mandó de inmediato a sus apoderados a España para tratar directamente el asunto ante la Corte, sólo que el resultado fue desalentador, pues para 1564 aún no se tenía una respuesta definitiva; de ahí que se haya dejado pendiente su obtención y buscado otra fuente.

Mientras tanto, el Ayuntamiento tomó otras medidas con respecto al acueducto antiguo: a fines de ese año ordenó que se revisaran los ladrones**, con el objeto de cerrar uno de ellos para que no se desperdiciara tanta agua, y que en los otros se pusieran tornillos de madera para que el agua no saliera cuando no hubiera canoas que llenar (7). A partir de ese momento, el Ayuntamiento retomó en consideración el asunto de los manantiales de Acuecuexcatl, por considerarlos posibles, suficientes y de fácil conducción. El proyecto para ejecutar la obra fue apoyado firmemente por fray Francisco de Tembleque (7), pues la construcción de los aproximadamente 9 km de acueducto, a base de arquería, no presentaba ningún problema para él, que entonces edificaba el acueducto de Zempoala, que tenía poco menos de 45 km (8) y atravesaba tres barrancas enormes, con arquerías que llegaban a medir hasta 39.5 m de altura (9).

Para 1567 los manantiales ya estaban cercados y se había iniciado la construcción de un conducto de barro; no obstante, las autoridades no estaban optimistas, pues se vio la necesidad de una arquería muy alta, cuya estabilidad estaba amenazada por los sismos. Además, cada vez eran más fuertes los temores asociados a la inundación que sufrió la ciudad en época de Ahuizotl por traer agua de dichos manantiales. Otro motivo de circunspección fue recordar el recelo de las autoridades españolas en 1527, cuando desecharon la idea de conducirla, pretextando su lejanía.

*Impuesto que inicialmente fue sobre la carne de vaca o carnero y después sobre el vino.

**Aberturas que se le hacían al conducto para extraer por ahí el agua.

El virrey Martín Enriquez

En 1568 este virrey tomó cartas en el asunto, recorrió las obras y opinó que no estaban bien hechas; desde entonces no se supo nada relacionado con la obra, hasta noviembre de 1571, cuando apareció la orden de vender, entre otras cosas, las carretas y la casa de San Mateo Churubusco, la cual se utilizaba como bodega para guardar "las herramientas o recaudos tocantes a la obra del agua de Ocholobusco (Churubusco)", porque había "cesado la dicha obra por hacer otra nueva en el cercado de Chapultepec para traer el agua de Santa Fe" (10).

El padre Durán al referirse a dicho acueducto escribió "la cual obra por defecto del ruin oficial después de haber gastado mucho dinero, se quedó imperfecta y sin provecho" (11). Por su parte, fray Bernardino de Sahagún dice que al intentar traer el agua de Acuecuexcatl "se hizo harto gasto y nunca pudieron traerla" (12), por lo que renunciaron a ella.

Tal parece que los manantiales de Acuecuexcatl no estaban destinados a dotar a la ciudad, pues el tercer intento también falló. Tuvo que pasar siglo y medio, a partir de entonces, para que finalmente los religiosos del convento de Churubusco se las arreglaran para construir un acueducto que les condujera dichas aguas; de éste se hablará posteriormente.

Quizá el tercer intento fracasó porque no se puso suficiente empeño en la realización de la obra, pues aunque se contaba con la excelente asesoría de fray Tembleque ya se vislumbraba la posibilidad de adquirir el manantial de Santa Fe, que aparte de estar más cerca de Chapultepec, donde se haría el entronque con el antiguo acueducto, era muy elevado -166 m sobre el nivel de México (13)-, de modo que el agua correría fácilmente por la pendiente que tendría la cañería, sin que fuera necesario construir alguna obra con el fin de elevarla aún más, como se hubiera requerido en Acuecuexcatl.

En diciembre de 1571 se inició la tarea de llevar a la ciudad el agua de Santa Fe, localizada a 9717 m de distancia (14), por una zanja descubierta que según Torquemada era de cal y canto (15); partía del manantial y llegaba al Molino del Rey (Chapultepec), donde se transportaba hasta el entronque mediante una arquería, que debió haber estado formada por los ocho arcos que, según el marqués de Guadalcázar, en su carta al rey del 25 de mayo de 1618 sobre asuntos varios, dejó realizados Martín Enriquez (16). Algunos de estos arcos aún existen frente al Molino del Rey.

Cuando se probó en febrero de 1573, la construcción "resultó en algunas partes o falta o errada y mala, por no le haber dado el peso y corriente que debía y era necesario" (17). De estas palabras se puede interpretar que "el no dar el peso" significa que el conducto no era suficientemente resistente para soportar la presión del agua y el "no dar la corriente" se refería a que su capacidad era insuficiente para contener el gasto que por él circulaba. Aparentemente, este problema no se presentó en la zanja

recién construida sino en el conducto viejo del acueducto de Chapultepec, pues de acuerdo con Bribiesca (18) "al llegar el agua (de Santa Fe) al conducto antiguo se tropezó con la falta de capacidad de éste", y la atarjea reventó.

Seguramente si Miguel Martínez, encargado de la construcción, hubiera sabido que su error le costaría ir a la cárcel de la Inquisición y posteriormente a la muerte, como al parecer ocurrió según Romero de Terreros (17), hubiera sido más precavido en su encomienda.

Para enmendar los errores cometidos, el virrey Enríquez nombró una comisión de peritos que debían estudiar la situación del acueducto y proponer la mejor manera de distribución del agua. Rodrigo de la Puente fue el elegido para la reconstrucción del caño y la construcción de canales que abastecieran hasta los barrios pobres, por lo que se permitió un gran número de mercedes.

Los virreyes posteriores a Enríquez prácticamente no hicieron nada por el abastecimiento de agua, hasta que Luis De Velasco, hijo del segundo virrey, se propuso en 1590 continuar la arquería desde Chapultepec hasta la Mariscalá, para lo cual tuvo contratiempos por la poca cooperación del Ayuntamiento; y cuando, finalmente, en 1601 la corte española le ordenó realizar la obra, lo único que pudo hacer fue reforzar los muros del manantial, pues para 1603 ya el nuevo virrey era el marqués de Montesclaros.

Por lo que se refiere al acueducto de Xancopinca, que iba a Tlatelolco, por 1592 se inició la labor de limpiar, aderezar, levantar los pretilos del manantial y llevar "encañada el agua por conductos tronónicos de dos pies y medio de largo, con diámetro de una tercia y una cuarta y espesores de dos dedos, dando un traslape de una sesma* y poniendo esta tubería en una cepa con base de ladrillos, guarnecida con piedra y cubierta. Todo esto se hizo, pero parece que se hizo mal, pues después de hechas mil trescientas varas (1089 m) se dejó correr el agua [. . .] que no corrió" (19). Por esto se ordenó la reposición de lo hecho y la construcción de una atarjea de piedra, obra que se terminó para principios de 1595 y de la cual todavía había rastros a fines del siglo pasado (19).

El marqués de Montesclaros

Este virrey se interesó mucho, desde su llegada, en el estado de las obras, y encontró que no se aprovechaba la presión que traía el agua de Santa Fe, en su última fase, que era 4 ó 5 varas (alrededor de 4 m) más alta que la de Chapultepec, por lo

*Tercia, cuarta y sesma de una vara igual a 0.28 m, 0.21 m y 0.16 m; el dedo equivale a 18 mm, aproximadamente.

que decidió se acarreará el agua de Santa Fe, por un acueducto más elevado. Tal vez esta medida de separar la conducción de las aguas también se tomó con el fin de que el antiguo caño no trabajara muy forzado, ya que como se recuerda, éste había tenido problemas de capacidad para transportar juntas las aguas de los dos manantiales.

El padre Torquemada da idea de cómo estaban dichas obras al señalar que el marqués de Montesclaros "puso en ejecución el traer el agua que viene a esta ciudad por atarjea sobre pilares altos de piedra, a más alto peso del que viene, para poder hacer pilas altas y buenas, la cual se había de traer en canoas, e hizo mucha parte de la obra, y se cortaron para ello muchas canoas pero estorbóle su acabamiento, el que tuvo de su oficio [. . .] y como lo dejó se ha quedado, [. . .] es obra que si se acabase es de mucha importancia y falta muy poco para llegar a la ciudad" (20).

Esta obra debió de haberse ejecutado después de la inundación de 1604, por lo que no tuvo tiempo el virrey de concluirla antes de su salida, como lo indica Torquemada.

El marqués de Guadalcázar

Los virreyes que siguieron al marqués de Montesclaros dedicaron poco o nada de su atención al acueducto, pues todos los esfuerzos estaban encaminados a la construcción del desagüe, hasta que el marqués de Guadalcázar decidió encargarse de él y ordenó que se continuara con arquería para que la obra fuera más duradera; hay que recordar que el virrey Enríquez ya había dejado ocho arcos construidos en el Molino del Rey.

Para 1618, el marqués de Guadalcázar informó al rey, en su carta del 25 de mayo de 1618 sobre asuntos varios, que "la obra está tan adelante que quedan cerrados cuatrocientos arcos y hecha mucha parte de la obra que es menester para los demás con muy gran permanencia" (21).

El marqués de Guadalcázar se preocupó también por la construcción de pilas y fuentes de las plazas y lugares públicos. En 1617 levantó una fuente en la Tlaxpana, para dar alivio a caminantes, bestias y vecinos, que se conocía popularmente "como de los músicos" por las alegorías que contenía. En la fig 21 se ilustra esta fuente y parte del acueducto, en donde se aprecian los dos niveles por donde corrían agua gruesa y delgada, respectivamente.

En junio de 1620 se concluyó la obra. Romero de Terreros (22) lo describió así: "componiase el acueducto de mil arcos, que comenzaban arriba de Chapultepec y, después de seguir el trayecto de la Verónica, la Tlaxpana y San Cosme, venían a terminar en la esquina de las antiguas calles de la Mariscalá y Santa Isabel, es decir, detrás del actual Palacio de Bellas Artes, en la hoy avenida Hidalgo. Por cierto que la primera de aquellas calzadas tomó su nombre de un paño de la Verónica con el rostro del Señor, que se había pintado en uno de los arcos cerrados. Cada uno de

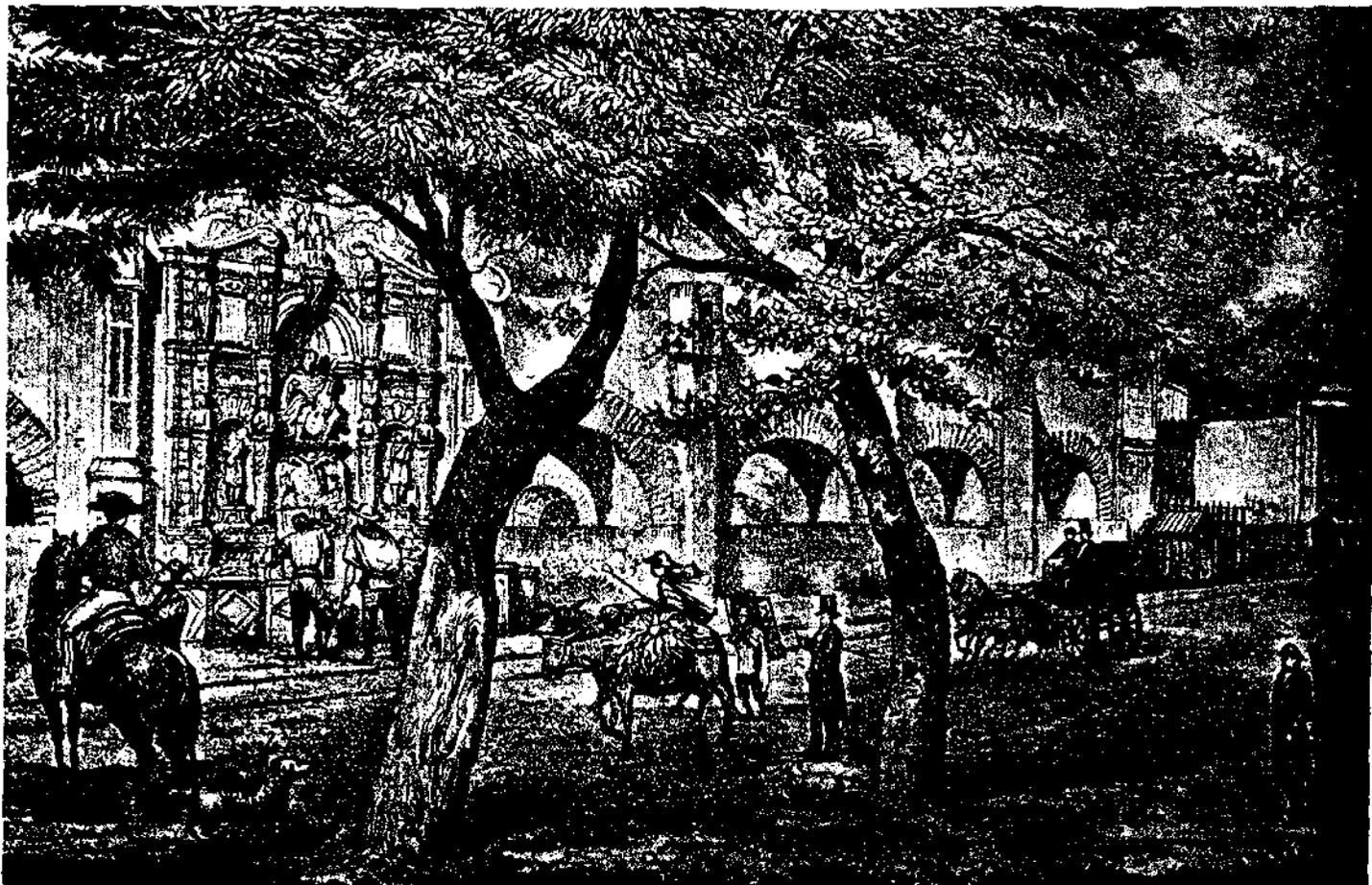


Fig 21. Fuente de la Tlaxpana

estos arcos de mampuesto y roscas de ladrillo, dice fray Baltazar de Medina, media ocho varas (6.70 m) de ancho, seis (5.028 m) de alto, una vara y tres cuartas (1.466 m) de grueso, de hueco de targea tres cuartas (0.628 m), de pretil media vara (0.419 m) cada lado; extendiéndose su fábrica, de parte de occidente, adonde empieza el manantial de agua, hasta la oriental y entrada de la ciudad, adonde acaba, por más de cuatro millas. Según Arias de Villalobos era obra poderosa y no había maravilla romana su semejante"(23). "Tenía este acueducto la particularidad de ser doble: por la parte superior corría el agua delgada, o de Santa Fe, y por la inferior el agua gorda de Chapultepec*" (24).

Al paso del tiempo, el acueducto comenzó a deteriorarse y "en 10. de marzo de 1654 escribía al rey de España el virrey, duque de

*De acuerdo con los resultados obtenidos por Leopoldo Río de la Loza, presentados por Peñafiel (25), respecto a los contenidos de productos gaseosos y sólidos en las aguas más usadas en la ciudad de México, se deduce que la diferencia principal entre el agua delgada y la gorda es que esta última era más dura que la primera.

Alburquerque, quejándose de la falta de agua que padecía la ciudad y le aseguraba que más de cuarenta de los arcos del acueducto estaban en pésimo estado" (24), pero, a pesar de lo contundente que fue el marqués en su apreciación, hubo oídos sordos.

Sin embargo, se lee en Valle Arizpe que "la ciudad se hallaba llena de fuentes en el año de 1660. Las había por todas partes; generalmente estaban en el centro de las plazuelas, no con propósitos decorativos, sino prácticos; surtir de agua al vecindario " (26); lo que deja la impresión de que en ese tiempo no había problemas de abastecimiento en la ciudad.

El marqués de Mancera

Tuvieron que gobernar tres virreyes y transcurrir trece años para que, finalmente, con el marqués de Mancera fuera tomada en serio la queja del duque de Alburquerque, y el alarife mayor de la ciudad Alonso de Torres se comprometiera a aderezar toda la arquería poniendo la arena necesaria "desde la esquina de la casa y huerta del marqués del Valle* hasta la caja de agua de la calle de Tacuba, y desde el mismo punto hasta Chapultepec y Molino del Rey" (28).

El marqués de la Laguna

Tiempo después, en 1682, el agua, según apareció en el testimonio sobre la conducción de la de Santa Fe, se entubó en cañerías de plomo, con fecha 4 de diciembre del mismo año: dicho documento se encuentra en el Archivo General de Indias. Parte de éste dice "se hizo y feneció un conducto de los tres principales que va desde la caja de la esquina de la calle de Tacuba y remate de los arcos por la calle de Santa Isabel, hasta la esquina de la calle de San Francisco y por toda ella hasta la plaza principal (Zócalo) [. . .] tiene de longitud dos mil ciento y siete varas y media (1766 m) en que entraron quinientos y veinte y dos caños y medio de plomo de a dos varas y cuarta (1.89 m) cada uno y de peso de un quintal, asentados sobre cimiento estacado y fortalecido de ladrillo, piedra y mezcla con sus piedras de salto y nueva alcantarilla"**(29). El mismo documento continúa refiriéndose a las reparaciones de la arquería así: "se mandó [. . .] reedificar y reparar la tarjea principal por donde se conduce la dicha agua de Santa Fe a esta ciudad en la parte en que se reconoció tener con notable riesgo diferentes arcos [. . .] se aderezaron y repararon dichos arcos y tarjea con mucha más perfección y obra

*La casa y huerta del marqués del Valle, descendiente de Hernán Cortés, estaba en la calle del Águila, actual San Cosme (27).

**Si se calcula la longitud total de los tubos de plomo empleados, se encuentra que es aproximadamente la mitad de la longitud total de la cañería, según este testimonio, por lo que se infiere que estaba construida tanto de caños de plomo como de barro, o bien existe un error en las cifras manifestadas.

de lo que se había reconocido y tasado, y quedando con toda permanencia y fortaleza en beneficio común de esta ciudad" (29).

La introducción de la tubería de plomo fue seguramente otra influencia romana, como la de construir acueductos por medio de arquería, ya que se tienen noticias de que los romanos empleaban estas tuberías para la distribución de agua en sus ciudades desde mediados del siglo II a.C. (30). Para cambiar por ésta los antiguos caños, que seguramente eran de barro, puesto que, como se expone, fray Andrés de San Miguel conocía al detalle la construcción y reparación con este material, se consideraron las ventajas de un conducto sobre el otro, tales como la capacidad de mayor presión, al ser menores las pérdidas por fricción y mayor su resistencia para presiones altas.

En el año en que el marqués de la Laguna dejó de gobernar, 1688, el arquitecto Cristóbal de Medina presentó un reconocimiento del estado del acueducto, donde expresó que los 1070 arcos "están llenos de yerba a causa de algunas rajaduras que tienen en algunos certales que han menester rafetearlos y recalzar todos sus movimientos en la parte baja y en la parte del arco toral de Chapultepec que se conocen muchos de ellos con tal ruina que, a no tenerlos apuntalados, ya se hubieran caído" (31). También dijo que parte del muro de la atarjea que se encontraba en el bosque estaba muy vencida y necesitaba hacerse de nuevo, y que en los arcos de la compuerta Villalengua eran tantos los daños que el agua se perdía. Para la reconstrucción y aderezamiento del acueducto, propuso un proyecto acompañado de un plano (31) como el que se muestra en la fig 22. Lamentablemente, no se supo qué suerte

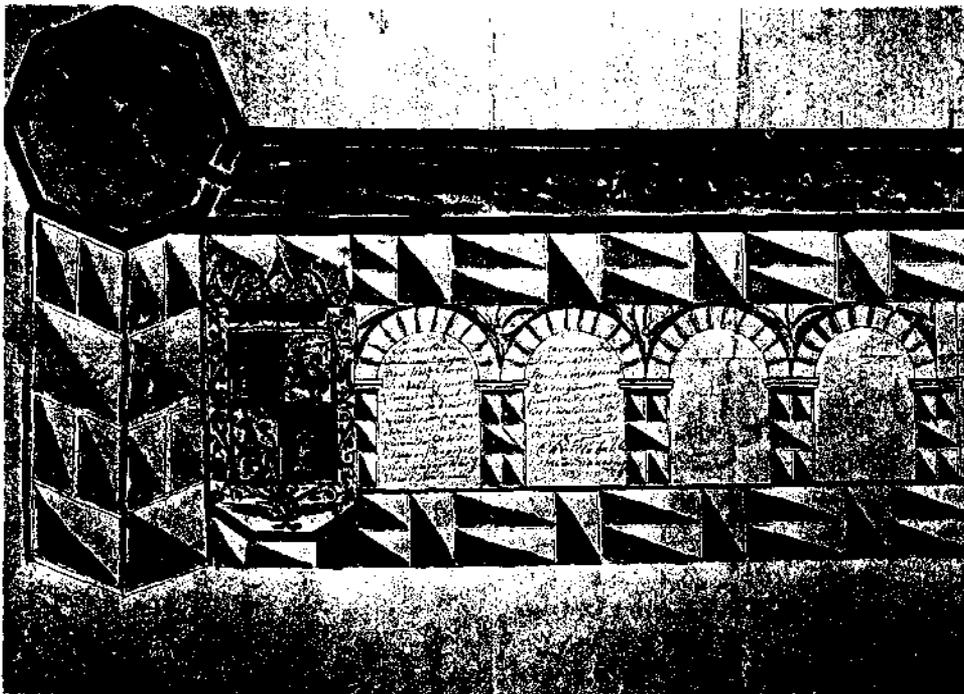


Fig 22. Plano presentado por Cristóbal de Medina (Fernández)

corrió este proyecto, pero parece que no se tomó siquiera en cuenta, pues, de haber sucedido lo contrario, al menos las actas del Cabildo lo hubieran mencionado, ya que significaba una reconstrucción importante del acueducto.

El conde de Moctezuma y Tula

No se sabe de reparación alguna del acueducto sino hasta 1698, en que hay noticia de la paga de 2600 pesos con 3 tomines por concepto de reconstrucción de seis de sus arcos, la compostura de otros 21 y la colocación de un tramo de caños (32).

Para el año de 1700 se hizo otro reconocimiento del estado del acueducto y se encontró "bastante ruinoso" (33); no obstante, ya nada se hizo al respecto en lo que restaba del periodo del virrey conde de Moctezuma y Tula, ni en el del que le sucedió.

El segundo conde de Alburquerque

En 1710 la Comisión de Aguas expresó que se habían buscado en los cabildos y acuerdos antiguos, además de otras partes, las ordenanzas y gobierno de las aguas, porque "las obras grandes que se hacen y emprenden a fuerza de grandes gastos, afán y cuidado, como la presente (refiriéndose al acueducto), si no se conservan y se da providencia para su perpetuidad, se malogran los fines y efectos para que se dispusieron y ejecutaron" (34).

Sin embargo, la búsqueda resultó inútil. ¿Será posible que hoy en día sea más fácil conseguir esa información? En caso de tener una respuesta afirmativa, la razón puede ser que ellos no contaban con estos documentos en forma ordenada como actualmente están, por lo que quienes se dedicaron a esta labor merecen reconocimiento.

En vista de lo anterior, la Comisión formuló sus propias ordenanzas que, incluyendo únicamente las que se considera más importantes pueden resumirse así:

1. Prever que las aguas del acueducto no se mezclen con las llovedizas.
2. Limpiar los manantiales y atarjeas, quitando las lamas, tierras, troncos y demás inmundicias. Especialmente, desazolvar el socavón que está entre Santa Fe y Tacubaya.
3. Que para la ejecución de las obras anteriores contribuyan todos los molineros y dueños de las huertas.
4. Denunciar los fraudes con las datas (o aberturas) para las mercedes de agua.
5. Quitar las hierbas que nacen en los arcos y manantiales.
6. Prohibir la concesión de mercedes a lo largo de la arquería, excepto "con la mayor odiosidad" a las casas de los señores

ministros togados, corregidores, regidores y otros privilegiados, como los conventos religiosos.

Estas ordenanzas, entre otras, fueron aprobadas con pocas reformas por el virrey, segundo conde de Alburquerque, el 27 de octubre de 1710 (35). De hecho la mayoría de ellas ya habían sido tratadas y aprobadas, con algunas variantes, una y otra vez en los cabildos; sobre todo las que consideraban los fraudes con las mercedes, que era un problema casi tan viejo como el acueducto mismo.

Un año después se reparó el acueducto (32), lo que permite suponer ya las ordenanzas aprobadas.

Durante el gobierno del marqués de Valero, casi medio siglo después de haberse instalado la tubería de plomo, se detectó entre los habitantes de la ciudad una extraña enfermedad estomacal que causaba muchas muertes (36) y que fue atribuida a dicha tubería, por lo que se decidió cambiarla por una de barro.

Sin embargo, nada se hizo sino hasta 1730, cuando el marqués de Casafuerte ocupaba la silla virreinal, conforme a lo aparecido en la Gaceta de México de junio de 1731, que por cierto fue uno de los primeros números de esta publicación, considerada como un suceso memorable ocurrido en el gobierno de este virrey, ya que fue el primer periódico de la época. El texto publicado se reproduce a continuación (37):

"Deseosa la ciudad de México de obviar los daños que en la salud, casas y empedrados (con la destruida, antigua cañería de plomo) se experimentaban, determinó se recibiese información sobre qué materia sería a propósito para evitarlos, siendo su primaria atención la salud de sus republicanos; y recibida por su corregidor (entonces don Ramón de Espiguel Dávila) a que concurren siete maestros de arquitectura, quienes unánimes declararon ser más seguro, aseado, sólido y permanente el conducto de barro: en esta conformidad, por lo tocante a la salud, se hizo consulta al real tribunal de Protomedicato, quien declaró no hallarse en el barro cosa que pudiese contravenir a ella, y deberse conducir la agua por arcaduces de esta materia, de cuya respuesta, habiendo dado cuenta al excelentísimo señor marqués de Valero, en consulta de 24 de noviembre de 1718, mandó su excelencia por su decreto de 20 de junio de 1719 pasase al señor fiscal, y con su determinación se remitió por voto consultivo, al real acuerdo, quien lo dio diciendo: nombrase su excelencia un señor ministro que hiciese más diligencias con personas en quienes cesase la sospecha, que en los maestros alarifes por interesados en la obra concurría, con lo que se conformó su excelencia, y por su decreto de 8 de febrero de 1720, mandó: que por hallarse ocupados los señores ministros, ejecutase esta diligencia al regidor don José Antonio Dávalos y Espinosa, del orden de Santiago (entonces alcalde ordinario), quien recibió nueva información de ocho sujetos capaces, experimentados e inteligentes, y algunos profesores de medicina y matemáticas, cuyas respuestas se presentaron a su excelencia, en consulta que remitió al abogado fiscal, y su respuesta, por voto consultivo, al real acuerdo,

quien lo dio aprobando la cañería de barro; con el que conformándose su excelencia por su decreto de 9 de abril de 1720, pasó al Ayuntamiento, quien habiendo tomado algunas providencias sobre este negocio, no dio a él paso por ciertos inconvenientes, hasta que, el año pasado de 1730, su celoso actual corregidor, marqués de Guardiola, hizo instancia sobre que se ejecutasen nuevas diligencias extra judiciales, y a este fin se tuvieron varios cabildos, de que resultó que se hiciesen las cañerías de barro, y se diese esta comisión al referido don José Antonio Dávalos, cuya pericia, capacidad, celo y desinterés se ha experimentado en otras ocasiones; y habiendo consultado al excelentísimo señor marqués de Casafuerte esta determinación con parecer del señor fiscal, la aprobó; y movido de su gran celo del bien de la República, le mandó al expresado don José (quien por hallarse quebrantado de salud se excusaba) tomase a cargo esta empresa, en cuyo obediencia pasó a las oficinas de alfareros, para hacerse capaz del modo de la maniobra y calidades de la greda, y haciendo fabricar algunos caños que no salieron a gusto por la corta longitud, y muy poco espesor, este no ser igual, ser fabricado en la rueda a la mano, contener alguna agua por ser un diámetro mayor que otro, y ser a macho y hembra (y así cosa difícil si se rompe uno, poner en su lugar otro); discurrió el modo de cilindros de cierta composición de greda, arena y plumilla, que después de experimentar el fuego dos veces, una al jagüete y otra al vidrio, quedan de cuarenta y cuatro dedos de longitud, dos de espesor igual en toda la figura y diez de diámetro, que con poca diferencia hacen cinco pesos o naranjas* de agua, dos cortes de dos dedos, uno en cada boca de cilindro, así por la parte cóncava, como por la convexa, para que ajuste uno en otro, unidos con el azulaque, ceñido con hilo de Campeche, y esta juntura abrazada con una gárgola o anillo de diez dedos de longitud, dos de espesor y quince de diámetro, que puesta a proporción se calefatean por uno y otro lado, con el mismo betún quedándole seguridad y firmeza admirable. Y principiado a fabricar en esta forma, se dignó la benignidad del excelentísimo señor virrey (con el deseo de la consecución de esta importantísima providencia) de concurrir a ver trabajar, observando las mixturas de greda (arcilla arenosa), arena y plumilla, y proporciones y medidas, y la gran facilidad de la operación en los modelos, aprobando el discreto designio de su científico director, y aplicó dos mil pesos de una multa para esta obra, con lo que se trabajó con esfuerzo, y fabricados los necesarios al destinado tramo desde la caja del agua de Santa Isabel hasta la pila pública, se dio principio a su asiento el día 3 de abril de este año de 1731, abriendo vara y media de profundidad en el terreno, y solidado éste con cimiento de mampostería de una vara de latitud y media de alto, cargaron sobre él los caños, que se resguardaron por los lados con piedras de cantería blanda de treinta y seis, y de cuarenta dedos de longitud, veintiséis de latitud y ocho de espesor (macizados con lechadas; finas y tezontlales, la latitud de veinticuatro dedos)

*una naranja es igual a 1.104 l/s

para que la tenayuca de cuatro de espesor, asentada sobre las dos piedras laterales, no cargase sobre el macizo de los caños, y resistiese cualquier peso, sin ofenderles, llenando el resto de la zanja de tierra y su empedrado: toda esta admirable máquina, en que se han gastado seis mil y setecientos pesos, cuyo tramo desde la caja hasta la pila tiene mil trescientas y cinco varas (1094 m) en que se repartieron seis alcantarillas, y con los que en ellas se embebieron (se asentaron mil seiscientos y ocho caños), se finalizó el día 23, y a las tres de la tarde se soltó la agua en la magnífica hermosa pila, que se estrenó el día 25 de agosto de 1713, y continúa estos días su abundancia, de donde se conducirá por acueductos de la misma materia a las del Real Palacio y plaza del Volador".

En lo anterior se encuentra que la decisión tomada fue el resultado de un estudio interdisciplinario, lo que, según las fuentes revisadas no era común; por otra parte, ésta estuvo asociada a engorrosos trámites burocráticos que hicieron que se ejecutara mucho tiempo después de haberse adoptado.

Aparentemente, quien achacó la enfermedad de los habitantes a la tubería de plomo sabía de los malestares que esta sustancia, al disolverse en el agua, produce en la gente que consume dicha agua continuamente y por mucho tiempo, ya que aunque los problemas estomacales no son tan propios de quienes ingieren esta solución como lo es la enfermedad llamada saturnismo, también se considera uno de sus síntomas, de acuerdo con una publicación sobre criterios de calidad del agua (38). No obstante, los problemas gastrointestinales son más característicos de las personas que consumen agua contaminada, por lo que es probable que la enfermedad de los ciudadanos fuera debida no tanto al material del que estaban hechas las tuberías, como a las condiciones en que se encontraban, que según el texto expuesto eran pésimas.

El arzobispo Vizarrón

Con el tiempo fueron necesarias la reconstrucción y ampliación del acueducto, obras que se concluyeron en 1735, según un artículo de la Gaceta de México de marzo de ese año que dice así: "Hase concluido perfectamente en el molino de Nuestra Señora de Bethlén y Buenavista, arriba de la Villa de Tacubaya, en el paraje nombrado Coscaquaco, la insigne obra de la conducción del agua, que desde los manantiales de Santa Fe baja [a] abastecer esta ciudad y la que antes traía su corriente por una zanja descubierta con el peligro de ser hurtada, de escaparse por donde hallase brecha y de coger todas las inmundicias que encontrase nocivas a la salud del público; viene ya encañonada por un socabón y taladro que corre el espacio de cuatro mil quinientas setenta y nueve varas, fabricado a costa de inmenso trabajo y de gran cantidad de pesos en el centro de los cerros, por donde sin desperdiciarse gota y con toda limpieza purificada con los puros vientos que por diez lumbreras se le comunican, sigue su manso curso desde los cárcamos de Santa Fe, haciendo tránsito en los que en las quiebras son preciosos, por quince hermosos fornidos arcos hasta llegar al expresado Molino de Bethlén" (39).

El conde de Fuenteclara

En 1745, gobernando este virrey y estando como oidor* don Domingo de Tres Palacios, quien además, y entre otras cosas, era el superintendente del Real desagüe de Huehuetoca (40), se repararon 77 arcos sobre la calzada de San Cosme (41).

El virrey primer conde de Revillagigedo

Este virrey, que fue uno de los más dinámicos contando con don Domingo de Tres Palacios, dispuso en 1748 la reedificación de 122 arcos y la reparación de 107, el levantamiento de una cortina a ambos lados del conducto y otras reparaciones en la arquería, además de ordenar el terraplenado de la calzada de San Cosme y de la Taxpana hasta Chapultepec, donde se abrió una nueva calzada por los arcos hasta el Molino de la Pólvara o del Rey (41).

El virrey don Antonio María de Bucareli

Durante el gobierno de este virrey, en 1776, el Ayuntamiento ordenó la reparación del acueducto, que había sufrido serios desperfectos (42).

Aunque en la Memoria Económica de la Municipalidad de 1830 aparece que el transcurso del "tiempo destructor" (42) requirió entonces la reparación del acueducto, uno se inclina a pensar que los "serios desperfectos" fueron provocados principalmente por los veinte o más temblores ocurridos en dicho año, a consecuencia de los cuales la cárcel de la Acordada se vino abajo y se dañaron la Casa de la Moneda, el Real Palacio y otras construcciones (43), entre las que seguramente se puede incluir el acueducto.

Tuvieron que ser muy intensos esos temblores, ya que en el año de 1776 las autoridades eclesiásticas, luego de haber nombrado a la virgen de Guadalupe patrona no sólo del Reino y la Ciudad sino también de los temblores, iniciaron un novenario e hicieron rogativas y procesiones (43).

El virrey de Gálvez

Don Bernardo de Gálvez, quien realizó obras de gran importancia tales como la introducción del alumbrado público y la construcción del camino a Acapulco (44), al encontrar que las aguas de Santa Fe y Chapultepec ya no eran suficientes para dar servicio a la población decidió, junto con el Ayuntamiento, aprovechar las que venían desde el monte de los Leones.

Las obras que se construyeron en 1786 para unir estas aguas con las de Chapultepec fueron las siguientes: en el monte de los Leones se construyó una presa que almacenaba las aguas de los

*El oidor era el Ministro togado que en las audiencias del reino oía y sentenciaba las causas y pleitos.

veneros de ese nombre y estaba provista de una compuerta que daba salida a cuatro surcos (13.248 l/s) de agua. Enseguida se colocó un caño descubierto que pasaba por una barranquilla, el Portillo del Lechero y un tajo poco profundo, para reunirse con las aguas del Desierto, cuyos principales veneros eran el Chicharco, Monarca y el Pretorio. Colocaron también una pila repartidora con una toma para la hacienda de San Borja. Las aguas corrían unidas "por un caño revestido de ladrillo en partes y en otras por la tierra, tapado de trecho en trecho, hasta el edificio del Molino viejo, arriba del bosque de Santa Fe, adonde viene a reunirse con los últimos manantiales" (42).

Desgraciadamente estas obras, debido a los acostumbrados abusos, no permitieron una eficiente distribución del líquido, como se verá adelante.

El segundo conde de Revillagigedo

Este virrey se destacó por las muchas y muy variadas empresas que realizó. Al dar uno de sus paseos nocturnos por la ciudad se encontró que la Plaza Mayor estaba asquerosa y fétida, por lo que procedió "con actividad y energía" a mandar limpiarla (44).

Una de las medidas que tomó fue la de desbaratar, en el año de 1791, la pila de agua construida en 1713, para despejar la Plaza. Esta pila, que era la más cercana a la cárcel de Corte, según Valle Arizpe era "una muy grande inmundicia, el agua estaba hedionda y puerca, a causa de que metían dentro para sacar agua las ollas puercas de la comida de los puestos y también las asaduras para lavarlas. Las indias y gente soez, metían dentro los pañales de los niños estando sucios para lavarlos fuera con agua que sacaban, por lo que sobre el agua había dentro de la pila grandes costras nadantes sobre salea. El enlosado de afuera estaba lamoso y resbaloso, a causa de la jabonadura que despedía la ropa que lavaban al derredor, por lo que era peligroso andar alrededor la gente calzada y algunos caían. Para sacar el agua que estaba honda, las mujeres de ropa corta se balanceaban en el brocal de la pila, alzando por acción natural una pierna, con lo que se viene en conocimiento de lo que descubrían. Había un peón que cuidaba la pila; pero éste comparecía pocas veces y cuando se presentaba, de nada servía su presencia" (45).

Como se ve, fue una sabia medida la de hacer desaparecer tal foco de infección, y tal vez para algunos de inmoralidad. Pero ¿qué habrán hecho quienes seguían requiriendo de esta agua?, quizá el virrey no debió haber sido tan drástico al eliminar la fuente, sino dejarla y tomar otras medidas que la mantuvieran limpia.

Por otra parte, el 5 de mayo de 1792 dispuso una de las acciones más importantes para un mejor control de la distribución de agua: la realización de varios experimentos en Chapultpec que permitieran establecer medidas estándar para las mercedes (46).

Dichos experimentos estuvieron a cargo del teniente coronel Miguel Constansó, el juez de arquerías Ignacio Iglesias y los maestros

mayores de la ciudad. Los resultados que obtuvieron los llevaron a determinar las mercedes de agua con base no sólo en el tamaño de la data, como era costumbre, sino también en la velocidad del líquido; es decir, manejaron el concepto de gasto y aunque no mencionan nada respecto a la carga de posición, se supone que la tomaron en cuenta.

Las definiciones de datas que dieron fueron las siguientes: la equivalente a una paja, cuyo diámetro era de 5.42 mm, era lo que daba una libra (0.461 l) o cuartillo de agua por minuto, es decir, 0.0077 l/s, o catorce y medio quintales (662 l) al día; la de una pulgada de diámetro (23 mm) daba un real o 18 pajas, que eran 18 lib/min, o sea 0.138 l/s. Esta última "llenaba una fuente de 4.5 varas en cuadro (14.22 m²) y una vara de altura (0.838 m) en el discurso de un día natural" (47), la que era "más que suficiente el abasto de un molino para el uso de lavar sus trigos" (48).

Determinaron que la menor concesión a favor de los particulares no debía ser menor de cinco pajas, que la toma de un real era sobrada para cualquier comunidad y que a hospitales y fuentes públicas les bastaba con 24 pajas (0.18 l/s).

En la memoria mencionada aparece una tabla en donde aparecen las unidades de medición que se definieron para el agua y sus equivalentes (fig 23).

Granos						
Pajas		1 7/9				
Dedos		9	16			
Reales		2	18	32		
Naranjas		8	16	144	256	
Surcos		3	24	48	432	768
Buey		48	144	1152	2304	20736 36864

Fig 23. Medidas de agua

Por otra parte, el Sr Iglesias informó "que la detención de las aguas en su curso a esta ciudad, provenía de que teniendo los molinos cuatro o seis cubos que llenar, dejaba de venir todo el tiempo que se necesitaba para rebozarlos. Por remedio de esto propuso que se pusieran unas compuertas en los cubos teniéndolos siempre llenos" (48). Agregó que el mal olor y sabor del agua de las fuentes se debía a que lavaban el trigo en la cañería, lo que

ocasionaba su azolvamiento. Pidió que se separara el agua que iba en los molinos, y ya no hubiera forma de que esta se incorporara a la de la cañería que abastecía la ciudad. Revillagigedo aprobó en 1793 lo anterior y además concedió 18 pajas para los molinos (49).

En ese mismo año, las cañerías subterráneas de la ciudad fueron reparadas, usando conductos de barro, según un apéndice remitido por el virrey al Ministerio de Gracia y Justicia de Indias el 28 de febrero de 1794, donde, al referirse a la renovación de la cañería de la calle de Tacuba, escribió "queda renovada la cañería maestra de la calle de Tacuba con caños dobles de barro encajonados entre cortinas de mampostería, y con registros para reconocer sus defectos sin necesidad de maltratar, como ha sucedido hasta ahora, los empedrados y enlosados de las banquetas" (50); aunque también se emplearon conductos de plomo, como lo indican los documentos del ramo de obras públicas, año 1793 del AGN (Archivo General de la Nación).

El marqués de Branciforte

Con este virrey, codicioso, ostentoso y falto de escrúpulos (51), se reconstruyó el acueducto de Santa Fe por última vez, en 1797, en un tramo de la calzada de la Verónica (52).

3.2 Acueducto de Belén

El acueducto de Belén tal vez el nombre lo tomó de la prisión homónima, aunque pudo ser al revés; se conoció también como de Chapultepec, aunque por este nombre se le confunde con el de Santa Fe o la Tlaxpana. La confusión evidentemente es porque los dos partían de los manantiales que ahí se encontraban, con la diferencia de que el de la Tlaxpana se abastecía de la alberca "grande" y el de Belén lo hacía de la "chica".

Hay que recordar que ya en 1540 pasaba por su traza una zanja hecha de tierra o barro. Posteriormente, aunque no se sabe cuándo, se cambió esta zanja por una de mampostería, pues para 1635, de acuerdo con el Teatro Mexicano de fray Agustín de Vetancourt, ya se habla de ella al referirse al manantial de Chapultepec: "en el cerro, media legua de la ciudad, está un manantial dentro de los jardines del palacio de los virreyes donde se hospedan antes del recibimiento público a sus venidas, cuyas aguas van por tarjea de cal y canto, y beben de ellas la mitad de la ciudad" (53). Quizá el cambio se hizo antes de 1571 que fue cuando según Peñafiel la alberca chica tenía "un brocal de mampostería [. . . de] longitud nueve metros y cinco metros sesenta y tres centímetros de latitud; y dos pisos bajo el agua, el primero como de tres metros de profundidad, y el otro cuatro aproximadamente" (54).

Para 1670, los habitantes de la zona sur de la ciudad, que era a la que abastecía este acueducto, se quejaban continuamente por la

insuficiencia del servicio; quejas que no fueron escuchadas sino hasta que fray Payo Enríquez de Rivera, caracterizado por ser un hombre preocupado por el progreso y bienestar general de la Nueva España, lo hizo. Después de consultar a las personas conocedoras ordenó al Cabildo Metropolitano que se ejecutase el proyecto que presentado para "reconstruir la atarjea de Chapultepec, cosa que se inició en el año de 1675 y se terminó en 1677" (55), según una placa encontrada en el castillo de Chapultepec fechada el 10 de septiembre de este último año.

Se levantaron los perfiles de la alberca de tal manera que el agua se elevó vara y media respecto al nivel anterior, por lo que fue necesario subir también la atarjea y reconstruirla casi totalmente, mejorándose considerablemente con ello el servicio (55).

En 1714 se reparó la atarjea; se levantó aún más el nivel tanto del agua de la alberca como del conducto, en tres cuartos de vara, para que, según una inscripción poco conocida que se encontró en el sitio donde estuvo el manantial, "teniendo peso logre México toda el agua que prometen estos ojos" (56).

El paso del tiempo hizo que los barrios de San Pablo no pudieran disponer más del preciado líquido, por lo que el 13 de febrero de 1738, cuando se concluyeron las obras de reconstrucción que los abastecerían nuevamente, hubo gran júbilo y regocijo en todo el barrio (57).

En la Gaceta de México del mes de febrero de ese año apareció al respecto lo siguiente: "por haber logrado en su tarde la introducción del agua en la capaz pila de su plaza principal, de que había carecido mucho tiempo; y se tiene por cierto permanecerá ya sin quiebra alguna, según el cuidado celo y aplicación con que ha cogido esta importancia al Regidor don Juan de la Peña Palazuelos, comisario asignado para ella, quien (de la misma materia, proporciones, mixturas y modelo que discurrió y dispuso el Regidor don Joseph Antonio Dávalos y Espinosa cuando se fabricaron los conductos para la plaza principal y de la Trinidad*) hizo labrar y asentar mil setecientos setenta y dos caños en el distrito de mil cuatrocientos noventa y cuatro varas, que desde la caja de Salto se numeran hasta esta pila, y al mismo tiempo se hicieron nuevas alcantarillas, de que se abastecen más de veinte pilas" (58).

Veinte años fueron suficientes para que esta cañería quedara casi inservible, por lo que en 1757 se demolió y en su lugar se construyó una arquería (41).

*Se refiere a los conductos de barro, cuya mixtura era de greda, proporciones de 44 dedos de longitud, dos de espesor y diez de diámetro; cilíndricos y pasados dos veces por el fuego, una al jagüete y otra al vidrio (pág 44).

El acueducto así construido media 4663 varas (3907.5 m) y constaba de 904 arcos. En la alberca se hicieron obras tales que elevaron una vara y tres cuartas más el nivel que tenía el agua, es decir, "que en esta última construcción se ha conseguido arena y plumilla; llegase a la de dos varas, y tres cuartas de altitud más de la que en su origen (sic) tubo, presediendo (como va dicho) varios, prolixos, y esquicitos experimentos" (59), de acuerdo con lo escrito en una de las lapidas encontradas en la fuente de Salto del Agua (fig 24).



Fig 24. Lapida de la fuente de Salto del Agua

Los 904 arcos eran "de mampostería y ladrillo, parecidos a los de la Tlaxpana, pero menos elevados" (60). Muchos de ellos estaban numerados en sus claves; entre los que tenían los números 565 y 566 se hallaba una lapida de mármol blanco que, después de dar algunos nombres de personalidades, concluye dando la fecha de terminación del tramo, mayo de 1772 (61).

"Tenía esta arquería dos fuentes, una cerca de la garita de Chapultepec, y la terminal en el Salto del Agua (figs 25 y 26). La primera fue remozada, ampliada y cambiada de lugar en 1921, según proyecto de don Roberto Álvarez Espinosa y en cuanto a la otra, se acaba de hacer (1949) bajo la dirección del escultor Guillermo Ruiz, una completa fiel réplica de la original, ya que ésta se hallaba derruida y desmoronándose rápidamente" (61).

Tanto la arquería como las fuentes quedaron concluidas el 20 de marzo de 1779, bajo el gobierno del virrey Antonio María de Bucareli, de acuerdo con la inscripción que aparece en otra de las lapidas encontradas en la fuente de Salto del Agua.



Fig 25. Fuente de Salto del Agua (litografía del siglo XIX [DDF])



Fig 26. Fuente de Salto del Agua

3.3 Acueducto de Guadalupe

La primera noticia que se tiene acerca de este acueducto data del 3 de octubre de 1676, cuando se concedió una merced de seis surcos (19.87 l/s) al capitán Roque Ruiz, bajo el compromiso de procurar al Santuario de Guadalupe el agua que necesitara (62). Sin embargo, parece que este primer intento no fructificó, pues se considera al virrey fray Payo Enríquez de Rivera el primero en proveer de agua al santuario; para lo que mandó construir una atarjea casi a flor de tierra que iba desde el río de Tlalnepantla, a más de dos leguas (como 10 km) de distancia, hasta una fuente ubicada frente a la puerta principal del templo (62), por la que corrió el agua por primera vez el 12 de diciembre de 1678 (63).

Para los habitantes del pueblo de Tepeaquilla, o Santa María de Guadalupe, el agua del río de Tlalnepantla fue como una bendición,

pues antes de ella "no disponían más que el del agua fétida del lago de Texcoco, en las inmediaciones, y la turbia del río que pasaba frente al santuario, llamado por eso río de Guadalupe" (64).

Un hacendado se compromete a que siempre llegue el agua al santuario

Desgraciadamente, poco tiempo corrió el agua por la zanja recién construida, por lo que el mismo virrey trató de entusiasmar a los hacendados de las inmediaciones para resolver conjuntamente la carencia del líquido (65). Así, el 24 de julio de 1679, concedió al dueño de la hacienda de Tulpa -después de Ahuehuetes -la merced de tres surcos (9.94 l/s), con la condición de que "a su costa mantuviera al corriente la atarjea que surtía al santuario" (66).

Sin embargo, el hacendado debió haber cumplido con lo acordado únicamente al principio, ya que para marzo de 1710 la Real Audiencia recibió una acusación contra él por estar defraudando a los vecinos del pueblo de Guadalupe, ya que "la cañería de calicanto que llevaba el agua de su hacienda al santuario se hallaba quebrada" (65).

Un vistazo a la atarjea

El virrey duque de Linares, en respuesta a la escasez de agua que padecía dicho pueblo, visitó junto con algunos maestros de arquitectura las 5525 varas (4630 m) de atarjea, desde la toma de agua de la hacienda de Tulpa hasta el santuario. Efectivamente, encontraron la atarjea "quebrada y derrumbada en muchas partes" (67).

Otro hacendado se compromete

Aparentemente, ninguna medida encaminada a poner en servicio la atarjea se tomó sino hasta principios de febrero de 1714, cuando se aceptó la propuesta del dueño de la hacienda de Santa Ana de que le fueran concedidos cuatro surcos (13.25 l/s) a cambio de mantener el acueducto en forma funcional.

Tampoco este hacendado cumplió con el compromiso; lo que dio lugar a que el agua siguiera escaseando en la fuente del santuario, ya que los labradores continuaron entreteniendo el agua "en sus propias tierras y provecho" (68). A pesar de varias reconvenciones que se le hicieron, el dueño de Santa Ana se mostró renuente a cumplir con el compromiso contraído. Lo mismo pasaba con otros hacendados que como él disponían de mercedes; por ejemplo el de la hacienda de Tulpa.

Ante este panorama desalentador, el virrey marqués de Casafuerte, comisionó en marzo de 1727 al regidor de la ciudad, José Antonio Dávalos y Espinosa, "para que midiese las aguas del río Tlanepantla y atendiera a que el santuario de Guadalupe y su vecindario gozasen de las suyas libremente; tras de lo cual, el 7 de agosto de este año y por disposición del virrey Dávalos

Espinosa añadió, a las ya adjudicadas, un surco y una naranja más, con lo que llegaron a cuatro surcos íntegros los asignados a dicho santuario" (68).

En ese mismo año, el dueño de la hacienda de Santa Ana costeó un buen tramo de atarjea, que "por mal construida y poco fundamentada respecto a la debilidad del suelo y con previo reconocimiento que se hizo de ella, se calificó por inservible" (69).

Lo obligan a que cumpla

El acueducto quedó en ese estado, hasta que en 1742 José de Lizardi y Valle, mayordomo tesorero de los propios y rentas del santuario, solicitó ante la Real Audiencia Gobernadora que el mencionado hacendado "cumpliese con la obligación de llevar a buen término la obra del acueducto en el plazo de un año, con el apercebimiento de que si no fuese así, la parte del santuario la costearía y procedería contra él y sus bienes hasta la efectiva paga" (70). La Audiencia resolvió que el dueño de la hacienda "debería, sin excusa ni dilación, ejecutar dicha obra, y que si bien se exponía a perder en lo sucesivo los remanentes que se le habían otorgado, ello no le eximía de costear la fábrica, sobre todo en atención al tiempo que venía beneficiándose de dichas aguas" (71).

Fue un pleito largo el que se tuvo con dicho hacendado; siempre se anduvo tras él para que cumpliera con lo pactado y a duras penas se lograba que diera parte de la cantidad que le correspondía. Se quejaba de que estaba casi arruinado debido a que no lograba buenas cosechas por falta de agua, y que encima tenía que pagar fuertes cantidades por ella, pero "lo cierto es que en todo el proceso se le trató con suma benignidad" (72).

La gente coopera

La construcción del acueducto, además de con el dinero que se le pudo sacar al dueño de Santa Ana, se realizó con el que generosamente donaba la gente, entre ellos "funcionarios públicos, dignidades eclesiásticas, militares, alcaldes, mineros y comerciantes" (73); por ejemplo, algunos mineros dieron barras de plata, y un obispo de Valladolid, por disposición testamentaria, destinó una fuerte cantidad. Además hubo quienes, como el oidor Echávarri, trabajaron empeñosamente en esta obra "sin admitir por sus servicios estipendio alguno y costeando aun diversos gastos de su propio bolsillo" (74).

Otra forma de juntar fondos para la obra era ir por las calles pidiendo cooperación "en las tiendas de plateros, pulperías*, casas, accesorias y personas encontradas durante el recorrido" (73). Ante esa disposición de la gente para cooperar, lo menos que se podía hacer era una obra funcional que no los defraudara.

*Tiendas donde se vendían bebidas.

Examinando el terreno, se resolvió que el agua fuese conducida por arquería, "por la altura que demandaba la tarjea, para que llegase con la competente al santuario" (66).

La construcción del acueducto se inició el 20 de junio de 1743, y no el 22, como aparece en la inscripción de la caja repartidora al final del acueducto (72).

La toma de agua se construyo en la presa del río de Tlanepantla, y de allí, de acuerdo con los desniveles del terreno, la atarjea se hizo subterránea o a flor de tierra; luego, para la mayor parte del recorrido, que en total eran 12696 varas (10639 m), se levantaron 2310 arcos de poca altura. Sus cimientos se hicieron profundos y de piedra resistente y sus sostenes, pilastras de dos varas (1.68 m) en cuadro (75).

La arquería que, provista de más del doble de arcos que las de Santa Fe y Belén, "no puede considerarse de gran valor artístico, debido a su reducida altura y a su poca airosa si bien maciza arquería, se engalana, sin embargo, de trecho en trecho, con varias pozas y fuentes de gran interés y de no escasa belleza arquitectónica" (76) (fig 27).



Fig 27. Arquería del acueducto de Guadalupe

Conforme iba avanzando la construcción, se iban realizando ritos religiosos, colocando inscripciones y se procedía a "reconocer, medir y nivelar", a fin de determinar el camino por donde se había de conducir y proseguir la obra (77). Evidentemente, el trazo estaba determinado de antemano y lo anterior se hacía para verificarlo y rectificarlo de ser necesario.

La atarjea tenía dimensiones variables, aunque en gran parte medía 50 cm de altura por 40 de ancho (fig 28). Además, en partes iba cubierta, como lo muestra la fig 29.



Fig 28. Atarjea del acueducto de Guadalupe



Fig 29. Atarjea cubierta en partes

Los desarenadores y las fuentes

Las pozas o reposaderas (fig 30), como se les llama en las inscripciones, no eran otra cosa que desarenadores, es decir, "tenían por objeto retener la arcilla, arena y demás substancias extrañas, sedimentos a los que se daba salida en la parte baja por medio de un tapón" (78). Estas se construyeron generalmente en los cambios de dirección del acueducto. Sería interesante conocer el origen de estos dispositivos, que pudieron ser de influencia europea, o bien fueron sugeridos por el gran contenido de sedimento que acarrea el río de Tlalnepantla. Sea como fuere, resultaron muy efectivas para posar las materias insolubles, los insectos y restos vegetales llevados por la corriente del acueducto; en cambio, formaban depósitos en la misma corriente, que fermentaban y producían materiales orgánicos solubles, cuyo mal olor se percibía al vaciar el lodo del depósito (79).

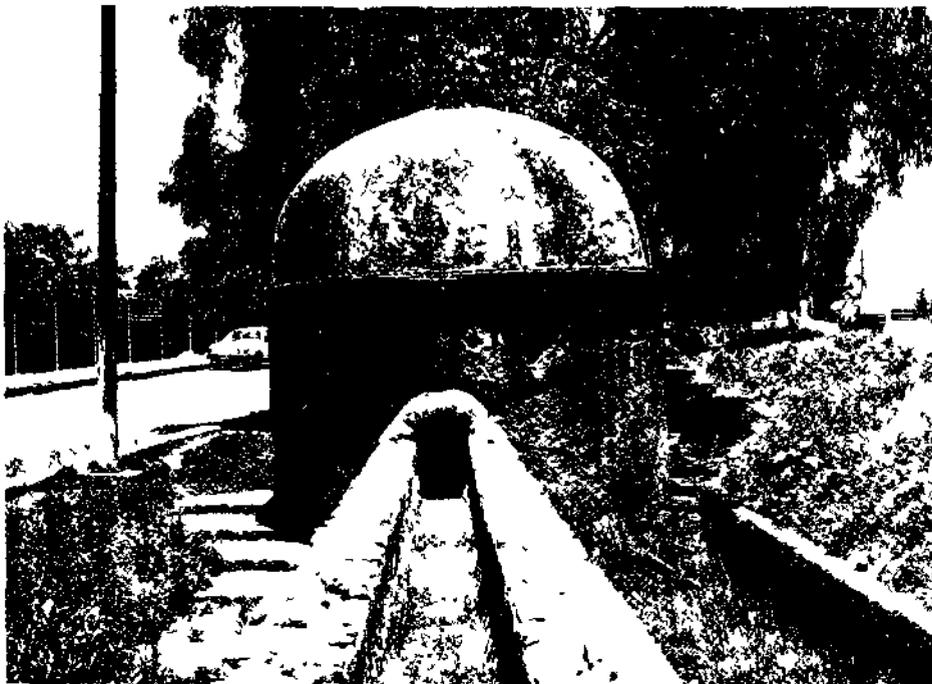


Fig 30. Desarenador del acueducto de Guadalupe

Las fuentes, por su parte, se construyeron para que la gente tomara el agua de ellas y no subiese a tomarla del caño, perjudicando la obra (80) (fig 31).

Acueducto sin defecto

En 1750 el oidor Tres Palacios, sucesor de Echávarri, nombró a "los peritos más acreditados en la arquitectura para que emitieran su opinión acerca del acueducto, y éstos declararon solemnemente que lo fabricado carecía de todo defecto" (81).



Fig 31. Fuente en el acueducto de Guadalupe

Se concluye la obra

La obra se terminó el 30 de marzo de 1751 al cerrarse la caja de agua, o pileton repartidor, ubicada en el actual cruce de las calles de Cantera y Morelos. Desde allí los vecinos acarreaban el agua, hasta que el 24 de noviembre de 1752 ésta se introdujo por la fuente de la plaza principal y se abastecieron de ella (82) (fig 32).

Reparaciones del acueducto

Las reparaciones del acueducto no se demoraron mucho, pues para 1754 se requirieron las primeras, luego otras dos años después, debido a los daños en la atarjea provocados por una inundación. La limpieza de la cañería también se necesitó con los años. Para 1776 se dispuso que se repusiese todo el aplanado, sin realizar ninguna otra reparación, ni limpia de lamas. Hacia 1793, 1796, y 1800 se hicieron reconocimientos de la atarjea, se rindieron informes sobre su estado y, por último, se efectuaron algunas reparaciones (83).

Hasta aquí llegan las noticias sobre dicho acueducto en esta época.



Fig 32. Fuente en la plaza principal

3.4 Acueducto de Morelia

Primera noticia

La noticia más antigua acerca de esta obra está en una carta enviada en 1549 al obispo Vasco de Quiroga por el provisor del Obispado de Michoacán, Juan García, en donde le comunicaba que "los indígenas no habían llevado piedra ni cal para continuar la fábrica del templo de Pátzcuaro, porque los traían muy ocupados en la construcción del caño de agua de Guayangareo (Morelia), añadiendo que ese caño se comenzó a hacer de césped y barro, pero que, habiéndose derrumbado por varias partes desde antes que por él caminase el agua, acordaron poner canoas, siendo éstas tan grandes que muchas veces no bastaban 200 indios para conducir una (sic) pues eran muchas las dificultades para su transporte porque no era raro que se llevasen desde ocho o nueve leguas de

distancia, habiendo entendido en este trabajo mucha parte de la provincia de Michoacán pues las autoridades repartieron en cada pueblo parte del trabajo" (84), continuaba diciendo que "habiendo ocupado el puesto de alcalde mayor de Guayangareo Jorge Carreón, le parecieron muy ruin fundamento del acueducto mencionando las canoas, y pensó en fabricarlo de cal y canto ordenando que no se llevasen ya las canoas grandes, sino tan sólo chicas, para los lugares donde era indispensable ponerlas" (85). El provisor opinaba que la obra era de trabajo perpetuo y no había esperanzas de que el agua llegase a Guayangareo.

Su ubicación

"El acueducto, se puede advertir pasaba por la parte central de la ciudad para desviarse un poco hacia el convento de San Agustín, y engrosarse posteriormente con el río grande" (85). El franciscano fray Alonso Ponce lo vio en su paso por Valladolid (Morelia) en 1585 y lo describió diciendo que "entra en ella (la ciudad) un arroyo de agua buena que traen de lejos de allí por una calzada para beber y para servicio del pueblo" (85). Sin embargo, este acueducto resultó insuficiente en poco tiempo.

La sisa se destina al acueducto

Los pobladores de la ciudad expusieron entonces al virrey marqués de Villa Manrique la falta de agua que padecían, y éste, el 28 de febrero de 1589, dispuso y mandó "que por tiempo de un año y no más se asentase en sisa en esta ciudad por estanco y de lo procedido de ella se invirtiese y gastase en traer el agua a esta ciudad y no en otra cosa" (86). Sin embargo, el Cabildo Vallisoletano hizo tan malos manejos de la sisa que fue imposible financiar la construcción de un acueducto más sólido que el del siglo XVII (87), por lo que abundaron sus reconstrucciones, parciales y totales, "debido a lo endeble de los materiales con que estuvo construido (madera, tierra, mezcla y piedra fundamentalmente). Este tipo de reconstrucciones las encomendó el ayuntamiento de la ciudad a los maestros de arquitectura, que residían en la ciudad y que generalmente eran obreros mayores de la catedral" (88).

Diferencias sociales

Curiosamente, el acueducto sirvió también para acentuar las diferencias sociales, pues por una parte los pudientes tenían facilidades para utilizar el agua mediante canales que llegaban a sus tierras y conductos para sus casas, mientras que por otra, los desprotegidos que tenían como única forma de tomarla dirigirse directamente al caño, tuvieron que dejar de hacerlo pues el 12 de enero de 1635 se prohibió que "toda persona libre, esclavos o esclavas, indios e indias, hicieran uso del agua lavando su ropa o haciendo otras actividades" (89), castigando con dinero o azotes, según su condición, a quien se sorprendiera haciéndolo.

Aquí las autoridades resultaron menos justas que las de la ciudad de México, en donde se obligaba a los mercedados a construir pilas

para beneficio de los pobres.

La obra se remata

El acueducto duró inconcluso durante algunos años, ante lo cual, en abril de 1638, después de los pregones indispensables de tres días, se remató la obra a Alonso de Molina, maestro de arquitectura, y a Joseph Méndez Pacheco, su fiador. Al no cumplir ambos con el contrato en lo que se refería a "hacer cañería cubierta con cal y canto desde la presa y toma del río hasta la atarjea que está junto a la dicha ciudad, que hay de distancia más de tres cuartos de legua" (90), se puso nuevamente en remate en febrero de 1652.

El arquitecto Lorenzo de Lecumberri

Después de muchas disputas entre las autoridades vallisoletanas y el arquitecto Lorenzo de Lecumberri, la obra se remató a éste ese mismo año, pero no fue sino hasta el 9 de noviembre de 1656 que se le confirmó el encargo y hasta el 18 de septiembre del año siguiente que lo comenzó, después de recibir dinero para comprar el equipo y la herramienta necesarios y contratar personal (91).

Muchos fueron los problemas entre el Cabildo de Valladolid y Lecumberri, por lo que en junio de 1659 el contrato quedó finiquitado. De hecho, Lecumberri únicamente había empezado a construir la cañería abierta desde la atarjea cercana a la ciudad hasta la plaza pública, a pesar de que se había señalado que era más necesario cubrir el ducto desde la presa y toma del río (del Rincón), por ser en este trayecto donde el agua se enturbiaba y se ponía de mala calidad (92).

Un virrey dona mil pesos

Los vecinos tuvieron pues que seguir abasteciéndose del agua proveniente del viejo conducto, que estaba en condiciones tales que para 1666 se hizo indispensable su limpieza y la reposición de algunas canoas en un terraplén de más de 2000 varas (1676 m) (91). Ante esta situación, y en vista de que la mala administración de la sisa continuaba, el virrey fray Payo Rivera, después de recibir una representación del Cabildo Eclesiástico, en septiembre de 1677, que le planteó el problema, donó mil pesos para mejorar la situación. De inmediato nombró al maestro alarife Pedro Nolasco de Guedea para hacerse cargo de la obra, quien pidió 32 canoas de 12 varas (10 m) de largo por $3/4$ (0.63 m) de ancho y $1/2$ (0.42 m) de hueco (93).

La cañería mejoró notablemente el servicio y Sebastián Aragón, escribano enviado del rey, dio fe, que "en esta ciudad de Valladolid y por la acequia donde corre el agua, [. . .] que para la plaza pública viene un buey de agua (159 l/s), y que es lo bastante para sustentar a esta república y a otras dos iguales a ella en gente y vecindad" (93).

Así quedó el acueducto y únicamente se le fueron haciendo reparaciones menores hasta su destrucción, ocurrida a principio del siglo XVIII, para dar paso a una recia arquería.

La arquería

En 1705 "se empezó la grande arquería y conducto de agua de esta ciudad, que tiene de largo tres cuartos de legua, a expensas del Ilmo Sr Escalante, obispo de esta ciudad" (94).

"Sin tomar en cuenta la longitud de la atarjea desde la toma del agua, la arquería en sí mide dos mil varas (1676 m) y se compone de doscientos cincuenta y tres grandiosos arcos de cantería, labrada al estilo romano, cada uno de nueve varas (7.54 m) de altura y seis (5 m) de latitud, sostenidos por pilares de dos varas (1.68 m) en cuadro. Tiene dos reposaderas, o cajas de agua, una de planta cuadrada y descubierta, y la otra, de gracioso aspecto, octagonal y con cúpula. El agua corría por un caño de media vara en cuadro" (95). Cada once o doce arcos se colocó un contrafuerte para aumentar la estabilidad de la estructura (96).

El conducto subterráneo y las pilas

Para distribuir el agua convenientemente entre los vecinos, en abril de 1731, se contrató al arquitecto Nicolás López Quijano para que "se diera a la tarea de fabricar 150 varas (125.7 m) de tarjea subterránea" (97). Dicho técnico construyó tres pilas; la principal ubicada en la plaza mayor; la otra, que consistía en un tanque ordinario de tres varas de largo y una y media de ancho, adosada a la parte de la cerca, con un taco que salía a la alcantarilla y derramaba el agua para que los habitantes del barrio de San José se abastecieran, y una última semejante que se hizo para los del barrio de San Juan (98).

Los vecinos se quejan

Un año después, "habiéndose hecho la totalidad de la obra, los vecinos por donde pasaba el caño principal del agua en la ciudad, se quejaban de las humedades de la cañería y alcantarillas de la conducción del agua, que había ejecutado Nicolás López Quijano. En vista de ello, el Cabildo encomendó una inspección de ojos de la obra desde la caja hasta la plaza pública de la ciudad, siendo acompañados los representantes del Cabildo por algunos de los maestros de alarife y canteríos, que intervinieron en la construcción de la obra. Los maestros alarifes y canteros coincidieron en señalar que la obra estaba construida según arte, más sin embargo, adolecía de algunos defectos como, por ejemplo: el que las cortinas de los lados (de la cañería) que deberían estar formadas de mampostería, conforme al contrato estaban formadas de maticán*, además de no tener cortina en la parte de

*Trabajos de piedra en voladizo.

arriba del caño, por cuya razón se experimentarían muchos y graves daños en el futuro. Acerca de la humedad en las casas coincidieron en afirmar y determinar que las alcantarillas del caño estaban fabricadas según arte, ya que la pared de ladrillo que tiene era suficiente para la seguridad de las paredes (de las casas) donde están arruinadas. Debiéndose dichas humedades, según estos canteros y alarifes, a los caños de la toma y data (caños que se dirigían a las casas mercediadas con una cantidad de agua), que estaban en sus suturas mal ensulacadas (faltas de mezcla), y que era de esta causa por lo que iba penetrando humedad a las paredes de dichas casas" (99), y no en sí a la obra de López Quijano.

Guardián "perpetuo" para la cañería

El Cabildo quedó tan satisfecho con el trabajo de Nicolás López Quijano que lo recompensó con dinero, además de nombrarlo guardián perpetuo de la cañería; pero no conforme, éste se aprovechó de su situación y quitó "el agua para regar sus tierras, abriendo algunas boquillas para sus cementerías, trayendo con esto grave perjuicio al bien público" (100). Por esto se le retiró el nombramiento, además de advertirle que si no cerraba dichas boquillas y partes por donde hacía abuso del beneficio del agua, se le cobraría una multa y tendría que pagar el costo para ejecutar la obra.

Problemas con la sisa

Es evidente que la dilación para concluir el acueducto estuvo relacionada con la mala administración de la sisa, la cual, inclusive, llegó a suspenderse por Real Orden en 1779, por lo que en mayo de 1781 el Ayuntamiento de Valladolid solicitó al rey de España que se restableciera su cobro, cedido de antemano para la introducción del agua a la ciudad, "para evitar la ruina que amenazaba a la arquería" (101).

En febrero de 1782 se procedió a una limpia general del caño de agua "por hallarse la tarjea desde la reposadera y arcos de agua muy ensolbada y con algunos daños, como también las alcantarillas que siguen hasta el caño real lo que necesita remedio" (102).

En 1783 se hicieron algunos reconocimientos al acueducto y se encontró que varios arcos estaban en peligro de caer, por lo que se pidió al virrey dictara licencia para realizar el gasto requerido (102). En septiembre del mismo año el Ayuntamiento recibió la licencia del virrey para reparar cuatro arcos.

Para mayo de 1784, el regidor y alcalde provisional, Isidro Huarte, informó que "el día de ayer como a las 7.00 de la mañana se me avisó que se habían caído treinta y tantas varas de la tarjea formada sobre los arcos por donde viene el agua a esta ciudad y que al mismo tiempo se desplomaron veintidós arcos por cuya razón está interrumpido el suministro del agua, y el público en extrema necesidad de ella [. . .] El Ayuntamiento acordó que la mayor brevedad se formasen unos cajones de tablonés y se colocaran en vigas para que recibiesen el agua de los arcos que existían sin

novedad y la trasladasen sobre los siguientes que estaban en pie" (103).

Pocos días después, el Ayuntamiento nombró a los arquitectos Diego Durán y Valentín Elizarraraz para que hicieran un reconocimiento del estado de la arquería y así lo hicieron, aunque fue inútil, pues de "papeleo y verbosidad" no se pasó, y como el Ayuntamiento de la ciudad no contaba con recursos los arcos se seguían desplomando (103).

Crisis económica y problemas de una revuelta

En 1785 la Nueva España en general padeció una de sus más graves crisis económicas, generada por la escasez de lluvias y el consiguiente desajuste agrícola. El obispado de Michoacán fue una de las zonas más afectadas (104), por lo que gran parte de los habitantes quedaron desocupados.

Bajo estas circunstancias, lo que más influencia tuvo en la gente fue el obispado, que sostuvo las quejas de los pobres ante la escasez prevalenciente, a la vez que propició que el bajo clero estrechara sus lazos con los campesinos y tuviera una mejor visión de la situación general del campo y la propiedad, "y no es un azar que el Obispado de Michoacán fuera más tarde uno de los principales centros de insurrección, ni que dos de sus obispos escribieran sobre la supresión de las desigualdades económicas y sociales en términos que fueron calificados de subversivos, ni que, finalmente, uno de los curas que participaron en la ("cruzada contra el hambre") desencadenara en esa misma región la revolución de la Independencia" (105).

Fray Antonio de San Miguel benefactor del acueducto

En vista de que el Cabildo insistía en que carecía de fondos para financiar la construcción de los arcos derrumbados, el obispo fray Antonio de San Miguel ofreció reconstruir el acueducto bajo su peculio. Para el Cabildo Eclesiástico esto representaba una coyuntura de tipo económico-social que permitió, entre otras cosas, dar "trabajo a multitud de desocupados que recurrían a la ciudad en ese tiempo, evitando, por el momento, que la mencionada masa del pueblo desocupado, se desbordara sobre quienes acaparaban y concenraban la riqueza (la iglesia, hacendados y comerciantes)" (106).

Parte de la carta que fray Antonio de San Miguel envió al Ayuntamiento para hacerle saber su decisión dice así (107) :

"Muy señor mio: En la Sagrada Escritura se tilda de crimen muy detextable al que rompe las Cañerías, o Aqueductos de las Ciudades, y Pueblos. No dista mucho de tan abominable crimen, el que, pudiendo cómodamente precaver al Público, que experimenta falta de Agua, cierra las manos y el bolsillo.

"Unida esta verdad al constante principio de Policía Limosnera, o Caritativa, que es la que, por estrecha obligon (sic), me

compete, y prescribe mi carácter Episcopal: Penetrado pues de la insinuada máxima, esto es: que el verdadero, y discreto modo de repartir Limosna (con destierro de la ociosidad, y vagabundería) es proyectar obras, en que toda clase de Gente pobre, con inclusión de los muchachos de ocho años para arriba, se ocupen, y ganen el correspondiente Jornal, con que a lo menos aseguren su alimento: que esta idea política económica urge más quando los pobres experimentan carestía en sus principales alimentos, como en el día sucede: Noticioso assi mismo, de que la cañería, y Aqueducto de esta Ciudad exige el más prompto reparo, pues muchos de sus Arcos amenazan ruina; y aún ya ha sucedido pocos años ha, que alguno se arruinase experimentando el Público total falta, y escasez de Agua.

"Con presencia de todo lo dho. y de que los fondos de V.S. son muy cortos, he formado dictamen preceptivo de Conciencia para ofrecer, y franquear a V.S. promptamente por vía de Donación absoluta toda la cantidad de dinero, que sea necesario para sin demora se repare, y fortifique la citada Cañería.

"Sobre esta mi Oferta, o Donativo del fondo de mi Renta puede desde luego V.S nombrar señor Comisionado, que con instrucción económica, y ciencia experimental en punto de obras, emprenda luego, luego el insinuado reparo, o reparos del Aqueducto".

Como el Ayuntamiento no contaba con fondos para la reparación aceptó la oferta del obispo y de inmediato se nombró vigilante de la obra al regidor Isidro Huarte, quien tuvo que resolver serios problemas "tales como la carencia de cal que se traía de las minas de Etúcaro y que por destinarse a la construcción de la Factoría faltaba a la de los arcos" (108); respecto a la cal que se empleaba en el acueducto se dice que "le mezclaban pencas de nopal bien picaditas y sangre de toro para hacerla más coagulante" (108). Aparentemente, es posible que las pencas de nopal se hayan empleado, ya que los prehispánicos las usaban junto con las de maguey como aglutinantes para sus estucos, pero lo de la sangre de toro suena más extraño.

Trayecto del acueducto

El agua que llegaba a la ciudad provenía de los manantiales que estaban al oriente de la población, llamados Carindapaz, el Moral, San Miguel del Monte y otros de la hacienda del Rincón, de donde se conducía por una atarjea de cal y canto, que seguía las sinuosidades del cerro del Rincón hasta la planicie en donde empieza la arquería (109); el agua se introducía mediante un sifón (96) y penetraban a la ciudad a la vera de la arboleda del antiguo Paseo de San Pedro (fig 33). "Los grandes arcos que cierran la actual Avenida Madero, a un lado del Templo de Lourdes y frente a las Tarascas, se concluyeron en agosto de 1788" (fig 34) (110).

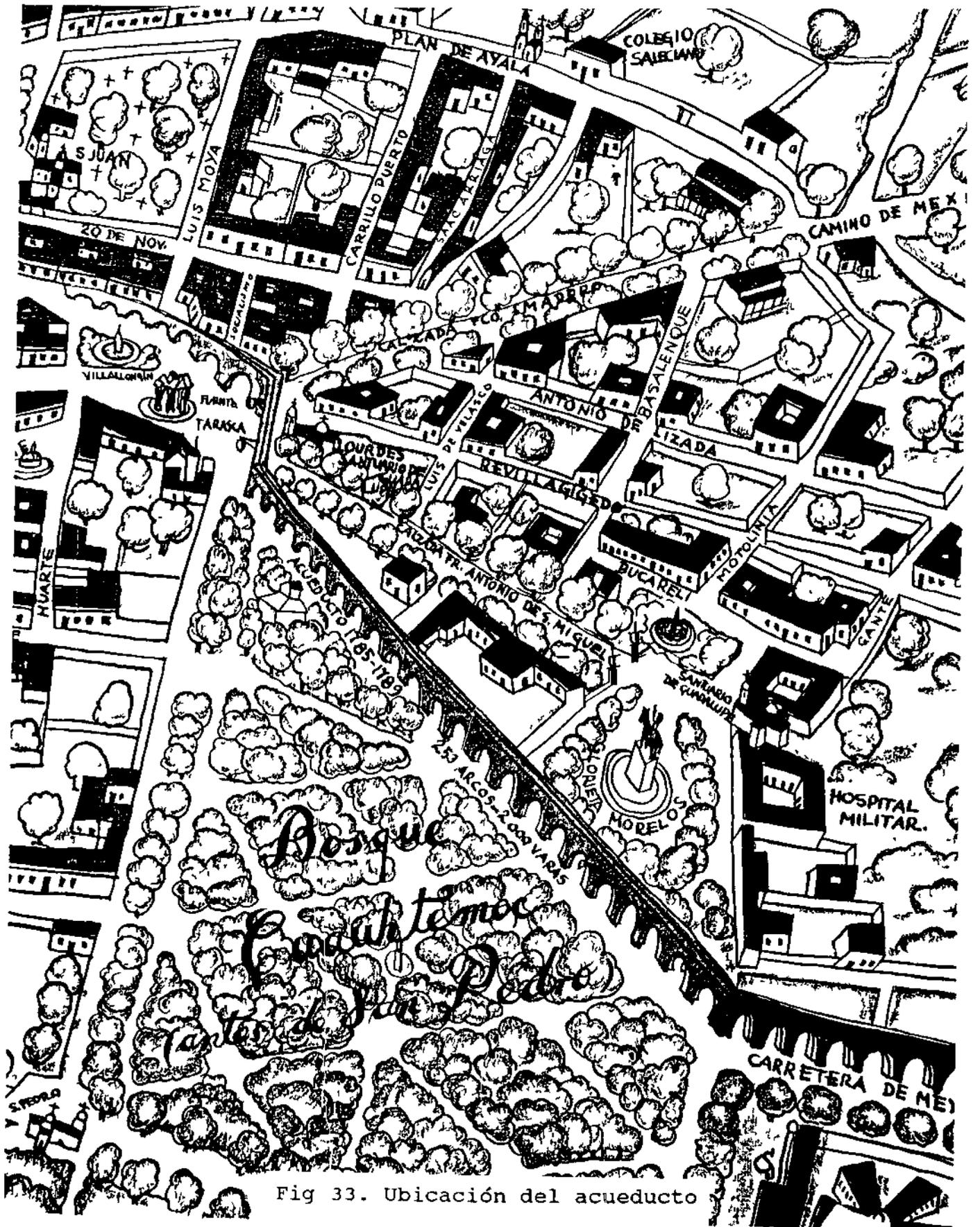


Fig 33. Ubicación del acueducto

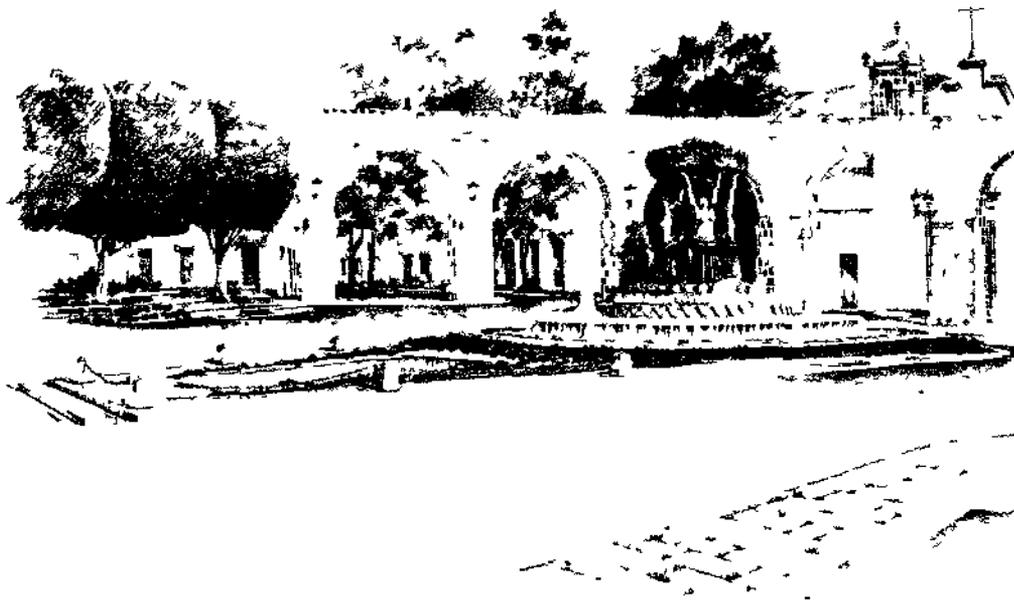


Fig 34. Fuente de las Tarascas

Nuevamente fray Antonio de San Miguel

Aprovechando la buena disposición de fray Antonio de San Miguel, el cabildo acordó el 22 de junio de 1789 mandarle un oficio político "para que haciéndole presente de la necesidad que tenía la ciudad de una nueva cañería (subterránea), debido a que la antigua cañería era incapaz de recibir toda la porción de agua que despedía la arquería nueva se sirviera de sufragar la construcción de nueva cañería en la ciudad, debido a las nulas posibilidades del cabildo para hacerlo" (111).

La respuesta del obispo fue que "se continúe la obra de la tarjea hasta la caja de agua, y desde ésta se siga en la limpia de la cañería, hasta concluirla en lo necesario y que evaluando ésta se podrá resolver sobre lo demás" (111).

Las mercedes

"La proliferación de pilas públicas y mercedes de agua, fueron congénitas con el desarrollo de Valladolid durante el último tercio del siglo XVIII. Las necesidades del pueblo de este líquido fueron patentes, y los privilegiados con las mercedes eran la muestra de la diferenciación social existente. Las órdenes religiosas, comerciantes y miembros y exmiembros del cabildo, resultaron ser los más favorecidos con las mercedes de agua" (112).



Acueducto de Morelia

En Valladolid, como en otros lugares, los abusos de los mercedados estuvieron a la orden del día. Estos los hacían generalmente ampliando las aberturas de las mercedes concedidas.

Fuentes en memoria de fray Antonio de San Miguel

Para mostrar el agradecimiento a este fraile por la reconstrucción de acueducto, aparte de una inscripción con su nombre, como benefactor de la obra, hecha en 1788 y colocada al frente de los arcos, a la salida de la calle Real para el rumbo de la calzada que va al santuario de Nuestra Señora de Guadalupe, en 1791 el Cabildo de Valladolid solicitó al virrey permiso para hacer dos fuentes públicas en su memoria, de las cuales la primera estaría financiada por todos los miembros del Cabildo, y la segunda por el alférez real (113). Estas se sumaron a muchas que ya existían, ya que "según D. Mariano de Jesús Torres, la ciudad contaba con cerca de 14 fuentes públicas, localizadas éstas en diferentes partes de la ciudad, en las postrimerías del siglo XVIII. Siendo éste el panorama que privaba en Valladolid respecto a las mercedes de agua y las pilas públicas a finales del siglo XVIII y aún a principios del XIX" (113).

No hay noticias de reparaciones o reconstrucciones que se hayan realizado al acueducto después de haber entrado en servicio, por lo que se presume que permaneció en buenas condiciones hasta que fue cegado.

3.5 Acueducto de los Remedios

Primera noticia

La introducción del agua potable al pueblo y santuario de nuestra Señora de los Remedios data de 1616, cuando el 26 de octubre de dicho año el virrey marqués de Guadalcázar en una cédula hizo la merced "a la ermita de nuestra señora de Los Remedios, extramuros de esta ciudad de Méjico, de una naranja de agua para la limpieza de ella y sustento de la gente que va a novenas" (114). El agua había de tomarse de un pueblo adelante de Tacuba, llamado Cimapa o Chimalpa, donde había un manantial que pasaba por las canteras de los Remedios, hoy llamadas de Etchegaray, y el pueblo de San Lázaro, hasta donde se había de llevar encañada. "De allí se había de subir hasta el patio de la ermita, y la que sobrara se había de dejar libre, para que la utilizaran los pueblos de San Bartolomé Naucalpan, Santa María Nativitas y Santa Cruz" (114).

El Pbro García Gutiérrez en 1929 opinó: "No se qué obras de Ingeniería se emprenderían entonces pero es cierto que algunas se emprendieron y no dieron resultado" (114).

Canal asociado a un sifón

Según el Ing Augusto Prister, las obras que se construyeron consistieron en un canal que transportaba el agua de los manantiales al sur del santuario, ubicados aproximadamente a 2 km de distancia y a más de 100 m sobre el nivel de la plazuela del santuario*, seguido de unos tubos de barro que formaban un sifón, de cerca de 500 m, que atravesaba una barranca de aproximadamente 200 m de ancho y 25 de profundidad; finalmente, el agua vertía en una fuente que salía, probablemente, de la boca de un león ahí labrado (fig 35) y que lleva la fecha 1629 (116). El que dicha

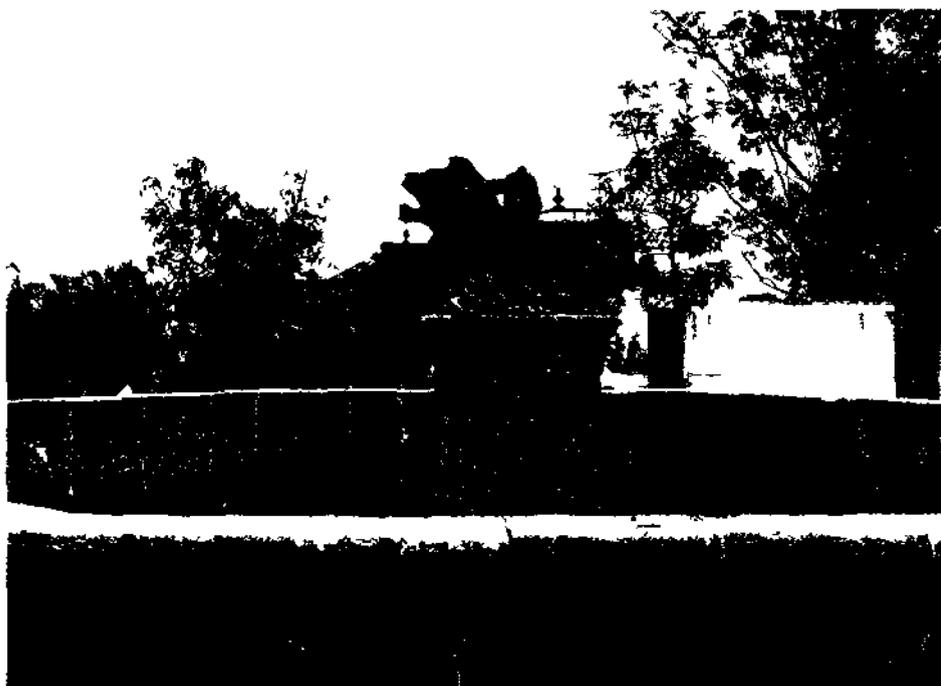


Fig 35. Fuente cerca del Santuario de los Remedios

fuelle haya estado en servicio alguna vez le pareció al Pbro García un hecho bien probado para los años próximos a 1724; basado en la inscripción que encontró en la fachada de una casa, ubicada a un costado de la plazuela, en la que se lee sobre el agua que ahí vertía y la fecha, abril de ese año, y por las señales que según él dejó el agua en la azotea y la pared de la casa al subir hasta la primera, para después bajar a la fuente. Otro argumento que le sirvió para confirmar su suposición fue la inscripción encontrada en la fuente mencionada, que tenía la fecha de 1724 (117).

*Romero de Terreros llama la atención sobre la incertidumbre con base en esta afirmación (115).

¿Llegaría el agua a la fuente del santuario?

Romero de Terreros puso en duda que el agua haya llegado a la fuente y escribió que en caso de haber sido así, lo hizo "por conducto completamente distinto al del fallido sifón, no sólo porque el más lego comprende que esto era materialmente imposible, dada la enorme diferencia de nivel que hay entre las torres y la plazuela del santuario, sino porque subsiste el irrecusable testimonio del padre Florencia" (115), quien desde 1685 declaró que "el corregidor de México don Alonso Tello de Guzmán, como cabeza del Cabildo y de suyo tan afecto a este santuario, puso todo su conato y calor en traerla (al agua) encañada por arcaduces (caños*) subterráneos, cogiéndola en altura superior, al puesto de la Casa de la Virgen, el año de 1620, y después de haber gastado (según dicen) más de quince mil pesos en la obra, no se consiguió, o porque no se franqueó bien la altura, o porque las alcantarillas que la habían de conservar no acertaron" (118).

Al visitar actualmente los Remedios, descender hacia los arcos del acueducto y observar las torres en dirección al templo, se puede advertir sin temor a equivocarse que este último queda más arriba de las torres, como también lo señalaron unos ingenieros en 1765 (119). Por lo que la duda planteada por Romero de Terreros es válida, a pesar de que el Ing Prister lo hubiera interpretado como "crítica malévola o duda de los detractores de las construcciones" (120).

Sin embargo, queda la incógnita de saber porqué el padre Florencia afirmó que la obra fue inútil, mientras que al Pbro García le aseveraron que "estuvo corriente el agua en una fuente en aquel santuario" (121).

Las torres

Ya sea que el agua haya llegado o no hasta la fuente de la plazuela del santuario, es evidente que el sifón se construyó, y que "para evitar que la cantidad de aire, que forzosamente tenía que llevar el agua, obstruyera su paso por la cañería, resolvieron construir dos respiraderos, por medio de tubos verticales, a cada lado de la barranca, lo suficientemente altos para permitir que se descargara el aire sin que se saliera el agua. Para sostener los tubos, el director de las obras (influido o no por estampas bíblicas) ideó la construcción de las torres" (122). Estas torres las llamó Romero de Terreros "de Babel" y el pueblo las conoció como "caracoles", por las escaleras en espiral que tienen en su interior.

*Romero de Terreros escribió "sifones", pero "caños" es el significado.

Las torres, "construidas de ruda sillería, sobre planta circular, y exteriormente de ocho cuerpos escalonados, miden en su base ocho metros de diámetro y alcanzan una altura de poco más de veintitrés; por dentro se hallan provistas de una escalera en espiral, también de piedra, en torno de un macizo cilíndrico, cuyo eje atraviesa un tubo de barro cocido. Naturalmente, como las torres van disminuyendo de diámetro a medida que se elevan, las escaleras se convierten en exteriores, en la del oriente al nivel del séptimo cuerpo, y en la occidental al del quinto" (fig 36) (123).



Fig 36 . Torres "quizá usadas" como respiraderos

Corrida de toros para llevar agua al santuario

En vista de la escasez de agua en el santuario y poblado, el 18 de septiembre de 1764 el marqués de Cruillas, fiel devoto de Nuestra Señora de los Remedios, decidió resolver la situación ordenando que "se hicieran ocho días de toros en la plazuela de Santa Isabel, de la ciudad de Méjico, durante los dos días del próximo mes de noviembre, a beneficio de las obras de conducción de agua al santuario" (124). Sin embargo, se tuvieron problemas en Santa Isabel, por lo que las corridas se hicieron en la plazuela de San Diego. Además, hubo que comprar animales y lo necesario para torear, como una espada, banderillas de fuego, etc. y pagar a los toreros y a los de a caballo (124). Así, "hechos todos los pagos y unas limosnas que mandó el virrey, la ganancia líquida fue de \$ 12 819 y 2.5 reales, que el 14 de febrero de 1765 mandó el virrey que se entregaran a don Juan Manuel de Astiz para que los tuviera a disposición de don José Rodríguez del Toro, juez superintendente conservador de los propios, rentas y obras públicas de la ciudad y privativo del desagüe" (125).

"Comisionados el ingeniero del rey, don Ricardo Aylmer, de origen irlandés, y el maestro mayor de arquitectura, don Ildefonso Iniesta Bejarano, para estudiar el caso y decidir qué obras tendrían que hacerse, el 30 de abril (del mismo año) salieron estos señores, en compañía del oidor Rodríguez del Toro, de don Bernardo Becerra y del escribano Antonio Grondona, a recorrer los alrededores de los Remedios, inspeccionar el terreno y presentar el dictamen y el proyecto correspondiente" (126).

Informes y dictámenes

El informe presentado por don Ildefonso de Iniesta Bejarano iba acompañado de un plano donde ubicaba el antiguo acueducto, e incluía el proyecto de la futura obra; allí se lee que el río alimentador llevaba como 40 surcos (132.5 l/s) y que la toma de agua, hecha de mampostería, tenía "una tercia de vara en quadro", refiriéndose esto seguramente al área transversal que sería de 28 x 28 cm; después se iniciaba la zanja que iba sobre cuatro arcos para salvar las barrancas y llegaba a la caja de agua, donde comenzaba la cañería, evidentemente constituida por tubos de barro, que iba a surtir una alcantarilla; luego continuaba la cañería hasta otra más elevada, y, finalmente, estaba la fuente inmediata a la iglesia. Sobre su estado dijo que la toma de agua y los arcos necesitaban reparación y la zanja, desazolvamiento total; que la caja de agua estaba arruinada y que la cañería estaba toda perdida (127). Es extraño que en su informe no haya hablado de las torres.

Por su parte, el ingeniero del rey, don Ricardo Aylmer, en su informe del 24 de mayo de 1765 escribió que encontró la zanja abierta cegada, y que el conducto que le seguía eran "atenores o cañones de barro" que se extendían hasta la primera torre que servía de receptáculo. A los cuatro arcos que mencionó don Ildefonso de Iniesta él los llamó puentes y dijo que tres permanecían en buen estado y uno estaba arruinado. Sobre la

cañería comprendida entre las dos torres y la que llegaba a la fuente dijo que había quedado inservible.

En su informe, concentrado básicamente en el proyecto de la nueva obra, proponía reparar las partes antiguas hasta la caja de agua, que distaba de la primera torre 477 varas (400 m), y sugería iniciar allí una arquería compuesta de dos cuerpos de arcos "que degeneran de una y otra parte del terreno natural", para poder ganar las 30 varas (25 m) de profundidad que tiene la cañada, y después seguir por atarjea cubierta hasta su última entrega a la fuente (128).

El proyecto de don Ildefonso de Iniesta era muy parecido: proponía también reparar las obras hechas hasta donde se iniciaría la arquería para salvar la barranca, pero no mencionaba que debería ser de dos niveles, ni que había que construir una atarjea y una alcantarilla de mampostería, para llevar el agua a una pila nueva que se haría cerca de la iglesia (129).

Los informes y dictámenes anteriores se sacaron de los apéndices que incluyó el Pbro García en su artículo; sin embargo, en ellos no se encontró lo que mencionó García respecto a que ambos señores opinaban que "fueran demolidos los torredones, que en la hondonada se hiciera una serie doble de arcos superpuestos y que no se llevara el agua hasta la plazuela" (130). Tal vez, éste haya sido efectivamente el consenso entre dichos señores, pero no aparece en sus informes.

Se inicia la arquería

El 25 de mayo de 1765 Rodríguez del Toro "determinó que comenzaran las obras con el dinero que había, con la esperanza de que las limosnas de los fieles y los nuevos arbitrios que proporcionara el virrey sirvieran para completar la cantidad que faltaba" (131).

Para el 17 de diciembre ya se había concluido el caño, que tiene aproximadamente 30 cm de ancho por 30 de altura y 500 m exactos de longitud; sostenido por 50 esbeltos arcos de medio punto, de 6.70 m de ancho y más de 16 m de altura hasta la clave, con pilares de 2.05 m de frente por 1.70 m de espesor" (fig 37) (132).

La obra iba avanzando relativamente rápido ya que "en aquella época la mano de obra era tan abundante como económica" (133). No obstante, la obra se suspendió en los mencionados arcos y ya no se intentó construir la arquería superior, según el proyecto del ingeniero del rey, "seguramente porque en seguida se comprendió su inutilidad. La noticia del fracaso pronto se esparció a los cuatro vientos" (132).

Olvidando su ineficiencia hidráulica, desde el punto de vista meramente arquitectónico, la arquería del acueducto de Los Remedios fue obra eminente, digna de romanos y de gran valor estético, tan fue así que Juan O'Gorman la llevó al óleo en uno de los más bonitos y originales paisajes de la pintura mexicana

contemporánea (fig 38). La fig 39 muestra los restos del acueducto desde el sitio donde O'Gorman se inspiró.

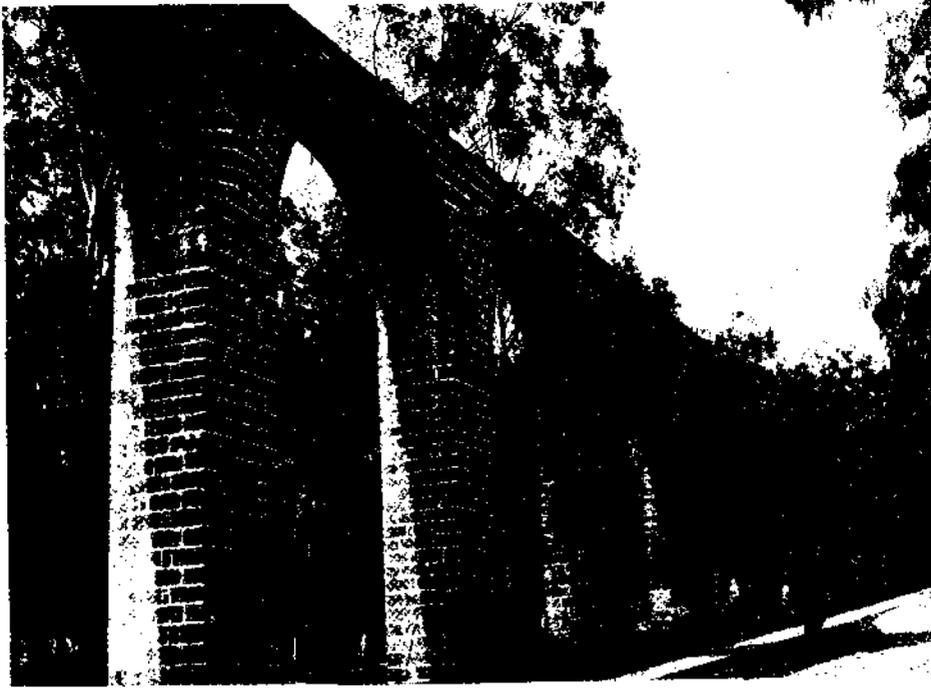


Fig 37. Arcos del acueducto de los Remedios



Fig 38. Acueducto de los Remedios (1943)



Fig 39. Acueducto de los Remedios (1987)

3.6 Acueducto de Zempoala

Otumba es el nombre del poblado al que abasteció este acueducto, establecido cerca de Teotihuacán, en la parte oriental del Valle de México. "No es Otumba lugar interesante, ni ameno su paisaje, ni fértiles sus tierras labrantias. Su importancia es meramente histórica porque después de la Noche Triste, Cortés se repuso allí de la derrota, abasteció a sus hombres, reorganizó su real y emprendió las gloriosas jornadas que habrían de culminar en la caída de Tenochtitlán. Que los agustinos* fincaron en Otumba, se explica porque su política era llevar la cruz donde abundasen los gentiles" (135).

Zona maldita

Fundada sobre una eminencia, la población no podía aprovechar el agua de los cerros circundantes. Hasta mediados del siglo XVI sus habitantes sufrían terriblemente por la escasez del preciado líquido; contaban únicamente con el aljibe del convento, del que en épocas de secas la poca agua que lograban sacar venía con

*Quienes fincaron toda esta zona fueron los franciscanos; inclusive cuando los agustinos intentaron establecerse en Teotihuacan solicitaron su ayuda, pero ni esta les sirvió para que los indios los aceptaran (134).

material cenagoso del fondo, con el jagüey que estaba al otro lado de la calle, donde si bien el agua era más abundante también lo eran las miasmas (136), y algunos charcos por donde pasaban las bestias encenegándolos. "Como consecuencia [a la población] la diezaban las enfermedades, si no es que moría tras prolongadas, patéticas fiebres. Aquella zona parecía maldita, olvidada del mundo [. . .] ¿Cómo, pues, remediar aquel mal?" (137).

El padre Tembleque

En aquel tiempo se encontraba en el convento de Otumba un fraile franciscano original del pueblo de Tembleque, quien se condelecía enormemente al contemplar como los indios extraían con sus cántaros el fango del aljibe del convento y los jagüeyes. Afortunadamente, comprendió que la compasión de poco servía en casos como éste, por lo que supo que algo tenía que urdir.

Francisco de Tembleque empezó a interrogar al pueblo sobre posibles fuentes de agua, pero las respuestas eran siempre desalentadoras; respecto a excavar pozos le contestaban que sus antepasados ya lo habían intentado pero aquella era una tierra maldita, reseca y despiadada (138); en cuanto a tomarla de algún manantial cercano, le decían que ahí no había más que tierra y piedra. Hasta que un día un nativo viejo le mencionó que había un manantial muy lejos, en Zempoala.

Fraile loco

Cuando el padre Tembleque propuso llevar las aguas desde Zempoala hasta Otumba, "sus compañeros de orden lo tuvieron por un fraile trastornado, temerario, extravagante, a quien la lectura de los textos latinos le habían sorbido el seso" (137). El provincial, los guardianes de Otumba, Tepeapulco y Zempoala con sus consejeros, los gobernadores hispanos, junto con los que se decían concedores de la tierra, juzgaron que era propósito fuera de razón por encontrarse Otumba a la altura superior al nivel de los manantiales (139). Sin embargo, a pesar de la actitud descorazonadora de las autoridades religiosas y seculares, el fraile persistió en su propósito. Iba y venía de Otumba a los manantiales, situados a una distancia de legua y media (4 km aproximadamente), en línea recta, al poniente de Zempoala, estudiando el camino que seguiría al acueducto. Por los rodeos que habría de dar, entre cerros y quebradas, calculaba un recorrido aproximado de quince leguas (como 45 km) hasta Otumba (140).

Se dice que, por sus atentas observaciones, el padre Tembleque estaba seguro de que los manantiales no quedaban a un nivel inferior al de Otumba (140). Sin embargo, hay que suponer que él dispuso de algo más que simples observaciones, para estar seguro de lo que decía, ya que se trataba de una longitud considerable y de una diferencia de nivel de no más que, 200 a 250 m. Conviene recordar que, mientras que la mayoría de los autores coinciden en que el recorrido era de 15 leguas, el Arq Ricardo Robina en sus "Notas sobre un trazo y Arquitectura" (141) afirma que la longitud era de apenas 34 km.

Según Díaz Ruanova, el único aparato que el fraile empleaba era un "antiguo nivel de agua" (142).

Las autoridades acceden

Ante la pertinacia del padre Tembleque las autoridades finalmente consintieron la realización del acueducto, "no porque se hayan convencido, sino para recuperar la tranquilidad" (140). Pensaban que el fracaso que tendría sería "la medicina eficaz de su sordera a las razones del buen juicio" (140).

Puso haldas en cinta

De inmediato el padre Tembleque puso haldas en cinta, es decir se arremangó el hábito, y en 1554 dio inicio a la obra con la ayuda del pueblo; diestros y sufridísimos indios, principalmente de Otumba, entre los cuales había muy hábiles cortadores y talladores de piedra, que revelaban una gran tradición constructiva, justificada por la vecindad de Teotihuacán (141). Se empezó con llevar el agua desde la vertiente sur del cerro de Tecajete por una atarjea de cal y canto que en partes iba a flor de tierra y en otras subterránea. A poco menos de un kilómetro se inició una bifurcación que, atravesando la hacienda de Santa Inés Amiltepec con una arquería de cierta importancia*, llegó hasta Zempoala, con un recorrido de 8 km, proveyendo de agua a esta población. Es posible suponer que esta ramificación del acueducto tuviese como origen una forma de compensación exigida por los de Zempoala al padre Tembleque, por permitirle llevar el resto del agua desde tierras de su pertenencia hasta Otumba" (145).

Construyeron luego una segunda arquería, de menor importancia, con 13 arcos, para soportar la atarjea que se encaminaría a Otumba.

La tercera arquería la hicieron para atravesar la barranca de Tepeyahualco, siendo ésta la más notable y la que dio fama a su constructor. Actualmente, este lugar se conoce con toda justicia como "Arcos de Tembleque".

Esta última arcada "está cubierta por un número de 66 arcos y dos tramos macizos en los extremos, uno de ellos de 45 m y otro de 65 m. Cada uno de estos arcos se halla sustentado por un machón de 2.80 m de ancho en el sentido longitudinal y 2.60 m de grueso o sea transversalmente. Teniendo en cuenta la altura del arco principal**, resulta una relación de altura a ancho de 15 a 1; o

*Cuarenta y seis arcos, de los cuales el mayor mide unos 10 m, y los dejaron tan holgados que bien podrían pasar a través de su ojo tres carretas simultáneamente (142).

**Mayor de 38.75 m (según de la Maza y otros (143) 39.5 m). Su dimensión se aprecia mejor si se compara con la nave central de la Catedral de México, que es de 24 m, es decir que este arco tenía 14 m más de altura. Además su claro es de 17 m, excediendo al de cualquier nave de iglesia colonial (144).

sea, una proporción extraordinariamente esbelta para una obra en piedra" (146) (fig 40).



Fig 40. Arcos del acueducto de Zempoala

A la atarjea soportada por esta sorprendente obra le dejaron las exiguas dimensiones de 36 cm de ancho por 20 de altura; además, en algunas partes iba cubierta y en otras no (147) (fig 41).

La fig 42 muestra la trayectoria que siguió el acueducto.

Como obras subsidiarias se construyeron a lo largo del acueducto varias alcantarillas para proveer de agua a los convecinos, cada una rematada con una cruz (148).

Para los de Zempoala se construyó una alcantarilla "que consta principalmente de un depósito profundo y rectangular, y otro menor más adelante, a la entrada del caserío" (149).



Fig 41. Atarjea cubierta del acueducto de Zempoala

En la última arquería se hicieron dos cajas de agua, ubicadas en sus extremos (fig 43), "y una pila que, con destino al uso de animales, estaba provista de una pequeña desviación del canal principal, para su aprovisionamiento (fig 44). Constructivamente las cajas de agua, que tienen un claro en planta de 1.80 x 1.80 m, están techadas por bóveda de sección triangular en que solamente opera la cohesión de los materiales" (147).

Las cimbras

Como cimbra se levantaron muros de adobe "para descansar los tramos de arcos hasta su terminación, quedando después estos cegados por el adobe que la intemperie ha ido deshaciendo al correr del tiempo; aunque existe la posibilidad de que haya sido destruido por los constructores mismos con objeto de aminorar el empuje del viento" (150). Aún subsisten estos muros en algunos arcos (fig 45).

Frailes a cambio de agua

Cuando todo iba saliendo de acuerdo con el plan del padre Tembleque los de Zempoala protestaron: "alegando derechos de propiedad sobre el agua, le expusieron su pretensión de no dejarla pasar a Otumba, sino mediante el pago de cierta cantidad anual en pesos de oro" (151).

Después de un periodo de estira y afloja el problema se solucionó el 7 de febrero de 1553, cuando en la congregación de San Antonio Texcoco, los superiores de la provincia del Santo Evangelio suscribieron el convenio en que Otumba se obligaba "in perpetuum" a proporcionar frailes al convento y pueblo de Zempoala, a cambio del agua (152).



Fig 43. Cajas de agua del acueducto de Zempoala



Fig 44. Pila para uso de animales

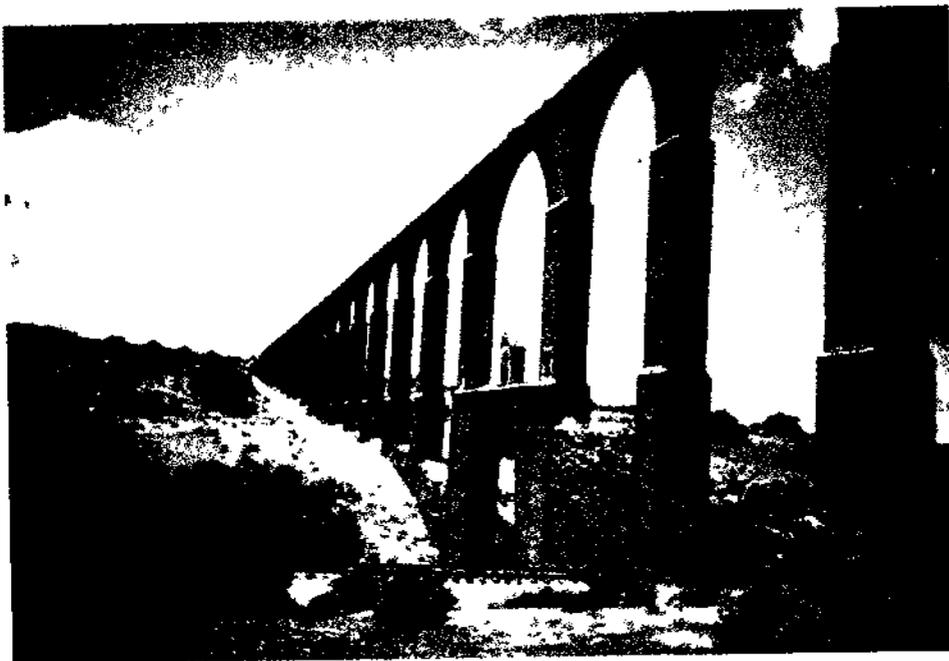


Fig 45. Muros de adobe usados como cimbra

El día del triunfo

Cuando por fin, en el año de 1571, llegó el día tan esperado de la conclusión de la obra, se realizó un rito, cuya esencia fue la misma que el celebrado por los mexicas al recibir el agua de Acuecuexcatl, en tiempos de Ahuizotl: agradecer a una fuerza divina. Se cantó una misa, después el padre Tembleque bendijo el gran depósito de agua y finalmente vino el himno (153), esta vez dirigido al Dios traído por los españoles, ya no a la Chalchiuhtlicue.



Fig 46. Acueducto de Zempoala

Algunas frases en alabanza del acueducto

Este acueducto, aparte de que fue funcional, constituye a la fecha una de las más hermosas joyas arquitectónicas heredadas del virreinato, principalmente su arquería mayor, que ha sido la admiración de cuantos lo han visitado a través de los siglos, entre ellos fray Alonso Ponce, comisario general de las provincias franciscanas, quien en el siglo XVI expresó "(los arcos) [. . .] causan admiración porque son altísimos, muy bien sacados y vistosos " (154); en el siglo XVII Torquemada, después de describir el acueducto, escribió: "a los que ven cosa tan maravillosa, les pone asombro y espanto. Y lo que más se encarece, es que si fuera paso para ello, podía pasar por debajo de él [el arco más grande] un navío grande a vela tendida " (155); José Antonio de Villaseñor y Sánchez cuando escribió su Teatro Americano, en el siglo XVIII, se refirió al acueducto diciendo que

tenía "unos sumptuosos arcos, insignes entre todas las fábricas del reino, [. . .] tan altos en el medio de los ojos de los medios puntos, y tan elevados sus pilares, que apenas puede una piedra impetuosamente arrojada de la mano alcanzar a su altura" (155); en el siglo XIX, la marquesa de Calderón de la Barca, al visitar la enorme arquería, sugirió que era "obra de gigantes" (156), y José María García, secretario general de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, en un intento por su reparación escribió "es verdaderamente una desgracia para la Nación Mexicana que obras como esta, se hallen relegadas al olvido" (157). Para este siglo no hay frases que hayan pasado al papel; no estaría mal aprovechar la oportunidad.

3.7 Acueducto de Querétaro

La ciudad en 1680

Allá por el año de 1680, la antigua población de los otomíes robustos se hallaba en un valle muy fértil, cuya parte inferior estaba ocupada por la comunidad de los indios y la superior por los españoles, en número que llegaba en tal fecha a unos quinientos, y no había casa, por pequeña que fuera, que no tuviera agua que estuviera al pie de ésta en forma natural, en pozos o que le llegara por atarjeas de cal y piedra, con el "ordinario arrumbamiento" de norte a sur (158).

Las religiosas capuchinas

En el año de 1721 estas religiosas se instalaron en Querétaro y de inmediato se dieron cuenta de que el agua potable que llegaba a la población no era buena, pues carecía de las necesarias garantías de salubridad e higiene (159).

"Las buenas monjas acudieron, en son de queja más o menos velada, al marqués de la Villa del Villar del Águila, quien se había declarado su protector y bienhechor, al grado de abandonar su residencia principal en la ciudad de México, y establecerla en Querétaro, donde se construyó una casa contigua al convento de capuchinas" (160).

Don Juan Antonio de Urrutia y Arana

Conocido también como marqués de la Villa del Villar del Águila, al escuchar la queja de las capuchinas se comprometió a realizar una obra que proporcionara buena agua potable, no sólo a ellas sino a la población entera.

En sus apuntes secretos, el marqués escribió "y para que cesase el daño, se movió por mí el que se necesitasen modos de obrar tan gran perjuicio y vicio en el agua, lo que aceptó aquella república de todos estados gustosa, yo ofrecí mil pesos para ayudar de ello, con lo cual se consultó al virrey y le informaré yo de todo, y luego que vieron que iba de veras, se conmovieron todos a

embarazarlo diciendo que había informado siniestramente al señor virrey faltando a la verdad, lo que se dirigió contra mí, por lo que saqué la cara a defenderlo, y lo que empecé con fin de caridad, se hizo punto de que resultaron tales cosas, que aburrido llegué a renunciar a la comisión que me dio el dicho señor virrey, lo que no admito; ni en ello volví a instar, porque habiéndolo hablado con la Marquesa, me dijo no lo hiciera, y que, pues era causa de Dios, y si había empezado, lo continuara, lo que hice y estoy haciendo por conocer el bien que de ello se sigue, y porque personas buenas asentaron que no sólo resultaría el bien de los cuerpos, sino también a las almas " (161).

El buen intencionado don Juan quedó como embustero por dirigirse a las autoridades* con un noble proyecto. Afortunadamente, él se mantuvo firme en su resolución de introducir el agua potable a la ciudad. Empezó por examinar diversos manantiales, y encontró que "el más adecuado, por estar su nivel a conveniente altura, en relación con el de la ciudad, era el llamado Ojo de Agua del Capulín, por un árbol de ese nombre que crecía a su vera, en el sitio denominado San Pedro de la Cañada" (163).

"El caudal que entonces daba el manantial elegido era de un surco (3.312 l/s), mas gracias a la labor emprendida se aumentó la corriente a cuatro mil pajas, cantidad equivalente a treinta litros por segundo, más o menos (30.8 l/s para ser precisos)" (164).

Se inicia la obra

"Comunicada la idea al Ayuntamiento, sus ediles prometieron la ayuda económica de 25000 pesos, que se recaudarian entre los vecinos" (165). En lo que se concretaron las condiciones económicas y se hicieron el proyecto de la obra y otros preparativos, transcurrieron varios años.

Por fin, después de que Urrutía hizo un reconocimiento más detallado del manantial, cavando una fosa de 6 a 7 varas (5 a 6 m aproximadamente) de profundidad y al descubrir 18 veneros que ahí brotaban, se inició la obra el 15 de enero de 1726, comenzando con la construcción de una alberca para captar el agua total que habían encontrado (164).

La alberca o depósito de agua, localizado aproximadamente a 10 km de la ciudad, se hizo en forma de polígono irregular de ocho lados, con 1116 m² de área y 4.4 m de profundidad. Contigua a ésta se construyó otra más pequeña y profunda (5.5 m), que se comunicaba con la primera; ambas se hicieron de cal y canto (166).

*Aparentemente, estas autoridades no eran el Ayuntamiento Queretano, "cuyo gobierno se esmeraba en el progreso y mejora de las condiciones públicas de convivencia" (162) y que, como se verá después, cooperó con dinero para la construcción del acueducto.

Se levantó un muro, alrededor posiblemente de las dos albercas o al menos de la alberca más grande, de 167.2 m de perímetro y 2.5 m de altura. "Tenía una puerta de entrada, una boca en el rincón del poniente para dar paso del agua a la atarjea, y otra puerta para el desagüe para la limpia. Las llaves del recinto se depositaron en manos de uno de los regidores" (125), quien se convirtió en guardián de aquel tesoro acuático (163).

La atarjea

Al concluir las albercas se inició la construcción de la atarjea; ésta, hecha de cal y canto, se deslizaba entre peñascos, giraba y culebreaba hasta desembocar en la arcada. Medía hasta la caja donde comienzan los arcos 4932.4 m de longitud, de los cuales 4180 estaban bajo tierra (167).

La arquería

Si la intención hubiera sido únicamente abastecer de agua al convento de las capuchinas, "bastaba orientar la conducción por el lado norte de la ciudad para llevar las aguas a su destino sin grandes complicaciones" (167); pero como no fue así, hubo necesidad de atravesar una hondonada profunda y lo que procedió fue la construcción de una arquería.

Para formar los arcos de piedra de sillería correspondientes a la majestad y altura de los pilares, el padre Navarrete dijo que, "fue preciso transportar selvas enteras de planchas, maderas y vigas al valle, para formar las cimbras necesarias a la fabricación de tan pesada y elevada máquina, debiendo entrar en cuenta la multitud de tornos para subir los materiales, garruchas, maromas, lazos, recetas, liás de cuero, cubos, cajones y demás instrumentos" (168).

Se construyeron 71 arcos de medio punto, que arrancaban de los pilares escalonados en ambos frentes a manera de contrafuertes, ya que estos son mucho más anchos que los arcos.

"Los cimientos de los pilares tienen 20.06 m de cuadro en su base y 17.7 m de profundidad, separados entre sí por 15.04 m, y su altura es de 22.57 m. La curvatura de los arcos es de 5.85 m, elevándose sobre el nivel del valle en su punto máximo a 28.42 m" (169).

Una vez terminada la arquería se construyó una muralla que la unía al convento de la Cruz. En ese muro se abrió, tiempo después, un amplio arco para dar paso a la avenida de los Arcos (170) (fig 47).

Se concluye la obra

La obra se dio por terminada el 22 de octubre de 1735, día en que llegó por primera vez el agua a la caja de la plazuela de la Cruz.

"Según afirmaba el marques [de la Villa del Villar del Aguila], el agua llegaba a la poblacion en 1733, [. . .] aunque todavia con el afán de acarrearla. Y, aunque en 1735 el caño de la fuente colocada en la plazuela de la Cruz daba agua abundante, pasaron tres años más hasta el momento en que se hizo la conveniente distribucion a los principales puntos de la ciudad a traves de sesenta pilas o fuentes" (171).

Celebración de la llegada del agua

El 17 de octubre de 1738, día en que llegó el agua a todos los rincones de la ciudad, comenzaron las fiestas en toda la población para celebrar el acontecimiento (172). Se canto una misa de gracias y hubo festejos profanos, que duraron no menos de quince días, entre otros, desfiles de carros alegóricos de todos los gremios, comedias en el coliseo, peleas de gallo, cohetes, fuegos artificiales a granel, maromeros y palo encebado (173 y 174).



Fig 47. Acueducto de Querétaro

Principales pilas públicas

La arquería remataba en la caja de agua o pila del convento de la Cruz (hoy, Calle de Manuel Acuña), en la que se colocó un león de piedra, de cuyas fauces brotaba el agua.

La pila de la Plaza de Arriba se encontraba frente a las casas reales, tenía en medio un tazón de metal, de cuyo centro afloraba

un pilar y sobre él una t́aza, de la que brotaba el agua.

La pila de la Plaza de Abajo de San Francisco, tenia una taza de metal, de donde descollaba un pilar labrado de primoroso follaje; sobre ́este, otra taza de metal daba pie a una estatua de Neptuno con su tridente y de su coronilla brotaba el agua.

Por ́ultimo la pila de las Monjas se encontraba en la plazuela del convento de las capuchinas, en cuyo centro estaba el bot3n de una flor que sobresalía sobre el nivel del agua, de donde saltaba el chorro.

Había otras pilas en otros conventos, casas particulares y la ćarcel, las cuales sumaban 70 para el ańo de 1793 (175).

3.8 Acueducto de Chihuahua

Fondos para su construcci3n

A mediados del siglo XVIII los gobernadores de la Nueva Vizcaya, don Juan Bautista Belaunzarán, el marqués de Torre Campo y don Juan Francisco de la Puerta y Barreda recibían la cuota de cinco pesos por cada mil marcos que salían de la plata que mandaban a la Casa de Ensaye de San Jos3 del Parral, para que fueran ensayadas y quintadas, de acuerdo con las disposiciones vigentes.

Cuando el conde de Revillagigedo, virrey de la Nueva Espańa, se enter3, desaprob3 por completo el destino que en provecho propio habían dado a esos dineros dichos gobernadores, y en noviembre de 1751 orden3 que se reintegrasen dichos fondos y que, junto con las cantidades que en lo sucesivo se recaudaran, se emplearan exclusivamente en la construcci3n de un acueducto que surtiera de agua potable a la Villa de Chihuahua.

Se inicia la obra

La construcci3n del acueducto se inici3 el 12 de diciembre de 1751 y tuvo que suspenderse en 1768, cuando el dinero destinado a la obra se emple3 para fines b3licos. Cuando se suspendi3, apenas llegaba a los suburbios de la poblaci3n y sus aguas eran arrendadas por el Cabildo a algunos vecinos para el regadío de sus tierras y al capitán Martín de Marińelarena, para mover su hacienda de beneficio de metales.

Diez ańos despu3s, por orden de Teodoro de Croix, comandante general de las provincias internas, los fondos destinados a gastos de guerra que correspondían a la obra del acueducto volvieron a invertirse en ́sta.

El acueducto fue hecho de mampostería con arcos de medio punto; medía 6583 varas castellanas (poco menos de 6 km), desde la toma de agua del río Chuviscar hasta la plaza principal.

Reparaciones

En el año de 1783 fue necesario reparar algunas partes del acueducto, que se encontraba ya en malas condiciones, y no fue sino hasta 1792 que, gracias a ingresos de diversa procedencia, se hizo llegar el agua hasta la plaza principal de la población.

Aspecto del acueducto

Fue ésta una obra más sólida que bella, cuya severidad armonizaba perfectamente con la no muy amena comarca que sirvió de asiento a la antigua Villa de San Felipe el Real (176).

3.9 Acueducto de Oaxaca

La gran empresa del Ayuntamiento

A principios del siglo XVIII la población oaxaqueña carecía completamente de agua en los meses de abril a mayo, y en los otros, bebía agua poco pura de un viejo acueducto que estaba en tales condiciones de deterioro, que el capitán don Juan Gómez Márquez legó en su testamento una buena suma de dinero para repararlo. Sin embargo, dicha suma no era suficiente para cumplir con el cometido por lo que se solicitó más dinero al albacea de Gómez Márquez y al regidor Juan de Pascua y Obrien. La obra se remató en octubre de 1739. El padre Gay, en su Historia de Oaxaca, escribió que "la gran empresa del Ayuntamiento acometida con valor, proseguida con perseverancia y concluida felizmente por ese tiempo, fue el solidísimo acueducto de cantería, que corre por más de dos leguas desde el cerro de San Felipe hasta la caja de agua de la ciudad, salvando profundos barrancos y elevándose a veces a notable altura sobre robustos y atrevidos arcos".

En la construcción se siguió la táctica romana de distribuir las presiones sobre los pilares, reforzados por medio de contrafuertes; predominando en algunos casos los macizos sobre los vanos, lo que impartía a la arquería un aspecto más de fuerza que de belleza (177).

3.10 Acueducto de Puebla

Primera noticia

En 1586 se le hizo merced al convento del Carmen, de un manantial que nacía al sudeste de la ciudad de Puebla, a media legua de distancia, con la condición de que los religiosos de ahí costearan la obra de conducción.

Al ejecutar dicha obra tuvieron que atravesar el río de San Francisco, para lo que labraron un arco de cal y canto de 16 varas (13.4 m) de claro y 12 (10 m) de altura, seguido de otros menores hasta el convento.

La arquería

El arco mayor que atravesaba el río tenía en sus extremidades dos respiraderas, que según el Dr Leicht servían para que el agua no perdiera su presión y pudiera alcanzar el mismo nivel que tenía en su principio y también para hacer salir el aire que se mezclaba con el agua, entrando por las rendijas entre los tubos. Al Dr Leicht se le pasó considerar las pérdidas por fricción y locales en la atarjea.

Los otros arcos eran 15 ó 16, tal vez de medio punto, a juzgar por la minúscula perspectiva que aparece en un plano de la ciudad de Puebla hecho en 1754.

La arquería terminaba en una a manera de torre cuadrada o cabecera de sifón, de no poca altura, dentro de la cual bajaba el agua para correr por ducto subterráneo o atarjea al ras de tierra, hasta el interior del convento del Carmen. La torre y el primer arco del acueducto estaban sostenidos, cada uno, por un sólido contrafuerte (178).

3.11 Acueducto de Guadalajara

Ingenioso sistema

El franciscano fray Pedro Antonio de Bazeta (el que pronosticó el fracaso de la fuente de los Remedios), después de un estudio, en compañía del maestro mayor Matías de Avila, ideó un ingenioso sistema para abastecer de agua a la ciudad.

A pesar de "las porfiadas tormentas que la ignorancia, la necesidad, la emulación y la envidia levantaron en su contra", construyó en los contornos de Guadalajara tres líneas de pozos, comunicados entre sí por medio de galerías subterráneas, que aumentaban progresivamente el caudal de agua hasta llegar a las cajas repartidoras. La obra se comenzó en noviembre de 1731, pero debido a una larga interrupción no se terminó sino hasta junio de 1740.

Con el tiempo el agua que de esta obra manaba ya no fue suficiente, por lo que a fines del siglo XVIII el oidor don Francisco Camacho, tras importantes reformas a la obra de Bazeta, logró hacer llegar el líquido en mayor cantidad, aunque todavía no en la suficiente para las necesidades de toda la población. Se siguieron haciendo estudios para captar el agua necesaria, pero no fue sino hasta a fines del siglo XIX cuando se construyó el gran acueducto con arquería (179).

3.12 Acueducto de Xalpa

La merced de agua

El noviciado de jesuitas de Tepetzotlán, establecido en la hacienda de Xalpa, jurisdicción de Cuautitlán -hoy en el estado de México-, solicitó en 1706 al virrey duque de Alburquerque una merced de agua para el beneficio de la finca, tomada del río del Oro. El virrey accedió a la solicitud otorgando 32 surcos (106 l/s) a cambio de 300 pesos de oro (180).

Los manantiales

Al río mencionado lo formaban los manantiales que nacían en el Monte del Pinal, de la hacienda de San Juan, y el del río del Tule, en el punto llamado La Junta (181).



Fig 48. Acueducto de Xalpa

La zanja

Adelante de la Junta se encontraban los restos del molino de Tablas y, siguiendo río abajo, a unas 500 varas (419 m), estaba la toma para los jesuitas, de donde se construyó una zanja "bastante capaz" para recibir el caudal de la merced otorgada. La zanja seguía a lo largo de ocho leguas, dando rodeos y siguiendo sinuosidades para evitar las asperezas del terreno, hasta llegar a la hacienda del Sitio. En varios tramos de la zanja se tuvo que usar mampostería (181).

La arquería y otra zanja

Al llegar a la barranca que forman las lomas del Huisache y Mirasol, que al principio tiene un declive suave y luego baja a una profundidad de 62 varas (52 m), fue necesaria una empresa mayor (fig 48). Se construyó una arquería de trece ojos y de seis o siete varas (5 ó 6 m) de altura cada uno, en el terreno de declive suave, y luego una serie de arcos, en varios niveles, para el de profundidad mayor. En el fondo, que es el espacio más estrecho, se hicieron dos arcos bastante macizos, separados por una resistente pila, cuyo cimiento muestra que ya se sabía impedir la socavación provocada por los vórtices de eje horizontal y por los remolinos verticales generados a medida que la socavación se profundiza (182) (fig 49); sobre estos se construyeron otros dos; encima, nueve, menos gruesos; y para rematar, doce más delgados (fig 50) (181).



Fig 49. Cimiento para evitar la socavación



Fig 50. Arquería entre las lomas del Huisache y Mirasol

A continuación de la arquería se abrió otra zanja hasta la loma de las Lajas, para la que no hubo más remedio que taladrar la peña; se alcanzó a perforar un tramo de 175 varas (147 m), de las 200 (168 m) en que consistía el proyecto. Más adelante de esta perforación, ya en terrenos de la dicha hacienda, se hizo otra en la loma de Montecillo, de 600 varas (503 m) de longitud.

La expulsión de los jesuitas

Cuando en el año de 1767 Carlos III decretó la expulsión de la Compañía de Jesús, esta maravillosa obra quedó suspendida, y faltó para su conclusión cerrar los doce arcos últimos de la barranca del Huisache y Mirasol, cuyos arranques quedaron hechos; construir otros 17 arcos en puntos intermedios y 21000 varas (17600 m) de zanja; además de perforar las 25 varas (21 m) para atravesar la loma de las Lajas. Muy poco, comparado con lo que ya se había hecho en los 61 años invertidos* a partir de cuando se hizo la concesión de la merced de agua.

*Incluyéndolo el tiempo requerido para realizar el proyecto y el perdido por falta de dinero, como se verá después.

Se pide concluir la obra

El oidor Francisco Javier Gamboa, después regente de la Audiencia y depositario de las haciendas, al verificarse la expulsión, pidió a la superioridad, en 1775, fondos para acabar lo empezado, "haciendo valer la utilidad e importancia de la empresa, no sólo con respecto a la hacienda de Xalpa, sino para algunos pueblos inmediatos, y para todos los traficantes del camino de tierra adentro" (183). Sin embargo, el gobierno no accedió, y no fue sino hasta 1852 cuando Manuel Romero de Terreros decidió concluir la obra, lo que se hizo dos años después (184).

Un anciano desmemoriado

Don Pedro José Márquez, originario de San Francisco del Rincón -hoy en el estado de Guanajuato- fue uno de los expulsados en 1767. Era este jesuita un estudioso, entre otras cosas, de astronomía, arqueología y arquitectura clásica. Amante de la ciencia de Vitruvio, se interesó por las obras arquitectónicas realizadas en México por los españoles y quiso conocer los pormenores de este famoso acueducto de los jesuitas (185).

Supo que exiliado en Bolonia se encontraba un padre anciano llamado Santiago Castaño, quien había intervenido en la construcción de dicha obra, y como en esa ciudad residía también el padre Rafael Zeliz, conocido suyo, decidió escribirle, pidiéndole entrevistara al padre Castaño y le pidiera información sobre el acueducto. En contestación, don Pedro José Márquez recibió una misiva que no es menos graciosa que elocuente y que dice así (186):

"Bolonia, 11 de febrero de 1792.

"Mi querido Pedro: recibí su estimadísima y luego al punto, con particular complacencia, por la pequeña ocasión que se me ofrecía de servirle, pasé con mis credenciales a casa de D. Santiago Castaño, viejo prope octuagenario (sic), y sordo en buen grado. Sirva esta noticia de advertencia antipreparatoria para mayor ilustración de la catequizada que le dí por espacio de una hora, a excepción de algunos minutos, en que (pidiéndome licencia) se retiraba a espumar la piñata, pues él es el todo de su casa y ésta es puntualmente en la que murió nuestro Carrillo. A la primera vista, se me representó un Santo Hermitaño en el yermo; mas no por esto desmayé, ni me arredré de proponerle mi asunto, bien que me acaeció lo que a un bravo saca-muelas, que se encuentra con solos raigones viejos, sepultados en las encías. Tal me dejó su primera respuesta, que fue: Ya no me acuerdo de nada, y es cosa muy difícil el traer a la mente ésto, después de tantos años, Sin embargo, con buenas maneras y mayores gritos (por la razón antipreparatoria ya dicha) comencé a escarnarle, no las encías (pues ni raigones tiene), sino la memoria, y a fuerza de preguntar, le he sonsacado lo siguiente, que copio de los apuntes que hice sobre su mesa, sirviéndome de su tintero, o por mejor decir, aguadero.

"La grande obra de los arcos fue ideada desde el año de 1710, siendo Rector en Tepotzotlán el P. Quiroga; no se metió mano por falta de dinero hasta el 1764, y en tres años de trabajo se habían gastado cuarenta y dos mil pesos. El giro de los arcos, que debían sostener un buey de agua, de una vara por cuadro, era de diez leguas buenas. Esta agua se había de tomar en un río, llamado del Oro a motivo de unas como lentejuelitas de este metal que se encuentran en sus riberas. En el espacio de estas diez leguas, había varias barrancas, sobre las cuales debían pasar los arcos; la mayor parte eran de poca consideración, exceptuadas dos: la una de cuarenta y seis varas de profundidad, y la otra de setenta y seis, hasta ésta, que estaba como en la mitad de la fábrica, llegaban ya los arcos, que en dicha barranca eran de tres órdenes, para llegar al nivel del acueducto. Estos tres órdenes de arcos, no eran de igual alteza, pues el primer orden era más bajo del segundo, y el segundo del tercero; lo mismo era de su longitud, por razón del pendió de uno y otro lado de la barranca. No se acuerda absolutamente, ni del número de arcos que estaban ya fabricados, ni menos de cuántos habían de ser en todo. Tampoco se acuerda ni de su altura, anchura y grosura, diciendo solamente que eran grandes y de anchura competente. El giro, dice que era del Sur a Poniente. Fue necesario hacer un gran socavón de ochocientas varas, traspasando un monte de piedra viva, y éste quedó acabado, como también algunos otros, mucho menores, de tepetate. Habiendo estado (como dijimos) trazada esta obra desde el año de 10, el Arquitecto presente, que fue D. Ildefonso Iniesta*, no hizo más que ir a reconocer la obra. Esta es toda de piedra viva, y nada de ladrillo. Estaba ya hecha poco más de la mitad; y los últimos arcos del tercer orden en la ya dicha barranca no estaban del todo cerrados, cuando nos abrieron las puertas, para venir a este desbarrancadero. Esto es cuanto he sacado, pues otras mil preguntas que le hice no dieron fuego. Me alegraría servirlo con más exacteza; pero no está en mi mano: tanto, tanto, algo va para la relación.

"Dios quiera que mis intereses no se queden como los arcos: ruegue al Señor en sus diarias oraciones y aviseme qué día se ordenó Velasco y dónde. D. Francisco le está escribiendo, y yo acabo, por que no hay más papel, sino sólo para decirle que me mande, pues soy.

El que siempre de V.R.Z."

*Ildefonso Iniesta Bejarano, el mismo que intervino en la construcción del acueducto de Los Remedios, fue Alférez de Milicias, Alarife Mayor de la Ciudad de México, Maestro del Real Desagüe, Veedor en el Arte de Arquitectura y Agrimensor de la Real Audiencia.

3.13 Acueducto de Churubusco

Los manantiales de Acuecuexcatl nuevamente

Como ya se mencionó, el agua de los manantiales localizados entre Coyoacán y Churubusco únicamente pudo aprovecharse temporalmente en tiempo de Ahuizotl, y los dos intentos hechos por los españoles, en 1527 y 1564 respectivamente, con la esperanza de correr mejor suerte que los aztecas, fracasaron. Sin embargo, en el año de 1712 los religiosos del convento de Churubusco ya la empleaban (187).

En ese año, refiriéndose a los manantiales como a uno solo, -según datos encontrados en los libros del convento por el padre García Gutiérrez- éste medía 23 varas (19.3 m) de diámetro y 23 de profundidad. Desde el manantial hasta el estanque del Convento había 1613 varas (1352 m) (187).

La atarjea

De acuerdo con la información dada por el padre García Gutiérrez a Ignacio Alcocer, sacada del Archivo del Convento de Churubusco, se deduce que las dimensiones de la atarjea que llegaba al convento variaban, pues se habla de una pequeña, al referirse que en el año de 1712 "se aderezó toda la atarjea del agua, desde dentro del convento hasta el nacimiento del agua, y esto fue antes del temblor de agosto, porque después se volvió a repetir la misma diligencia con duplicado gasto, porque con los temblores quedó tan cuarteada y molida toda la atarjea, en especial la pequeña, que no entraba ya agua al convento" (187).

Reparaciones

Consistieron en lo siguiente: "Se desbarató la bóveda de 26 000 ladrillos [. . .] porque dicha bóveda ni resguardaba la limpieza del agua, antes se habían aumentado las indecencias, pues dentro de dicha bóveda se entraban los indios a bañar, y fuera de estos inconvenientes no había por donde andar para los reparos de la misma atarjea. Se terraplénó todo el circuito del ojo de Acuecuexco 8 y 10 varas (6.7 y 8.4 m) alrededor y vara y media (1.26 m) en alto, hasta dejar superior la tierra al agua, porque ésta la hurtan los indios para regar sus trigos y era tan poca la que iba por la cañería que no llegaba al convento ni una gota. Esta obra del terraplén duró 6 semanas y trabajaban 25 indios todos los días" (187). Si se considera el tiempo y número de personas empleados en la reparación, se concluye que la obra debió ser de cierta importancia.

Obra nueva de la cañería

Con este título apareció información del mismo año sobre las obras que se hicieron en el manantial, en donde se observa un error en las medidas, pues primero dice que: "El agua que dicho ojo (del manantial) vierte son dos surcos (6.62 l/s)" (186), de

donde salía "porción de agua de dos surcos y en ella [la toma] se dividían para la parte interior de la toma, la naranja de agua para la cañería y la demás por encima de la tarjea que camina por la parte superior de dicha tarjea, que está toda enladrillada" (186), es decir, aparentemente, cambiaron el término "surco" por el de "naranja", ya que no se puede sacar más agua de la disponible.

Por otra parte, la toma hecha de piedra de cantería, en forma de cubo de molino, tenía 1.75 varas (1.47 m) de profundidad y 1.17 (0.98 m) de diámetro; estaba protegida por una bóveda de cuatro varas (3.35 m) en cuadro, o sea de 4 x 4 varas, que tenía puertas y llave y dentro una pichancha de barro que cojía toda la toma, para que el agua entrara colada y más limpia" (187).

Al centro de la toma estaba la boca del primer caño, "por donde el agua iba encañada, la cual caminaba por dentro de la tarjea antigua [. . .]; los caños de barro de 3 cuartas (63 cm) de largo y una pulgada de grueso, iban empalmados uno en otro cuatro dedos (7 cm aproximadamente), aforrados en cotense encerado liados con mecate" (187).

Se hicieron en las 1613 varas de distancia, entre el manantial y el convento, ocho alcantarillas de dos varas y media (2.1 m) en cuadro y dos varas (1.68 m) de alto, en forma piramidal y rematadas con una cruz (188).

De la toma a la primera alcantarilla había 125 varas y 250 caños; de esta última a la segunda, 1715 varas y 350 caños; de aquí a la tercera alcantarilla, 200 varas y 385 caños; de ésta a la cuarta, 203 varas y 400 caños; luego, de ésta a la quinta, había 209 varas y 410 caños; y de aquí, la cañería corría dentro de la tarjea nueva 140 varas, de donde se siguió por un cimiento de mampostería, de vara y media de hondo y una vara de ancho, hasta la sexta alcantarilla, recorriendo 112 varas con 450 caños" y hasta esta alcantarilla quedó completa la obra por lo que mira a la cañería". Ya no se mencionó qué pasó con las dos alcantarillas restantes; pero se informa que el capitán don Juan Antonio de Viar, vecino de México, proseguía a su costa la obra "por la obligación que hizo en virtud del remanente del agua que le daba el convento" (188).

Comparando este acueducto con los que se tenían entonces en la ciudad, se puede decir que era de regular importancia, aunque evidentemente debió necesitarse en Churubusco una obra mayor que satisficiera no sólo las necesidades de los religiosos y del capitán, sino las de los "indios" que según el documento mencionado hurtaban el agua del acueducto.

3.14 Acueducto de Huejotzingo

El arquitecto franciscano fray Juan de Alameda dirigió la construcción de un acueducto para abastecer al convento de San Miguel, en Huejotzingo, estado de México.

La obra se iniciaba en un jagüey, o represa con compuertas, que recogía evidentemente el agua proveniente de los deshielos de los volcanes. De allí arrancaba un caño, enterrado en su origen, que poco a poco se levantaba hasta cruzar las calles del poblado por encima de unos arcos, y para llegar al convento tenía un sifón, señalado al exterior por dos torres, seguido por un muro que conducía el agua por la parte superior a un estanque en la huerta, luego, a un depósito en el atrio y, posteriormente seguía sobre el muro hasta una ramificación donde una parte del agua se iba rumbo al sur, otra a la antigua fuente de la plaza y el resto bajaba para ir, subterráneamente, por el paramento interior de un muro, hasta saltar por la boca de tres mascarones, en el vaso llamado "la Conchita", cerca del monasterio.

En la Gaceta de México del 1 de marzo de 1791, apareció la noticia de la reparación de los arcos efectuada por el capitán Antonio Cruzado, considerando la falta de agua que padecía el vecindario que usaba únicamente pozos. Aún se aprecian tres de los arcos que sirvieron para el noble propósito de abastecimiento del agua, los cuales según Manuel Romero de Terreros servían de admirable marco para ilustrar la silueta de Ixtaccíhuatl, que se divisa en lontananza (189).

3.15 Acueducto de San Angel

Después de que fray Andrés de San Miguel* terminó de dirigir la construcción del monasterio de los frailes carmelitas, en San Jacinto Tenánitla -actual San Angel-, en el año de 1617, le fue encargada la ejecución de la obra de abastecimiento de agua para el mismo.

*Este fraile fue uno de los hombres más notables de su tiempo, insigne matemático, geógrafo, hidrógrafo y astrónomo, sobresalía también como arquitecto. Escribió, entre otras cosas, sobre acueductos y forma de reparar los caños, de lo se hablará posteriormente.

Nació en Andalucía en el año de 1577, ingresó en 1600 a la orden de Carmelitas Descalzos en el Convento de San Sebastián de México, para quienes construyó el acueducto de San Angel. En 1631, en plena madurez y con completa capacidad de trabajo, se le empleó en la colosal tarea del desagüe de la capital; falleció en 1652 (190).

Construyó en parte elevada del terreno, un amplísimo y profundo estanque, aproximadamente 70 m de largo, por 25 de ancho y cuatro de profundidad, que recibía el agua proveniente del Desierto de los Leones de la que siempre estuvo lleno hasta finales del siglo XIX. De ahí proyectó y ejecutó un acueducto doble de diseño sencillo: el nivel inferior de la arquería sostenía un ducto que llevaba mayor volumen de agua para el riego de la huerta, y el superior otro más pequeño que abastecía los servicios propiamente domésticos de los religiosos.

La arquería superior tenía dimensiones menores que las de la inferior, de tal manera que a cada arco de los de abajo le correspondían dos de los de arriba. En total, medía aproximadamente un metro de espesor y cinco o seis de altura.

Actualmente, el "amplísimo y profundo estanque" es el patio de oficinas gubernamentales y en 1944 fue una instalación para "el servicio de aguas", según lo indica una inscripción a la entrada (fig 51). Parte de la arquería forma parte, ahora, de la fachada de una casa particular, ubicada frente a dichas oficinas, sobre la avenida Revolución (fig 52).



Fig 51. Exestanque del acueducto de San Angel



Fig 52. Exarquería del acueducto de San Angel

3.16 Acueducto de San Andrés Chalchicomula

La obra

Para abastecer al pueblo de San Andrés Chalchicomula del agua de los manantiales localizados en las estribaciones del Citlaltépetl, o Pico de Orizaba, se construyó un acueducto que a unos ocho kilómetros de la población tuvo que salvar una ancha hondonada por medio de una arquería de dos niveles; el primero de cuatro arcos de medio punto, uno de los cuales estaba cegado por mitad con un muro, el segundo de doce arcos, de diferentes anchos, también de medio punto, con excepción de los de los extremos, que se hicieron rebajados. Medía 90 m, su mayor altura era de 13 m y el espesor de sus muros tenía aproximadamente 1.75 m.

La atarjea seguía su curso a flor de tierra, hasta llegar a un profundo tajo natural, que atravesaba por un arco de medio punto y de más de 10 m de latitud. A continuación seguía por una serie de arcos escarzanos, para terminar en una construcción en forma de cono truncado, que evidentemente era la caja repartidora (191).

3.17 Acueducto de Chiconcuac

Para abastecer a la hacienda de Chiconcuac -hoy en el estado de Morelos -se construyó en las postrimerías del siglo XVII un acueducto de recia mampostería y de más de un kilómetro de extensión, aunque no en línea recta sino interrumpido con no menos de siete recodos obtusos. Tenía 125 arcos de medio punto, de más o menos cuatro y medio de altura por seis de latitud. Tuvo la particularidad de ser doble porque después de que se construyó con una sola atarjea, se observó que el agua que conducía era un tanto sulfurosa y se decidió hacer un segundo caño de menor capacidad para el agua potable, que se obtuvo de otro manantial; con la construcción de este otro caño su altura total alcanzó más de seis metros (192).

3.18 Otros Acueductos

Zacatecas

Este acueducto data de finales de esta época y llevaba el agua del tiro de El Cubo a la plaza de Villarreal, hoy Plaza Independencia.

Según la litografía del pintor inglés Daniel Thomas Egerton se componía de 39 arcos, todos elevados, pero más los del centro, como es natural por la depresión del terreno.

No se sabe hasta cuando prestó servicio esta obra, pero sí que, en el año de 1921, el gobernador mandó cegar el tiro de El Cubo y destruir los primeros arcos para aprovechar el material en la construcción de un santuario (193). La fig 53 muestra un detalle de este acueducto.

Tepuxaco

Para abastecer a la hacienda de Escontría se construyó un acueducto con una arquería conocida actualmente como "Arcos de Tepuxaco", localizada al oriente de la presa de Guadalupe, en el distrito de Cuautitlán, en el estado de México.

Romero de Terreros, al juzgar el aspecto de ésta, considera que data por lo menos de principios del siglo XVIII, aunque no en su totalidad, ya que se ve claramente que, por haberse derrumbado, gran parte de la primitiva arquería fue reconstruida.

La parte norte del acueducto consiste -según el mismo autor- en 26 arcos, cada uno de poco más de siete metros de ancho por 14 de altura, de los cuales, al parecer, solamente cuatro son de los antiguos. Otro arco, de mucho mayor anchura (12 ó 13 m), salva el cauce del río de Cuautitlán. El tramo sur tenía cinco claros, semejantes a los del tramo norte.

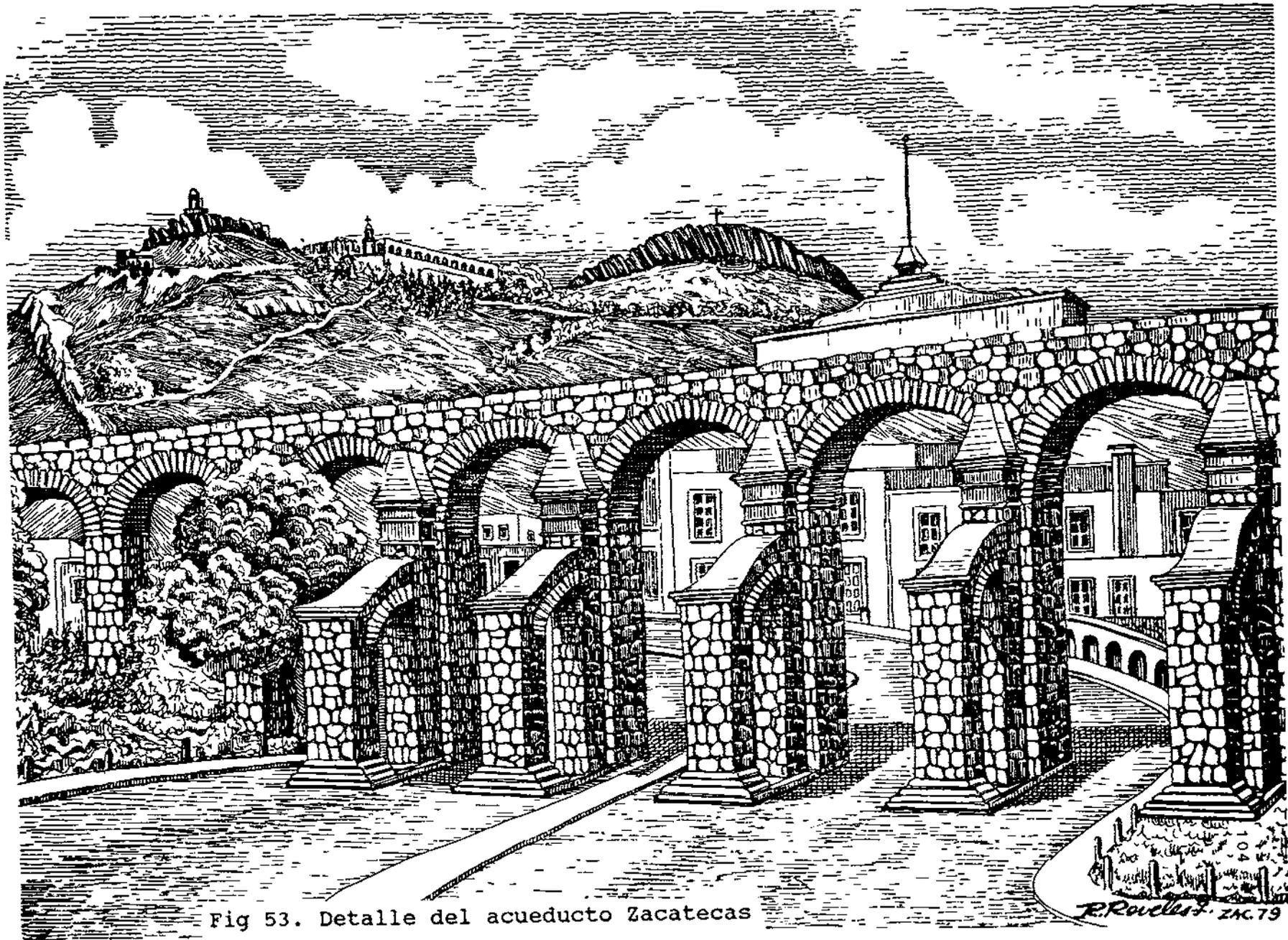


Fig 53. Detalle del acueducto Zacatecas

Algunos de los pilares antiguos fueron reforzados por medio de contrafuertes triangulares de mampostería, según Romero de Terreros, un tanto incongruentes, ya que interrumpen la perspectiva y afean el, por otra parte, hermoso e imponente acueducto (194).

Santa María Pipioltepec

Construido a mediados del siglo XVIII por don Melchor Santos de Garay y Arechavala, en su hacienda de Santa María Pipioltepec, cerca de Valle de Bravo del hoy estado de México.

Su elevada arquería le imparte un aspecto de grandiosa severidad (195).

3.19 Notas de fray Andrés de San Miguel* sobre técnicas para conducir el agua

Lo primero que hay que hacer para conducir el agua -escribió este fraile- es conocer si la fuente tiene suficiente corriente para poder llegar al lugar deseado. Una vez hecho esto, se pueden presentar los siguientes casos (196):

1. Que el manantial esté evidentemente más alto que el lugar destinado para servirse de ella
2. Que entre el manantial y el destino final se halle una hondonada
3. Que entre estos se encuentre un monte o cerro alto
4. Que al estar estos en el mismo valle se tenga duda de cuál está más alto
5. Que el manantial esté más alto pero para llegar al lugar requerido tenga muchos impedimentos como cerros altos, ciénegas o pantanos y algún río caudaloso o barranca.

Para abordar cada caso fray Andrés propuso lo siguiente:

1. En el primero no más que abrirle al agua camino para construir una zanja a flor de tierra, una cañería o una atarjea elevada, ya sea descubierta o cubierta con bóveda, que es más

*Estas notas provienen de un muy basto y abigarrado manuscrito iniciado probablemente en 1600, que fray Andrés dejó en el Convento de San Angel, donde permaneció hasta 1860, cuando cayó en manos ajenas, para finalmente, en 1921, ir a dar a la Universidad de Texas, donde se encuentra.

saludable. Si es una cañería que requiere quiebres, conviene hacer una arca a cada codo*; también, si la distancia que hay que recorrer es mucha, es aconsejable colocar las arcas a cada 500 codos. El propósito de estas arcas es darle mayor apoyo a la cañería, además de que permite fácilmente repararla o darle mantenimiento.

En la fig 54 se muestra una ilustración de una cañería semejante, acompañada de copia de esta parte de su escrito.

Vengamos a tratar de los caminos que se an de abrir a las Aguas, mas en particular, y lo primero que se debe considerar sea, si la fuente que se quiere en caminar tiene bastante corriente, para poder venir a manar en el lugar que señalamos ser conveniente, para poder servirnos della. quatro maneras de caminos se nos pueden ofrecer, en qual quiera camino por donde ha de venir la Agua vno es quando el nacimiento del Agua se ve con evidencia estar mas alto, que donde ha de venir a manar, y que no tiene que subir cuesta. a esta tal es muy facil el abrirle camino, assi para que se rompa en la otra, como por arca de targa, o targa levantada de la otra descubierta por encima, o cubierta con su bodega, que es mas saludable. tambien se puede ofrecer que el nacimiento del Agua este en vna parte alta, y que otra de baxar ha un valle, y de alli subir a otra parte alta, ha donde ha de ser el manadero. puede tambien ofrecer otro caso que siendo el nacimiento del Agua en un valle, y el manadero en otro valle, y que entre el nacimiento y el manadero ay un monte o cerro alto. y puede se ofrecer que estando el nacimiento del Agua en un llano, y el manadero este tambien en el mismo llano, mas ay mucha duda qual delas dos partes esta mas alta. puede se ofrecer tambien que estando la fuente en parte considerablemente mas alta que el manadero, tenga en el camino muchos impedimentos, como serros altos, sierras o pantanos, y el gran caudal de su rio, o barridos. de todas estas cosas y remedios de cada vna en particular se inconuenientes que puede auer para impedir lo que se pretende, y del remedio para evitar los tales inconuenientes, y el gasto que muchas vezes se ha de dar para el agua. quanto al primer modo poco ay que decir, por que conieniente la Agua la corriente tan como si se, no ay sino abrirle camino de vno de las tres maneras que hemos dicho. si fuer la cañeria y ha de algunas vueltas, sera bien en cada codo, hacer vn arca en que descaese el Agua. y si el camino es largo tambien conueniente que se hagan estas Arcas distantes quinientos codos vna de otra; porque si fuer de dos cosas, la vna que descaese el Agua en ellas, y alivia los caños, la otra es que quando por alguna causa faltar el Agua, por estas Arcas se vea donde tiene el daño, y ser en su día.



Quando el Agua se puede guiar por targa, aun que en parte baxa por el baxo de la tierra, y en partes por encima, es mejor que cañeria, mas durable y mas facil de remediar quando quiebra. serameza si se cubre de bodega, se hacen arcos a trechos, como en la cañeria. de las Arqueas que solo han rompido en la tierra, lo que se debe advertir es que siempre se debe la corriente y qual y donde quiere de hacer forzosamente vuelta, se haga blanda, y alga flecha.

Fig 54. Forma de hacer una cañería y autógrafo de fray Andrés de San Miguel (Báez)

*Un codo equivale a 419 mm.

Consideró que mejor que la cañería, más durable y fácil de remediar cuando se quiebra, es la atarjea que va parte subterránea y parte elevada; cuando va a flor de tierra hay que tener cuidado de que siempre se le dé la corriente igual* y en los quiebres que quede blanda y algo flechada**.

2. En el caso de tenerse una hondonada, con la cañería ordinaria no se podrá hacer nada, ya que se reventará por muchas partes "porque siendo la agua grave y pesada, así la que baja por la cuesta como la que sube, siempre están cargando a su centro, porque siendo la bajada y subida muy largas y como es fuerza que toda la cañería esté llena de agua, toda ella viene a reencontrarse en lo más hondo de la cañería y no pudiendo sufrir tanto peso viene a reventar -fray Andrés hubiera ahorrado algunos renglones en su escrito si hubiera relacionado la resistencia de la cañería con la carga piezométrica a la que estaba expuesta- por lo que la estructura que suele emplearse es de arcos, aunque por falta de materiales o dinero, mala disposición del sitio o alguna otra causa no siempre se pueden usar.

Otra forma de atravesar una hondonada es por medio de caños de plomo embutidos en otros de madera, fabricados de la siguiente manera: Tómense maderos tan anchos que permitan ser ahuecados un poco más del diámetro necesario para transportar la cantidad de agua requerida. El hueco se hace con barrena o aserrando el madero a la mitad y ahuecando cada parte; después se junta como cuando estaba entero. Hecho esto, se toma la medida de los huecos y con ésta se hacen los caños de plomo, después se introducen en los maderos y si quedan flojos se rellenan con zulaque blando para fijarlos. Si se puede hay que clavarlos usando clavos de cobre ligados con la tercera parte de estaño, si no, hay que zuncharlos, untarles aceite y zulaque blando y luego cubrirlos con lienzos bien zulacados. Estos durarán para siempre.

En caso de ser necesario, se le construirá una fortificación de cal y ladrillo o piedra; pero si va descubierta y ha de subir el agua muy alto, se levantarán pilares en los lugares convenientes y en ellos se asegurarán los caños con sus nudos de cobre o de hierro.

La junta de madero con madero se hará con conexión macho hembra y los caños de plomo siempre deberán ir uno metido en otro y bien zulacada o soldada la junta.

Al proponer fray Andrés usar una cañería con estas características debió haber tenido en mente la fabricación de un conducto que, por una parte, estuviera mejor protegido contra los agentes corrosivos del ambiente, y por otra, fuera más resistente a las sobrepresiones; pero, en caso de que se presentaran vacíos que

*Evidentemente se refería a mantener un régimen permanente del flujo.

**Posiblemente se refería a que los quiebres fueran suaves y no bruscos.

provocaran la suficiente subpresión para succionar el plomo de la cañería, todo lo que proponía era inútil.

El problema del aire atrapado en este sifón lo trató así: "Siempre que se pase agua con esta manera de encañados se han de hacer ventosas que le sirven como narices, por donde resuelan y descansan los caños, porque así como si a un hombre lo forzasen a tener la boca llena de agua y le apretasen las narices se ahogaría o reventaría, así le sucede a los caños, y más cuando el agua baja por una parte y sube por otra, que sucede estar la parte por donde suben los caños de agua y por donde entra el aire, y entrando la agua apresuradamente toman la una y la otra el aire en medio de él, que no sabe estar encerrado, hace grande fuerza para salir, más como halla cerrados los caminos, porque se los ha ocupado el agua (y esto yo lo he visto) hace estremecer la tierra y reventar la cañería por muy fuerte que sea y es cosa cierta que teniendo la cañería por donde respirar, aunque sea débil y flaca, está más segura con estos respiraderos que la más fuerte si no tiene por donde respirar" (197).

Interesante comparación la que hizo fray Andrés entre las cañerías y el hombre. Lo que este fraile señala se puede atribuir a que la resistencia de la cañería resultó menor a la carga estática a la que estaba sometida. También a que la cañería estuvo expuesta a una subpresión ocasionada por una diferencia de nivel grande entre el manantial y el destino final del agua, que provocaba que el agua dentro de la cañería se acelerara de tal forma que no trabajara a presión y formara un vacío; otra causa de la subpresión que colapsó la cañería pudo ser el vacío que se forma por efecto de despegamiento en los cambios de dirección; o bien porque, antes o después de la hondonada, hubiera un montículo por donde tenía que colocarse la cañería, ubicándola por debajo del nivel piezométrico y provocando así la subpresión.

La solución de las ventosas que proponía evidentemente era para el caso en que la cañería estuviera expuesta a subpresiones. Sobre dichas ventosas o respiraderas continuó escribiendo que conviene ponerlas "embebidas en la misma pared del almacén o caja donde se recoge el agua, para que de allí caiga en los caños". Esto lo ilustró como se muestra en la fig 55. Sugirió que en lo más hondo del valle se pusiera otra ventosa y unos codos, como se muestra en la misma figura, "porque (los codos) alivian mucho el peso y trabajo a la cañería más baja, sirviéndose la agua de ellos como de escaleras, porque de cada uno de ellos se va aliviando y sustentando el peso de arriba, para que no se cargue todo junto en la cañería más baja. Estos codos no han de ir levantados (si no es que se les pone ventosa) sino echados a la una y otra parte de la cañería, porque de no hacerlo así, antes serán dañosos que provechosos. En la subida, si no es muy larga, se podrán hacer de la misma suerte y manera añadiendo alguna ventosa, más si la subida es larga háganse torres a cierta distancia unas de otras, como también las muestra la segunda traza (de la fig 55), y nunca se baje la agua hasta el pie de la misma torre, en cuanto la necesidad no forzase a ello, no que se vaya ganado altura al paso que la cuesta va subiendo. En las torres más altas será bien ir

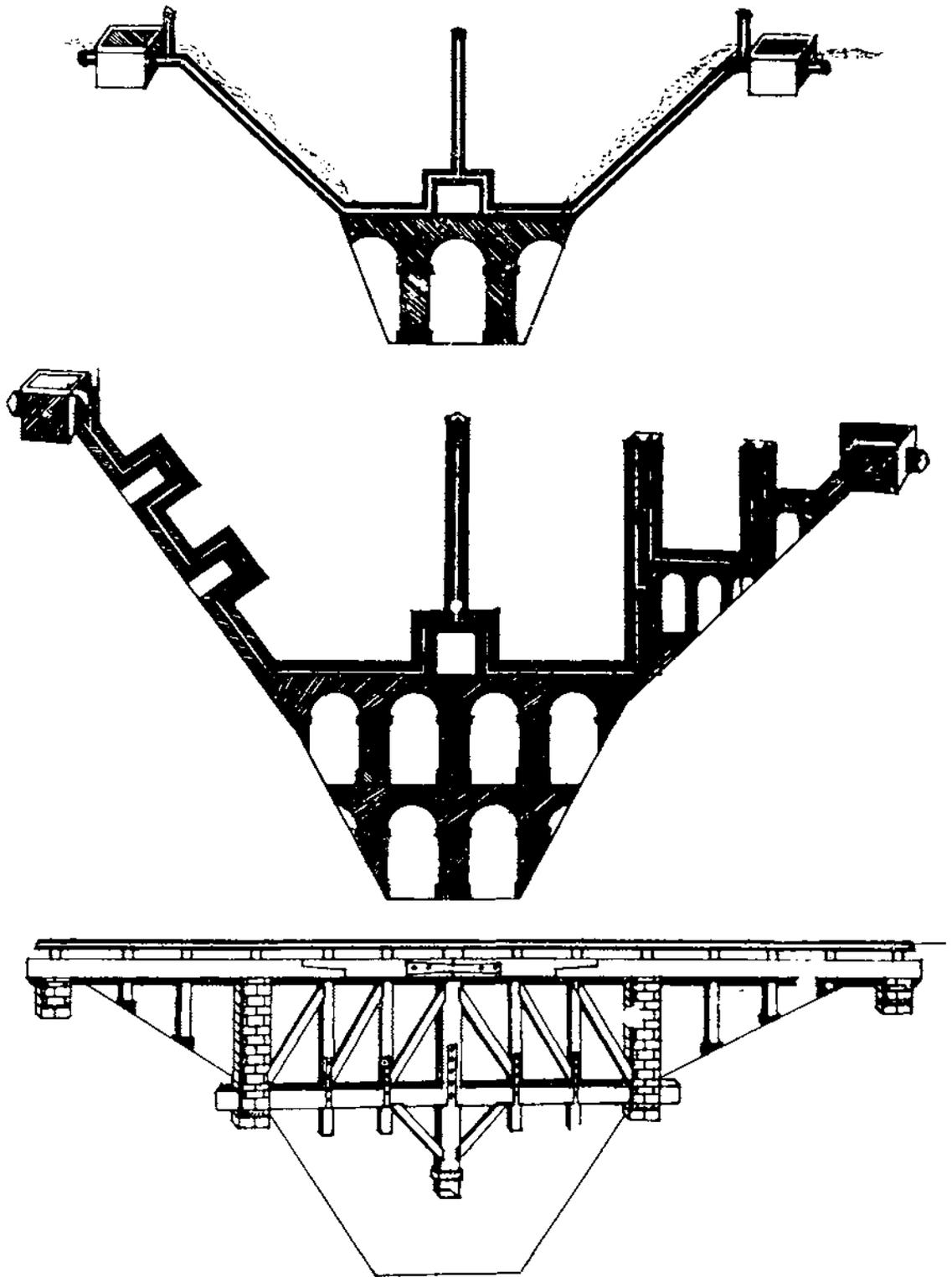


Fig 55. Acueductos para cruzar barrancas (Báez)

acodando los caños, así en la salida como en la caída, por la razón ya dicha".

El hecho de colocar dichos codos y subir gradualmente por torres no tiene otra razón de ser, aparentemente, que ir aumentando las pérdidas por fricción y locales para disminuir la presión interna que las cañerías debían soportar.

Sobre el tercer acueducto que aparece en la fig 55 dice que es una obra más fácil de ejecutar y de menor costo, ya que está hecha de madera. Advierte que los canales por donde pasa el agua no deben asentarse directamente sobre el puente, sino sobre unos pilarcillos, para evitar que la madera del puente se pudra; y menciona que los canales pueden hacerse con caños de barro o de plomo, para hacer más duradera la obra al evitar el goteo.

3. Para el tercer caso no hay más remedio que minar el cerro, empleando una aguja de navegar (brújula) y un nivel, para ir en la dirección correcta y nivelando el suelo.

4. Cuando se tiene el caso del manantial y la fuente final en tierra llana, debe hacerse la nivelación con mucho cuidado y ver si en el manantial se puede elevar el nivel del agua y cuánto. Luego se hace una barda a su alrededor y, estando seguro de lo que el agua sube, se inicia la obra, advirtiendo que si el agua va por atarjea o zanja descubierta, se puede acabar de fortificar el manantial con la misma piedra y tierra de éstas, mas si se usa un conducto cerrado será mejor que el manantial también lo esté; así, se abrirá alrededor de éste una zanja, no muy honda, porque suele acontecer que si la ahondan mucho el agua se pierde. Esta zanja tendrá seis pies (1.8 m) de ancho y por la parte de adentro será de piedras labradas y bien unidas con zulaque para que no se filtre el agua. "Cuando se vaya levantando la obra se irán dejando algunos agujeros poco distantes uno de otro (en forma vertical), porque si la agua no pudiese subir al más alto, se eche por donde alcanzare tapando los que quedaron más bajos; ésto se debe hacer cuando la agua comienza luego a guiar por tarjea, más si va encañada asientásele su caño desde abajo con su codillo, para que por él baje la agua y prosiga por la cañería. Por donde ha de bajar el agua, ha de quedar más alto que la agua (es decir, que la cañería trabaje como canal); ni se le ha de abrir boca por donde entre toda junta de golpe, sino darle tantos barrenos que basten a dar entrada a toda la agua, y darle otro barreno al mismo caño, más alto, a donde no pueda alcanzar la agua, porque sirve de ventosa por donde el aire respire" (197).

La interpretación esquemática de lo anterior se muestra en la fig 56.

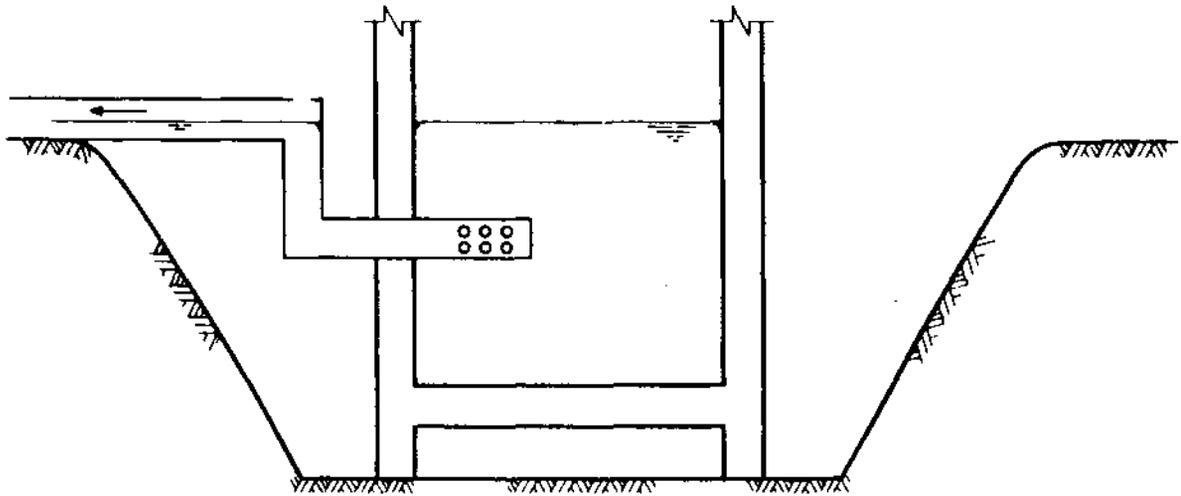


Fig 56. Obras propuestas por fray Andrés para elevar el nivel en el manantial y conducir el agua

Respecto a la conducción del agua escribió que, si se necesita subir poco a partir de la toma, se recomienda llevar el agua siempre al mismo nivel, por conductos subterráneos o superficiales, haciéndole a trechos sus arcas o cajas para que el agua "repose"; pero si el agua sube mucho sobre la tierra se podrán hacer arcos o conductos cerrados con arcas por donde el agua suba y baje, que es una obra menos segura y "de más quiebras".

Las arcas se colocarán lo más juntas posible y a la misma distancia; y conforme se va avanzando en la cañería se va verificando que dentro de las arcas se tenga el nivel del manantial (fig 57).



Fig 57. Arcas en la cañería (Báez)

5. En el quinto caso hay que guiar el agua por zanja o cañería hasta la ciénega, donde hay que construir un depósito para recibir el agua, y luego ver la "disposición que tiene, porque hay algunas que debajo de aquel tremedal y pantano que muestran por encima, tienen cerca suelo muy firme, y quitando este falso se puede edificar sobre él todo género de edificio seguramente" para confirmar la cañería.

Para otro género de ciénegas, dice fray Andrés que hay que seleccionar la obra más durable de las que a continuación se mencionan, después de haber primero "convenido con la bolsa": la más fácil es la de canales sobre pilares de madera; otra es que sobre los mismos pilares se construyan caños de plomo metidos en otros de madera; una más, es que sobre la ciénega se construyan arcos o una estructura para soportar una cañería, que si es de más de 1000 pies (304.8 m) no se dejan de hacer arcos, para que los caños no trabajen tanto. Si la estructura para soportar la cañería no es muy segura y se puede quebrar, hay que hacer los caños de plomo con hojas gruesas, para que si se quiebra la estructura la cañería pueda dar de sí y no romperse. Al final de la ciénega debe construirse otra cerca y de ahí continuar sobre arcos, zanja abierta o cañería hasta llegar a una sierra o cerro alto, donde, si no se puede rodear, se hará un socavón (198).

Por las descripciones anteriores se puede uno percatar de que este fraile se preocupó por solucionar todos los problemas que se podían presentar para conducir el agua y lo hizo con formas ingeniosas aunque en ocasiones complicadas y tal vez innecesarias, pero no por ello menos interesantes.

Sería interesante saber cómo recibían las observaciones de fray Andrés de San Miguel quienes en su tiempo construían los acueductos. Por otra parte, es curioso el hecho de que fray Andrés no haya incluido en su escrito la forma en que construyó el acueducto de San Angel, en el que no siguió ninguna de las soluciones por él propuestas.

Para el caso de que la cañería se quiebre, fray Andrés sugiere lo siguiente:

Si la grieta es transversal hay que zular bien el caño en esa parte, ceñirle fuerte un lienzo y amarrarle un cordel; aunque éste no es buen remedio, porque se ha visto que el agua se filtra por allí hasta que vuelve a reventar. Si la grieta es longitudinal, es necesario cambiar el caño.

Los remedios anteriores son los que fray Andrés sabía se usaban comúnmente pero él conocía otro que, según él, dejaba los caños más firmes que antes de quebrarse. Este remedio es el siguiente: "descúbrase el caño quebrado y cortese un pedazo de planta de plomo que ciña todo lo quebrado y una sesma (14 cm) más y habiendo zularcado la grieta y ceñídole un lienzo zularcado, enróllese con la plancha de plomo y juntos los labios por la parte de arriba, ráspanse y sóldense con soldadura ordinaria de estaño y zularquense hasta llenar todos los vacíos. Así quedará la cañería remediada y más fortalecida" (199).

4. ÉPOCA INDEPENDIENTE

Durante la época independiente hubo gran inestabilidad política debido principalmente a que las luchas entre partidos y facciones seguían, había un continuo cambio de funcionarios, etc. Por otra parte, el erario se encontraba en condiciones desastrosas. Así las cosas, las obras de agua potable sufrieron un terrible estancamiento, en cuanto a obras de proyección comunal, y sólo hubo algunas ejecutadas por particulares para beneficio propio.

4.1 La ciudad de México

Primeras obras

En los primeros años de la época independiente la distribución del agua se hacía empleando las obras heredadas por el virreinato. Los aguadores, con sus esféricos chochocoles al hombro, asistían a las fuentes públicas para distribuirla por la ciudad; pero, cómo estarían éstas, que en el año de 1825 fue necesario tomar la siguiente medida aparecida en uno de tantos "Bandos de Policía": "Los aguadores, que pocas veces limpian las fuentes de donde se proveen, resultando de esta omisión que el cieno corrompido inficione el agua, tenga mal olor y se haga insalubre, limpiarán indispensablemente los días primeros de cada mes las fuentes descubiertas, pena de doce reales por la primera vez, que se aumentará a proporción de la reincidencia, prorrateándose entre los que ocurren con frecuencia al lugar de infracción" (1). José Mendivil, gobernador interino del Distrito Federal, mandó el 7 de febrero de 1825 que se publicara esta noticia "por bando en esta capital y en la comprensión del Distrito, fijándose en los parajes acostumbrados, y circulándose a quienes toque cuidar de su observancia" (1).

Posteriormente, el Ayuntamiento de 1827 se preocupó en la conservación de los acueductos y cañerías: construyó siete fuentes, entre ellas la de Victoria, a la entrada del paseo Nuevo Bucareli, levantó en tres hiladas el caño del acueducto de Santa Fe y reparó el socavón existente en la misma línea. Ya desde esta época se pensaba derrumbar los arcos que estaban frente a la Alameda (2).

Memoria Económica de la Municipalidad de 1830

Aparentemente, el primer intento serio para atacar el problema del agua de México se realizó en 1830, cuando se le pidió a la Comisión de Aguas y a un grupo de entendidos en el asunto que realizaran un reconocimiento, para informar sobre el estado de las obras hechas "en el monte de los Leones, Santo Desierto, Cuajimalpa, Santa Fe y Tacubaya hasta Chapultepec", y de las cañerías existentes dentro de la ciudad. La descripción del reconocimiento que hicieron fue incluida en la Memoria Económica de la Municipalidad de 1830 (3) y dice así:

"En la presa del monte de los Leones se observó que las compuertas no sólo estaban echadas* y ensolvadas desde 13 años hacía, sino que todo el buque se había terraplanado, de modo que el agua se derramaba por las cabezas de las dichas en lo que se reguló se despreciaban dos surcos (6.62 l/s), quedando otros tantos a la ciudad.

"En la embocadura del acueducto está casi desplomado el estribo que le sostiene, de manera que se temió y con razón, que se derrumbe en las próximas lluvias, quedando cortado el caño, y México sin esta agua.

"Consecutivamente hay un gran trecho descubierto, que según informe de los guardas, estuvo tapado con laja** y hoy no existe así a causa del ensolve de la presa, que ha ocasionado también el del caño, por la gran cantidad de arena que arrastra como se ve en su fondo, pues reconocimos sobre él cuatro dedos [7.2 cm] de sedimento.

"Continúa la atargea con el caudal de dos surcos, con poca diferencia bajo el propio rumbo hasta un sitio en donde se despeña a una barranca por la que provisionalmente se le ha puesto su conducto."

Enseguida, mencionan que al proseguir el camino encontraron a un guarda que les hizo ver que "con mucha facilidad y a poco costo" podrían reparar el acueducto en ese momento, lo que "ahorraría mucha agua de la que se filtra en la barranca o se desperdicia por descompostura en las canales de madera"; y que al llegar a la pila repartidora, donde se dividían las aguas que iban a la ciudad y la hacienda de San Borja, encontraron que los de esta propiedad habían hecho el asiento de la pila, al lado inmediato de la toma para su merced, mucho más hondo, por lo que podían tomar el agua que querían y más, ya que no había guarda alguno, porque al que le pagaba la ciudad vivía en Cuajimalpa y no podía permanecer "por temor de la fieras y absoluto desamparo". Esa fue la explicación que dieron respecto a la falta del guarda, pero es muy posible que el vigilante no acostumbrara cumplir con su tarea no por el temor a las fieras sino a los mismos de la hacienda, a quienes no les convenía su presencia.

La descripción continúa diciendo que al seguir el camino encontraron, a pocas varas de la pila, la toma de un surco para el rancho de San José, en donde se percataron que la abertura para la merced era notoriamente mayor que la permitida; que luego

*Tiradas.

**Piedra plana.

encontraron que por medio de canales ensamblados se atravesaba una barranca, y aquí observaron que la caja conductora estaba muy mal reforzada y, por tanto, había infiltraciones que caían al vacío; además, se dieron cuenta de que las canoas estaban muy viejas y les faltaba zulaque, desperdiciándose por ello un surco de agua.

Que al llegar al cerro de Cuajimalpa y detenerse en la confluencia de las aguas de los Leones y del Desierto, se percataron de que "la primera venía tan disminuida que por lo menos había perdido medio surco; y las otras, más de dos, formando ambas disminuciones el volumen considerable de cerca de tres"; también, de que aguas arriba de la presa no podía haber robo porque el agua venía embarrancada y era imposible cambiarle el curso, además que los terrenos ahí eran "incultos y montuosos", por lo tanto "su rebaja provenía del resumidero que sufría en su tránsito".

Después de Cuajimalpa -continúa el informe- encontraron que el acueducto estaba "muy bien conservado", pues su fondo y laterales estaban "forrados con ladrillo", y que, más adelante, el agua corría descubierta y algunas familias que vivían por ahí se aprovechaban de ella para lavar y otros usos. Además, el terreno era extraordinariamente poroso, por lo que había muchas pérdidas.

De ese lugar concluyeron que: "Estando descubierta el cañón resulta también, que en tiempo de agua se le introduce mucha llovediza, que como viene revuelta la conturbia. Lo que en alguna parte podía remediar tal defecto son las pasaderas que cruzan sobre el caño, pero estas precisamente sirven para el efecto contrario, pues estando destruidas las más, las aguas cojen aquel declive o dirección; y hallándose sin puente que las transporte se incorporan con las otras [aguas]".

Posteriormente, informaron que el acueducto iba cerrado hasta llegar al Molino Viejo, arriba del bosque de Santa Fe. Luego, en la loma de Santo Domingo, encontraron 40 varas (33.5 m) de cortina que estaban en muy mal estado y ya le habían ocasionado algunas cuarteaduras al caño, que podían "fundamentalmente consumir su ruina", provocando que el agua cayera a la barranca sin llegar a la ciudad por muchos días.

La descripción continúa señalando que, al reconocer la atarjea, hallaron que en el punto llamado el Reventón de Belén, el caño, que iba subterráneo, estaba muy azolvado, y necesitaba al menos media vara (42 cm) más de profundidad.

Que la Comisión de Aguas, al llegar a la reposadera conocida como el Tinacal, ordenó cerrar la toma que salía de allí para el Molino de Belén "por ser un robo que se le estaba haciendo a V.E.*" y que

*Se referían al general Anastasio Bustamante, quien era presidente entonces.

continuaron hasta llegar a la alberca de Chapultepec, "sin advertir cosa notable".

Al referirse a la cañería existente dentro de la ciudad, la Memoria dice que era de 8" de diámetro y tenía 1722 varas (1443 m), de las cuales 1336 varas (1120 m) eran de plomo; estaba muy destruida, principalmente la de los ramos de San Francisco y Palacio.

Dentro de la descripción anterior la Memoria incluye un resumen sobre las cañerías, fuentes, mercedes y otras cuestiones (tabla 1) que dan una idea acerca del abastecimiento de agua en ese tiempo. La ubicación de dichas cañerías se muestra en el plano de la fig 58.

De la tabla 1 se aprende que la longitud total de cañería dentro de la ciudad era más de 59 km, posiblemente una de las más largas del mundo en su época. Respecto a las fuentes, parece que la medida tomada por el Cabildo en 1535, de obligar a los mercedados a construir fuentes para sus vecinos, se fue olvidando con el tiempo y ya para 1830, existían en la ciudad al menos 18 fuentes particulares por una pública, según información de la misma tabla. Por último, ésta muestra el enorme abuso y mala distribución que había con las mercedes, ya que por cada una de tamaño conocido había al menos diez cuyas dimensiones eran desconocidas; además, el mayor número de mercedes era gratuito, y éstas eran evidentemente de los particulares, ya que por cada kilómetro de cañería destinado a las fuentes públicas había más de siete para abastecer sus mercedes.

Las mercedes particulares, según las listas incluidas en dicha Memoria, pertenecían principalmente a conventos, colegios, hospitales, baños, hospicios, negocios y casas de ricos.

Finalmente, la Comisión de Aguas junto con el grupo de personas que la acompañaron en el reconocimiento de las obras de abastecimiento, "propone a V.E., -en la misma Memoria- que se haga un reconocimiento general para aclarar los abusos cometidos con las mercedes y que, posteriormente se dicten las siguientes medidas (4):

1. Que se retiren todas las mercedes que no sean justificadas.
2. Que a las particulares que resulten estarlo, se les exija en lo sucesivo a razón de 50 pesos por cada cinco pajas.
3. Que a todas las de los conventos de ambos sexos que no sean mendigantes, sino notoriamente ricos, se les obligue a pagar con la misma proporción; pues los objetos de la policía refluyen en su beneficio y además, sus pingües productos y rentas eximen al Ayuntamiento de privar al público en obsequio a ellos, de un artículo generalmente necesario.

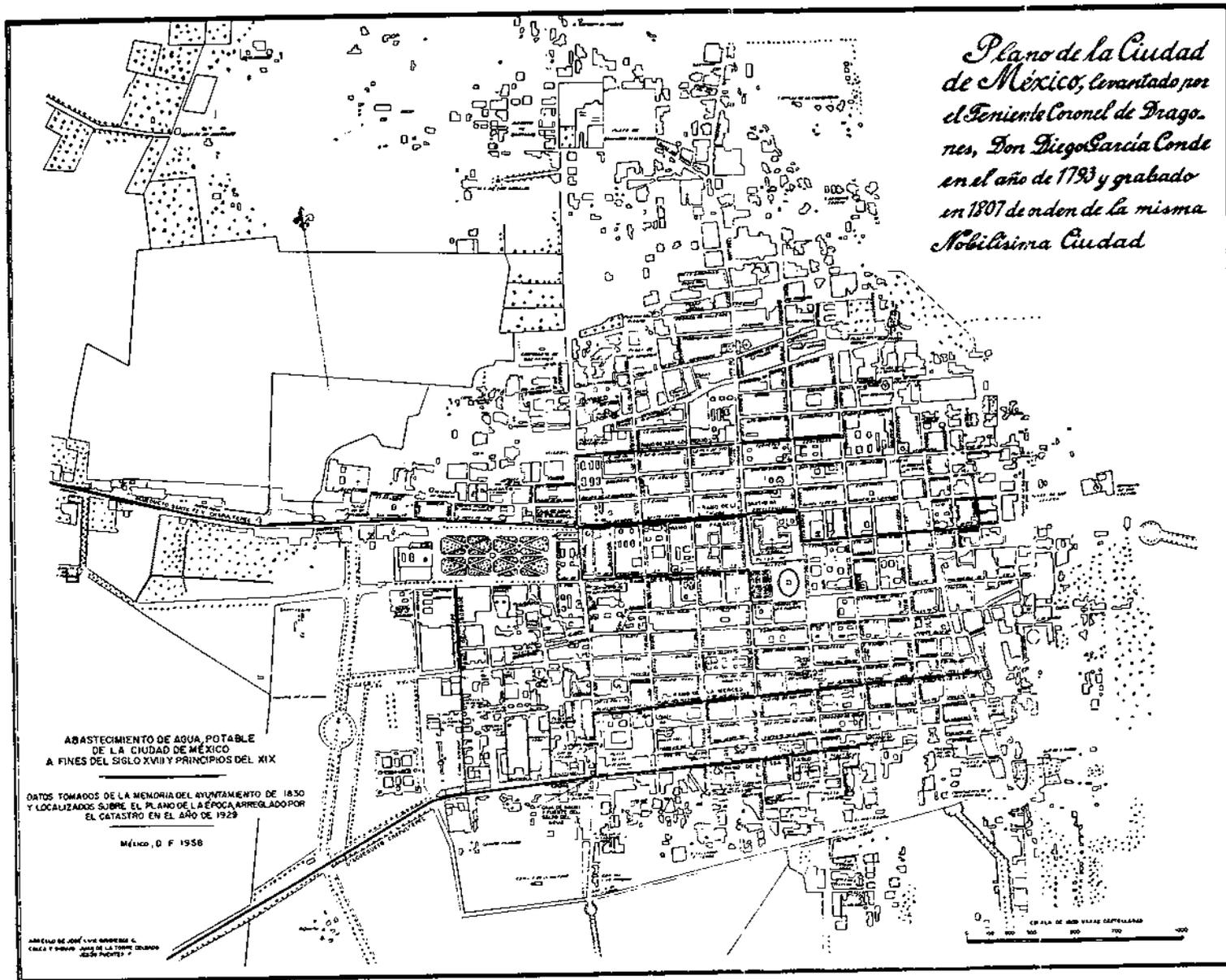


Fig 58. Trayectoria de los acueductos de Santa Fe y Chapultepec y sus ramales (Bribiesca)

TABLA 1. RESUMEN DE LAS CAÑERÍAS PRESENTADO EN LA MEMORIA ECONÓMICA DE LA MUNICIPALIDAD DE 1830

cañerías	longitud cañería princi- pal [m]	longitud cañería de fuen- tes pú- blicas [m]	longitud cañerías particu- lares [m]	fuentes públi- cas	fuentes parti- culares	mercedes de tama- ño cono- cido	mercedes de tama- ño cono- cido	mercedes gratui- tas
Tlaxpana y atarjea baja	---	856	7587	7	133	11	54	54
Chapulte- pec y Belén	----	132	3234	5	68	6	26	26
San Fran- cisco *	1202	88	7433	2	145	3	77	78
Palacio*	1194	---	3014	0	37	0	20	20
Santísi- ma *	1434	886	6319	5	108	2	68	69
San Lo- renzo *	1466	2033	7501	8	115	5	56	55
Bosque**	977	235	1706	3	37	2	12	12
la Merced**	1631	541	4198	3	66	5	40	40
San Pablo **	1131	1426	2960	9	55	3	31	33
	9040	9197	43952	42	764	37	384	387

* ramal del acueducto de Chapultepec, Santa Fe o Tlaxpana

** ramal del acueducto de Chapultepec o Belén

4. Que no se admita por justificación haber sido a señores inquisidores, regentes, oidores, oficiales reales, etc. pues todos estos privilegios personales cesaron con el sistema republicano que nos rige y la mayor parte con la muerte de los mismos beneficiados."

Después de dicha propuesta, que revela un gran interés por una distribución de agua más justa, la Comisión y el grupo mencionado concluyeron, sin perder el tono, así: "De estas medidas resultará precisamente o el aumento de fondos, o de fuentes públicas, y ambas cosas son útiles al pueblo de México, que es el señor y propietario de las aguas mencionadas" (4).

No se tuvo noticia respecto a la suerte que corrió la propuesta hecha por la Comisión de Aguas y acompañantes al presidente Anastasio Bustamante; pero, parece que no tuvo éxito, debido, evidentemente, a la inestabilidad de los gobiernos que apenas llegaban a preocuparse por labores de conservación y reparaciones menores de los acueductos, y nunca por mejorar a fondo el abastecimiento de agua, a pesar de saber el peligro que corría la ciudad de quedarse sin el agua del acueducto de Santa Fe y de las medidas concretas propuestas por estas personas.

Por otra parte, la situación empeoró a consecuencia del sismo del 7 de abril de 1845, que provocó que el agua delgada del acueducto de Chapultepec se derramara por las fuentes públicas y muchas particulares; además, los arcos que la conducían se habían cuarteado considerablemente. Los estragos fueron mayores en la arquería del agua gorda, ya que fue preciso demoler cuatro arcos y resultaron dañados más de cien (5).

El día 9 de abril, antes de las once de la mañana, "ya había agua gorda en algunas partes de la ciudad y antes de la oración de la noche* corría el agua en todas las fuentes públicas. Quedaron listos todos los ramos (o ramales), con obras provisionales; sin embargo, perdíase líquido por algunas grietas y se preveía cierta escasez, mientras no se hicieran obras más formales. Los encargados de esas composturas pidieron al alcalde primero del Ayuntamiento, que se ordenara que quienes tuvieran mercedes particulares, permitieran al público sacar agua, amagándoles con multas y pérdidas de esa merced, en caso de que no lo consintieran" (6).

Posteriormente, tras de un segundo y de un tercer sismo del día 10 de abril, "quedaron inutilizados muchos de los trabajos de la Comisión de Aguas" (7). Se formó una comisión de tres peritos: Lorenzo Hidalgo, Luis Robles y Manuel Téllez Girón, para que revisaran las arquerías; después de lo cual declararon que: "la del agua gorda tenía ciento setenta y cuatro arcos cuarteados,

*Que era a las 19:00 horas.

entre el Salto del Agua y Chapultepec; [. . .] en la caja de agua de Belén se habían caído tres arcos, el agua pasaba gracias a las cajas de madera que se había puesto, cuya estabilidad se podría ver comprometida por el más leve movimiento" (8).

"Respecto a la arquería del agua delgada, dijeron que tenía doscientas ochenta cuarteaduras, entre Chapultepec y la Mariscala. Destacaron: tres arcos ruinosos en el paraje llamado el Arco Tuerto, donde les parecía indispensable establecer una canoa; [. . .] en el Puente de Alvarado cinco arcos estaban ligeramente desplomados, hacia el norte, y había daño menos relevante en once de ellos, frente a San Hipólito, así como en veinte fronteras a San Juan de Dios y en tres cercanos a la Mariscala" (9).

Después de este informe posiblemente no se hayan hecho reparaciones a fondo, ya que desde antes se pensaba demoler la arquería de Chapultepec.

Sin embargo, algo se hizo en 1846, cuando entró en vigor un reglamento, por acuerdo del 11 de diciembre de ese año, que fijó los deberes y obligaciones de los sobrestantes del ramo, además de poner nuevamente vigentes las Ordenanzas de Aguas del año de 1710 y otras disposiciones semejantes, como la propuesta por José Gómez de la Cortina, en 1836, sobre la colocación de llaves económicas tanto en las fuentes públicas como en las privadas, para evitar el desperdicio del agua (10).

Primera demolición de los arcos

Un lustro antes de tomar estas medidas, se decidió cambiar el sistema de distribución, ya que la arquería además de estorbar el tránsito facilitaba el robo de agua, por lo que se contrató al plomero Jorge Aisnlie para la demolición de los arcos de la Tlaxpana, "desde la fuente de la Mariscala hasta la puerta del ángulo NE de la Alameda, pero no se llevó a cabo la obra y, en 1852, se celebró nuevo contrato para la demolición hasta el Portillo de San Diego (700 varas, 587 m): el mismo Aisnlie hizo la obra, sustituyendo los arcos por tubos de plomo de doce pulgadas de diámetro y de media pulgada de grueso " (11).

Pozos artesianos

Poco antes de 1847 los señores Pane y Molteni comenzaron a abrir pozos artesianos en la ciudad y valle de México y, diez años después, ya habían logrado que la sonda penetrara hasta la profundidad de 105 m y tenían 144 pozos abiertos, de los cuales 24 estaban destinados para riego y producían 7800 barriles por hora (150.26 l/s) y los 120 restantes eran para casas particulares, rindiendo un producto de 1800 barriles por hora (34.68 l/s). Otros 24 pozos habían sido abiertos por otros sondeadores y producían 360 barriles por hora (6.94 l/s). El resultado total era de 9960 barriles o sea casi 192 l/s (12).

Para ese mismo año la ciudad disponía de 536 l/s, de los cuales 344 se obtenían de los acueductos de Santa Fe y de Belén; es decir, de los pozos artesianos se extraía más de la tercera parte del agua total. El agua de los acueductos se tenía en las siguientes cantidades: agua delgada del acueducto de Santa Fe, 163 l/s, agua gorda del mismo acueducto, 80 l/s, agua del acueducto de Belén, 101 l/s (13).

Según Orozco y Berra para el año de 1864 la ciudad disponía en total de 584 l/s, es decir 48 l/s más que en 1857, de los cuales 343 provenían de los acueductos o sea, un litro menos que en dicho año, y 241 l/s de los pozos artesianos, lo que significa un incremento de 49 l/s, por lo que, aceptando la suposición de Peñafiel acerca de que de cada pozo se extraían 1.53 l/s aproximadamente (14), se tiene que en siete años se abrieron 32 pozos más, o sea que en total había 200 pozos.

Orozco y Berra supuso que para ese año la población era de 200 000 habitantes, por lo que la dotación era de 250 l/hab/día; cantidad que consideró suficiente, no obstante que en ella estaba incluida la que se empleaba en usos industriales (15).

Actualmente, la dotación en zonas residenciales de la ciudad se considera entre 250 y 300 l/hab/día, así que si la información de Orozco y Berra es correcta, el agua era más que suficiente.

Las aguas de Xancopinca

Seguramente, esta eficiente dotación no consideraba las zonas más alejadas del centro de la ciudad, por lo que en el año de 1859 se trató de aprovechar las aguas de Xancopinca, "pero por su bajo nivel no fue posible, por lo que la parte norte de la ciudad fue abastecida por un convenio con el municipio de Guadalupe con aguas de éste, construyéndose dos líneas de cañerías de barro desde Santa Ana hasta Peralvillo, para aprovechar aguas de Guadalupe" (16).

Sustitución de los arcos por tubería

A pesar del incremento en la explotación de los pozos artesianos, la mayor cantidad de agua seguía proviniendo de los acueductos, de los cuales el de Santa Fe se seguía remplazando por un conducto subterráneo.

Al respecto, en el artículo 41 de la ley del 27 de noviembre de 1867 se obligaba a la Compañía del Ferrocarril de Veracruz "a derrumbar dentro de ocho meses los arcos que sirven de acueducto, desde San Fernando hasta la antigua garita de San Cosme, haciendo suyos los materiales de la demolición y estableciendo tubos de hierro de diámetro competente para que por ello pase la misma cantidad de agua que por el acueducto" (17). Con dicha disposición se colocaron tubos de 50 cm de diámetro.

Arbitrariedad con los tubos

La Compañía de Ferrocarriles tenía como representante a Antonio Escandón, quien hizo un contrato con Antonio Gayol para que le surtiera los tubos de la fundición de Los Reyes, en Tulancingo.

El señor Gayol entregaba los tubos en la estación de Ometusco -según el contrato-; pero cuando la compañía tuvo expedita la vía hasta Veracruz encontró que era más barato comprar tubos traídos de Inglaterra, por lo que por todos los medios se trató de rescindir el contrato con el señor Gayol, pero no se pudo. Así que siguieron llegando los tubos, aunque el pobre señor Gayol no recibió ni un quinto, ni siquiera de los tubos que ya habían sido empleados. Don Antonio Gayol reclamó a la Compañía pero la única respuesta que tuvo fue que debía tratarlo con un abogado, quien finalmente traspapeló los documentos y ya nada pudo hacer.

Según el Lic Cossío, todos (incluyéndose él) vieron "muchos años los tubos tirados junto a los arcos, hasta que en 1879, al tirarse estos se colocaron" (17) -y escribió- "no sé si todavía hoy (1935) sirven para conducir el agua, pero si sé que a Don Antonio Gayol no se los pagó ni la compañía ni el Ayuntamiento que los aprovechó" (18).

Fin de la arquería y fuente de la Tlaxpana

El agua comenzó a correr por la nueva tubería el 30 de agosto de 1889 a las siete de la mañana, extendiéndose posteriormente hasta el Molino del Rey.

Al cambiar la arquería por los tubos no se tuvo piedad con la fuente "de los músicos" que estaba ligada a ella, y el año de 1879 el arquitecto de la ciudad Antonio Torres Torija la mandó destruir. Este fue un hecho imperdonable para algunos, entre ellos Valle Arizpe, quien al respecto se expresó duramente así: "(Antonio Torres) a diario la miraba (a la fuente) y la remiraba convencido, tal vez, de que su cerebro como no podía hacer cosa parecida en interés y belleza, la mandó echar abajo con la inconsciencia artística de un estúpido, para que ya no turbara sus pensamientos, que no concibieron nunca nada bueno fuera de meterse en el Ayuntamiento a cobrar sueldo" (19).

Obras de reparación

En 1870 se hicieron obras a fondo de reparación y reconstrucción de las albercas de Chapultepec, logrando un mejor servicio y que el agua no faltara en la ciudad (20).

Expropiación de las aguas

Tal parece que cuando se hablaba de la disponibilidad suficiente de agua en la ciudad siempre era por poco tiempo, pues nuevamente

para 1878 se dice que había escasez. Ante este problema, el presidente Porfirio Díaz dispuso que el Ayuntamiento "procediera a utilizar las aguas del Desierto de los Leones a pesar de las reclamaciones que por más de ciento treinta mil pesos hicieron los que se creían con concesiones sobre dichas aguas" (20). De acuerdo con los datos de la Memoria del Ayuntamiento Constitucional de México, de 1879, se reparó el acueducto en el tramo del Desierto de los Leones para aumentar el caudal del agua que entraba a la ciudad. Sin embargo, esto no resultó eficaz para remediar la escasez y para colmo de males, la ciudad perdió en un litigio casi la mitad de su agua potable (21).

No fue sino hasta 1882 cuando, "bajo la presidencia de don Manuel González, el Congreso de la Unión facilitó a la ciudad para expropiar las aguas necesarias para su abastecimiento, con lo que los afectados redujeron sus pretensiones a diez mil pesos, que pagó la ciudad y quedó en posesión de las aguas, habiéndose inaugurado la nueva cañería de las aguas del Desierto el 16 de septiembre de 1883 y acuñándose una medalla conmemorativa de estas obras. En 1886 el Ayuntamiento adquirió la propiedad del monte del mismo Desierto con el fin de proteger los manantiales, acueductos y zonas de captación" (20).

El agua potable en 1884

La mejor idea sobre cómo estaba el abastecimiento de agua en ese tiempo la dio el Dr Antonio Peñafiel*, en su Memoria sobre las Aguas Potables de la Capital de México. En ésta, describió ampliamente el origen de las aguas que abastecían la ciudad, su calidad, composición, conducción, distribución y su influencia en la salud de los habitantes de la capital; además, incluyó una serie de medidas que propuso para remediar "los males gravísimos" que aquejaban a la capital. A continuación se presenta parte de esta Memoria, en forma resumida.

Manantiales aprovechados

El de Chapultepec tenía construidas, como ya se mencionó, una obra en la alberca grande y otra en la chica. La de la primera consistía en una construcción rectangular de 17.47 m de longitud y 13.39 de latitud que tenía dos pisos, el primero a 2.67 m de profundidad y el segundo entre 12 y 15 m (21). La alberca chica tenía un brocal de mampostería, construido antes de 1571, medía 9 m de longitud y 5.63 de latitud, constaba también de dos pisos que estaban aproximadamente a 3 y 4 m de profundidad; además, ésta

*Socio fundador de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, socio de número de la Academia de Medicina, correspondiente de la Sociedad Numismática y Anticuaria de Filadelfia, y encargado de la dirección general de estadística de la Secretaría de Fomento.

contaba con dos máquinas de vapor de 10 caballos, de las cuales únicamente se usaba una, para elevar el agua al acueducto de Belén, por medio de un tubo aspirador de 0.22 m de diámetro (23).

El manantial de Santa Fe tenía diez vertientes grandes y muchas pequeñas, que al brotar formaban un derrame de 2 m de ancho por 10 cm de profundidad (24).

El "Desierto" y los "Leones"* no eran en su origen una alberca o depósito de aguas, sino varias vertientes que llegaban a una cañada o al canal que se hizo para su conducción y que llegaban a la presa conocida como manantiales del Desierto de los Leones, en donde su curso natural cambiaba y eran llevadas a un canal rústico y nada económico** para unir las a las aguas del Desierto, antes de la reposadera, para encaminarlas a las de Santa Fe (25) y luego a las de la alberca grande de Chapultepec.

El manantial de Acuecuexco -Peñafiel lo encontró- contenido en un brocal circular de mampostería que sobresalía cerca de 1 m del terreno; tal vez eran los 1.26 m que habían levantado los del convento de Churubusco en 1712. El diámetro era de 18.5 m y la profundidad de 4 a 5 m (26); en el año de 1712, tanto el diámetro como la profundidad eran de 19.3 m, es decir, el primero disminuyó muy poco pero la segunda varió considerablemente, en 172 años se azolvó hasta más de 15 m.

El manantial de Xancopinca se encontraba cubierto de plantas acuáticas y estaba inutilizado, pues en nada se aprovechaba. Más aún, Peñafiel lo consideró perjudicial "porque sus derrames no servían de otra cosa que de alimentar las inundaciones en tiempos de lluvias, y en el de secas mantener un extenso pantano insalubre al par que molesto" (27).

Tenía un brocal de mampostería en forma octogonal, cuyos lados eran de 5 m aproximadamente, y medía poco más de 2 m de profundidad.

Los acueductos

El acueducto de Santa Fe o de la Tlaxpana corría entre dos formidables brazos de putrefacción vegetal y animal, alimentados por los derrames de los pozos artesianos que carecían de llaves. Por otra parte, las grietas de éste dejaban caer constantemente, al pie de los arcos que aún no eran demolidos, agua que junto con las basuras, estiércoles y otras inmundicias aumentaban los focos de descomposición pútrida (28).

*Así lo escribió Peñafiel, aunque la mayoría se refiere a estos como manantiales del Desierto de los Leones.

**Así lo juzgó Peñafiel por requerir continuas reparaciones, además de que, por él, el agua continuamente se perdía.

De Chapultepec al Molino del Rey ya no se tenían estos pantanos, pero el agua no se aprovechaba debidamente, pues gran parte de ella se quedaba allí para los usos de la fábrica y otra se derramaba inútilmente (29).

Otro lugar donde había grandes pérdidas de agua era la caja repartidora de Tacubaya, ya que no contaba con un buen sistema de llaves.

Además, gran parte de la cañería estaba derrumbada dentro de la misma corriente del agua y esto era aprovechado por los vecinos de Tacubaya para establecer ahí sus lavaderos; de modo que los habitantes de la ciudad bebían el agua que había pasado por estos (29).

Aguas arriba de estos lavaderos, había dos molinos que se servían del acueducto para mover sus ruedas hidráulicas y en seguida las devolvían al mismo; y por si esto fuera poco, antes de estos molinos había otros tantos lavaderos en la cañería, que estaba ya sin bardas. Además, por aquí, en tiempo de lluvias, entraban los derrames del cerro, piedras, atierres y excremento de ganado. El conducto venía en partes por un túnel y en otras descubierto, quedando al alcance de los animales y de todo el que quisiera ensuciarlo (29).

Siguiendo hacia el manantial de Santa Fe, el agua corría sobre tierra vegetal y tenía cultivos de maíz a los lados, por lo que de venir pura y limpia en su origen, aquí empezaba a contaminarse (30).

El agua del Desierto de los Leones llegaba descubierta a la fábrica de papel de Belén, pasando por una simple zanja entre las milpas. Además, en varias ocasiones tocó a Peñafiel ver cómo una multitud de los vecinos de Belén lavaban sus ropas en el acueducto (30). De estos manantiales se abastecía a los dos tercios de la ciudad, comprendidos entre la garita de Peralvillo y la línea que de este a oeste comenzaba en la Candelaria y terminaba en la calle de Alconeda (31).

El acueducto de Belén no se quedaba atrás en inmundicias, pues para 1884 ya hacía tres años que a los lados de los arcos se despedía un olor cadavérico insoportable y de una influencia pernicioso, ya que los gases emanados de esas cloacas, en que había animales muertos y materias fecales en descomposición, distaban de uno y otro lado del acueducto descubierto ocho o diez metros (32).

Por otra parte, cerca de la prisión de Belén había un reguero de excrementos humanos, que las aguas de lluvia y los derrames de las reventazones de la cañería arrojaban a la acequia situada al pie del acueducto (32).

Respecto al manantial de Acuecuexcatl no se sabe quiénes lo aprovechaban. Peñafiel únicamente mencionó que el derrame de aquí se hacía por un caño de sección rectangular de 24 cm de lado (26);

pero los usuarios debieron haber sido pocos, ya que la toma era más de cuatro veces más pequeña que la que se tenía para abastecer en 1712 al convento de Churubusco.

El acueducto de Xancopinca consistía en una cañería de sección trapecial que tenía base inferior de 16 cm y superior de 40; los lados medían 33 cm. Iba a flor de tierra y estaba provisto de alcantarillas. Sin embargo, estaba inutilizado al igual que el manantial (33).

El acueducto de Guadalupe, construido en 1734, continuaba en operación con todo y sus reposaderas, las cuales seguían con el problema de fermentaciones que despedían malos olores. La cañería estaba descubierta en casi toda su extensión, con muy pocas excepciones, lo que obligó a los constructores a cubrirlas en los lugares accesibles o inmediatos a los caminos públicos para salvarla de la contaminación. Además, recibía los escurrimientos de la pequeña laguna de Santa Isabel, cuyas aguas seguramente no eran muy agradables ya que sus tierras servían para extraer sal y nitrato de potasio, y también, los de aguas pantanosas de la laguna de los pueblos de Zacatengo y Ticumán (34). En conclusión, el agua de los acueductos estaba en condiciones deplorables y alarmantes.

Pozos artesianos

Al principio de la explotación de éstos hubo que tomar algunas precauciones para no contaminar el agua; pero cuando Peñafiel escribió esta Memoria ya no eran necesarias, y las aguas que de los pozos obtenían entonces eran las más puras y diáfanas (35). Además, no se tenían temores de que pudiera faltar, pues se encontró que la capa de agua se extendía a lo largo de todo el valle (36). Para el 4 de abril de 1883 los pozos brotantes ya sumaban 483.

Dotación de agua

La cantidad de agua que entraba a la ciudad por los acueductos bajó de 344 l/s, que se tenían en 1864, a 217 l/s, por lo que si la población era en el año de 1884 de 250 000 habitantes la dotación era de 75 l/hab/día; pero si, como Peñafiel dijo, la población era de 300 000 habitantes, entonces ésta era de 62.5 l/hab/día, cantidad que era "verdaderamente insuficiente e insalubre para cubrir las necesidades de una ciudad" (21).

Respecto a los pozos artesianos, aunque pasaban de 480, no se tenía ningún control de su aportación porque no tenían llaves automáticas para cerrarse, y gran parte del agua se desperdiciaba (37). Así que, aun con los pozos, la dotación de agua seguía siendo insuficiente, y más todavía considerando la necesaria para el uso industrial.

Conclusiones de Peñafiel

Las que consideramos más importantes son las siguientes:

-El agua era conducida por los acueductos y distribuida en las fuentes públicas en condiciones altamente desfavorables para la salud pública.

-Recogía en su curso los materiales orgánicos y gaseosos de la atmósfera contaminada de los alrededores de la capital, y los polvos de diferentes géneros suspendidos en el aire.

-El agua delgada de Santa Fe y los Leones era empleada, a lo largo del acueducto descubierto, para el lavado de ropa.

-El agua gorda de Chapultepec corría por un acueducto abierto y situado entre acequias inmediatas de donde se desprendían gases y emanaciones de la más elevada putrefacción.

-El sistema de distribución del agua carecía de un recipiente situado a una altura suficiente para producir en las cañerías una presión hidráulica que impidiera la mezcla peligrosa de esta agua con los líquidos fecales de las atarjeas.

-Las fuentes públicas, construidas al estilo de la época virreinal, estaban abiertas a la intemperie y recogían los materiales orgánicos del aire viciado del interior de la ciudad y los que sobre ella arrojaban los vientos del lago de Texcoco.

-La cantidad de agua, insuficiente para 300 000 habitantes, debe considerarse como la primera causa permanente de insalubridad en la capital; su mezcla con las deyecciones humanas de las atarjeas debió de ser uno de los factores responsables de la mortalidad elevada de la capital.

-Por lo dañina que resultaba el agua de los pozos poco profundos debiera proscribirse su uso para cualquier empleo, inclusive industrial.

-Sólo podían aprovecharse los manantiales de Santa Fe y de Chapultepec, aumentando el caudal de este último con el agua de la alberca grande y formando para cada uno un depósito cubierto y una cañería que no estuviera en contacto con la atmósfera. Su uso debía ser exclusivamente para satisfacer las necesidades domésticas de los habitantes.

Por último, Peñafiel escribió así: "Hemos concluido nuestra tarea, al llegar al fin de nuestro trabajo, la más satisfactoria recompensa que deseamos, es que al leerse estos renglones, un gobierno ilustrado y generoso tenga piedad de los habitantes de la ciudad de México" (38).

Se toman algunas medidas

La mayoría de las propuestas planteadas por Peñafiel fueron ejecutándose lentamente. Una de las más importantes fue, sin duda, conducir el agua en forma cubierta, es decir, por tubería.

Para el año de 1889 los arcos de la Tlaxpana quedaron completamente sustituidos por tubería de fierro de 50 cm de diámetro, como ya se mencionó, y los de Belén empezaron a cambiarse por tubos de 60 cm, en 1895; de los primeros no quedó ni uno solo y de los segundos, quedaron algunos de recuerdo en Avenida Chapultepec (fig 59). La demolición estuvo a cargo, principalmente, de las Secretarías de Guerra y de Comunicaciones, a las que se les regaló el material, en cambio (18).



Fig 59. Restos del acueducto de Belén en Avenida Chapultepec (México, D.F.)

En el año de 1890 se modificó la ley de Dotación de Fondos Municipales, al establecerse la obligación de tomar agua en todas las calles en que estuviera entubada y aumentarse la cuota mensual de las mercedes (39).

El Ayuntamiento, el 29 de marzo de 1892, declaró que estaban terminadas las obras necesarias para que el agua gorda y la delgada subieran por gravedad a las azoteas que estuvieran hasta 25 m de altura, pero que para eso era indispensable que los

particulares hicieran algunas modificaciones en sus instalaciones (39). Tales modificaciones consistían en "establecer un sólo ramal, con tubos reforzados, desde la toma de la calle hasta la azotea de la casa, debiéndose poner al final un tanque, cerrado, en donde estuviera la llave con flotador y conectado con el tanque o tinaco libre al nivel que se le indicara. Los tanques de la llave no podrían abrirse por ningún motivo sin la intervención de la Dirección de Aguas, y la falta de cualquiera de las disposiciones sería penada con multa de \$5.00 a \$100.00" (40).

El agua con presión empezó a cobrarse a partir de febrero de 1893, cometiéndose una "soberana injusticia" ya que el agua no subió; pero a quienes no habían realizado las modificaciones mencionadas, que eran inútiles, sí se les multó de todos modos (40).

Posteriormente, se dispuso aumentar el caudal de agua y, el 4 de febrero de 1895, la Secretaría de Fomento celebró un contrato para disponer de varios manantiales y ejecutar las obras necesarias para encauzar y aprovechar sus aguas. Después, este contrato se amplió para poder utilizar además otros manantiales.

Por otra parte, el Ayuntamiento decidió comprar las aguas que llegaban de Río Hondo a la caja repartidora. Sin embargo, este asunto se trató con gran arbitrariedad al otorgar al Sr Chausal, secretario particular del presidente, la concesión para el aprovechamiento de las aguas, pues éste, abusando de su puesto, despojó a los propietarios de sus aguas para venderlas al Ayuntamiento. Algunos propietarios llevaron juicios en contra de este señor y, cuando se dictaron sentencias favorables a ellos, el Ayuntamiento tuvo que pagarles, aunque también regaló una buena suma de dinero de la ciudad al Sr Chausal (41).

Para 1889 la cantidad de agua que llegaba a la ciudad era como sigue: de Chapultepec 220 l/s, del Desierto 150 y de Río Hondo 400, o sea que en total se disponía de 770 l/s de los manantiales; además, para ese tiempo ya se explotaban 1070 pozos artesianos, aunque el gasto que se extraía de ellos seguía sin control. El Ayuntamiento consideró insuficiente la cantidad de agua disponible para un buen servicio, por lo que en diciembre de 1900 celebró un contrato con el Ing Manuel Marroquín y Rivera "para que hiciera un estudio a efecto de ver cuáles eran las aguas que más convenía traer a la ciudad" (42).

Trabajo de Marroquín

Manuel Marroquín y Rivera realizó exhaustivos estudios sobre los manantiales aprovechados y los que se podían aprovechar; y acerca de las obras de captación, bombeo y para regularizar y distribuir el agua. Con base en estos, propuso una nueva conducción del agua, siendo él mismo quien dirigió su construcción.

Los estudios y trabajos que desarrolló los expuso en su Memoria Descriptiva de las Obras de Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, publicada en el año de 1914. De ésta se obtiene la siguiente información:

Las aguas aprovechadas

El agua de Chapultepec era muy buena en su origen; pero como se mezclaba con la de los manantiales del Desierto y Río Hondo, que se contaminaban durante su trayecto a la ciudad, el resultado era un líquido en condiciones muy poco higiénicas (43).

También las aguas del Desierto y de Río Hondo en su origen eran muy puras, pero debido a las malísimas condiciones de los acueductos, expuestos a recibir todo género de contaminaciones, tenían a simple vista un aspecto sospechoso. En época de lluvias era peor la situación, pues la cantidad de sedimentos rojizos que acarrearaban era tan grande, que no servían ni para usos del baño o lavado (43).

Las conducciones

El sistema era tal que el agua se escapaba por las juntas de los tubos y perdía toda la presión, por lo que llegaba en cantidades muy pequeñas y totalmente insuficientes para las necesidades domésticas.

Para el año de 1900 el agua ya subía a los depósitos ubicados en las azoteas; los dispositivos que habían fallado en 1893 para este propósito se cambiaron por bombas que generalmente trabajaban en forma manual. Estos depósitos estaban comúnmente descubiertos, lo que facilitaba la contaminación del agua (44).

Algunas bombas estaban conectadas directamente a los tubos de las calles y esto era aún más peligroso, porque fácilmente succionaban no sólo el agua de las cañerías sino todo tipo de líquido y materia que se introducía por las roturas de los tubos. Además, de esta forma, únicamente algunos aprovechaban toda el agua, dejando a otros sin ella, por lo que las autoridades llegaron a prohibirlo; aunque de cualquier manera se siguieron usando (44).

El problema de la escasez se acentuaba con los temblores, que provocaban graves roturas de las tuberías, cuyas reparaciones duraban semanas o meses, ya que, además del tiempo necesario para sustituir al tubo roto, la falta de válvulas que permitieran aislar tramos cortos contribuía a que se gastara más tiempo en la reparación (44).

La Comisión de ingenieros

En 1902 se formó una Comisión de ingenieros para determinar si los manantiales de Xochimilco eran aprovechables para abastecer a la ciudad. Para esto, dicha comisión ejecutó algunas obras para aislar las corrientes de los manantiales de Nativitas, Santa Cruz, San Gregorio y San Luis y poderlos aforar. También hizo mediciones en los manantiales a mayor altura: la Noria, Quetzalapa y San Jerónimo, y de los excedentes de la laguna de Chalco que entraban a Xochimilco (45).

Las mediciones entonces realizadas fueron, indudablemente, los primeros aforos completos y precisos de los manantiales de Xochimilco (46).

La conclusión a la que llegó la Comisión fue que de los manantiales de la Noria, Nativitas, Quetzalapa y Santa Cruz se podían sustraer 1700 l/s sin ningún perjuicio, ya que estos superaban ese gasto y aún quedaban como excedentes las aguas de San Luis, San Gregorio, San Jerónimo y parte de las aguas arrojadas por los manantiales de Chalco, así como las de Ixtapalapa y Culhuacán, que también podían aprovecharse. Además, encontraron que era difícil captar el agua a grandes alturas y lo más práctico era hacerlo directamente de los manantiales y de ahí bombearla para la ciudad (46).

Basados en aforos y observaciones, los de la Comisión afirmaron que en un periodo aproximadamente de diez años, a partir de 1905, el gasto suministrado por las obras de captación de la Noria, Nativitas, Santa Cruz y San Luis, serían en promedio de más de 2300 l/s (47).

El problema de la conducción

Hacia falta llevar agua desde los manantiales de Xochimilco hasta los depósitos de la loma del Molino del Rey, llamados de Dolores, situados aproximadamente a 50 m sobre el nivel de la ciudad.

La Comisión presentó varias soluciones para esto, las cuales Marroquín sintetizó en las tres siguientes (48):

1. Conducir las aguas de Xochimilco por gravedad desde los manantiales hasta la orilla de la capital, por medio de un acueducto cerrado que funcione como canal, y al final de éste instalar unas bombas para elevar las aguas hasta los receptáculos del Molino del Rey.
2. Bombear el agua de la planta de Nativitas a cierta altura, para que llegue al Molino del Rey, bien por gravedad, siguiendo las faldas de las lomas que rodean el valle de México hacia el poniente, o bien, entubada siguiendo el camino más corto posible.
3. Bombear las aguas a poca altura, conducir las por un acueducto a gravedad hasta una planta de bombeo, y de allí distribuir las a la ciudad.

Después de analizar estas soluciones Marroquín concluyó así:

Para llevar a cabo la primera solución era necesario construir cepas con profundidades promedio de 6 m, donde las capas del subsuelo eran sumamente malas, según la experiencia dada por la construcción del canal del desagüe del valle, por lo que ésta no era aconsejable (49).

La segunda solución parecía sencilla y ventajosa, pero se encontró que requería un acueducto de por lo menos 40 km, que elevaría mucho los costos. Por otra parte, la entubación resultaba todavía más cara, por las excavaciones que se requerían en unas partes y las obras necesarias en otras para darle la altura requerida; además de que era arriesgado tener toda la conducción trabajando a presión, evidentemente por la falta de dispositivos necesarios en casos de accidente, reparación o mantenimiento (50).

La tercera solución fue la que se adoptó, con una modificación: no fueron dos las plantas de bombeo sino varias (51).

La obra seleccionada

Acerca de ésta, Marroquín y Holman presentaron un informe (52) que incluía lo siguiente:

Los manantiales que proveerán de agua a la ciudad están situados al sur de ella, aproximadamente a 25 km del Molino del Rey. Sus aguas serán bombeadas por varias instalaciones de bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos. De las estaciones de bombeo el agua se llevará a un acueducto de concreto armado que la conducirá por gravedad a la estación principal de bombas de la colonia Condesa; de aquí, se bombeará a los tanques de Dolores, ubicados en la loma del Molino del Rey, o directamente al sistema de distribución de la ciudad, según se requiera. La capacidad máxima del acueducto será de 2500 l/s.

Además del agua de Xochimilco, se conducirán por gravedad 250 l/s del manantial de Chapultepec a la estación principal de bombas, y 80 l/s de Santa Fe que llegarán, también por gravedad, a los tanques.

De la planta de la Condesa el agua se conducirá por medio de un sistema de tubos y de una cámara de válvulas contigua a ésta, a los tanques de Dolores, la ciudad, o ambas partes. La tubería deberá estar provista de juntas Gibault.

Se construirá una estación general de control, cerca de la instalación de bombas de la Condesa, que funcionará en combinación con la cámara de válvulas de los tanques. Las válvulas de la estación general y de la cámara deberán ser hidráulicas, es decir, que la presión del agua determinará su movimiento; y las de los tubos principales y secundarios serán manejadas por un cuerpo de hombres.

Para las tomas de las casas se insertará en el tubo de la calle una pequeña llave de bronce con rosca, llamada "corporation cock"; esto se hará con un aparato especial que no provoca ninguna interrupción en el movimiento del agua en el tubo de la calle, ni produce trastornos en el servicio de las casas adyacentes. Los tubos para las tomas serán de plomo y se colocarán perpendiculares a la cañería principal de fierro colado.

A continuación se presentan algunos detalles de la obra:

Se estimó dar al acueducto de Xochimilco una capacidad de 2300 l/s, es decir 200 l/s más respecto a la máxima que se dio a las obras de captación. Su longitud fue de 25 km, dando a los dos últimos, antes de llegar a la planta de bombas de la Condesa, mayor capacidad, aumentando la pendiente al doble de la que tenía, por si en el futuro se decidía agregar las aguas de los manantiales de Chimalhuacán (53).

Las dimensiones del acueducto se calcularon teóricamente con la fórmula de Kutter para los 2300 l/s. Sin embargo, en la práctica se encontró que podía conducir hasta 3000 l/s (54).

Sus secciones

Marroquín propuso, en una Memoria que presentó al Ayuntamiento de México en 1901, construir el acueducto con mampostería y un revestimiento de ladrillo; pero esta estructura no consideraba los asentamientos y temblores que eran de temerse en el valle de México. Como en aquel tiempo empezaba a difundirse el uso del concreto armado, se realizaron estudios con éste para determinar la sección adecuada. Así, se seleccionó el arco parabólico mostrado en la fig 60 para construir el acueducto principal que iba de la planta de la Condesa a un punto situado a 26700 m de dicha instalación, enfrente de la obra de captación de San Luis (55); y la sección circular mostrada en la fig 61 para un acueducto de menor sección, destinado a conducir las aguas de San Luis a lo largo de 6455 m. El diámetro del acueducto más pequeño era de 1.40 m y la pendiente que se le dio fue de 0.0007, poco más del doble de la del acueducto ovoide; su capacidad máxima se calculó en 1600 l/s, mayor a la necesaria para transportar los 600 l/s que se obtenían de la obra de captación de San Luis (56).

Chimeneas de ventilación y pozos de visita

A cada 333 m se colocaron en el acueducto unas estructuras destinadas a alojar unas compuertas para separarlo en tramos en caso necesario. Las mismas construcciones se aprovecharon para instalar unas chimeneas que permitían la salida del aire contenido en el interior del acueducto o la renovación de éste. Sirvieron igualmente para colocar unos registros de inspección que permitían el ingreso de obreros encargados de la inspección y reparación. La fig 62 muestra estas estructuras.

La altura de las chimeneas se fijó con base en la pequeña presión de agua que se admitía en el interior del acueducto y con el objeto de evitar que el aire lleno de polvo llevara gérmenes nocivos al agua; ésta fue de 5 m.

Los registros de entrada que se pusieron a uno y otro lado de cada chimenea permitían el fácil acceso de los hombres; además, se podían utilizar para introducir materiales de construcción para futuras reparaciones o modificaciones. Servían también para introducir el tubo de succión de una bomba que permitiera extraer el agua del acueducto y elevarla a cierta altura, con el fin de conducirla por un tubo de lámina que se tendiera entre dos

Obras de Provisión de Aguas Potables
PARA LA CIUDAD DE MÉXICO.

SECCIÓN DEL ACUEDUCTO

ESCALA
0 0.5 1.0

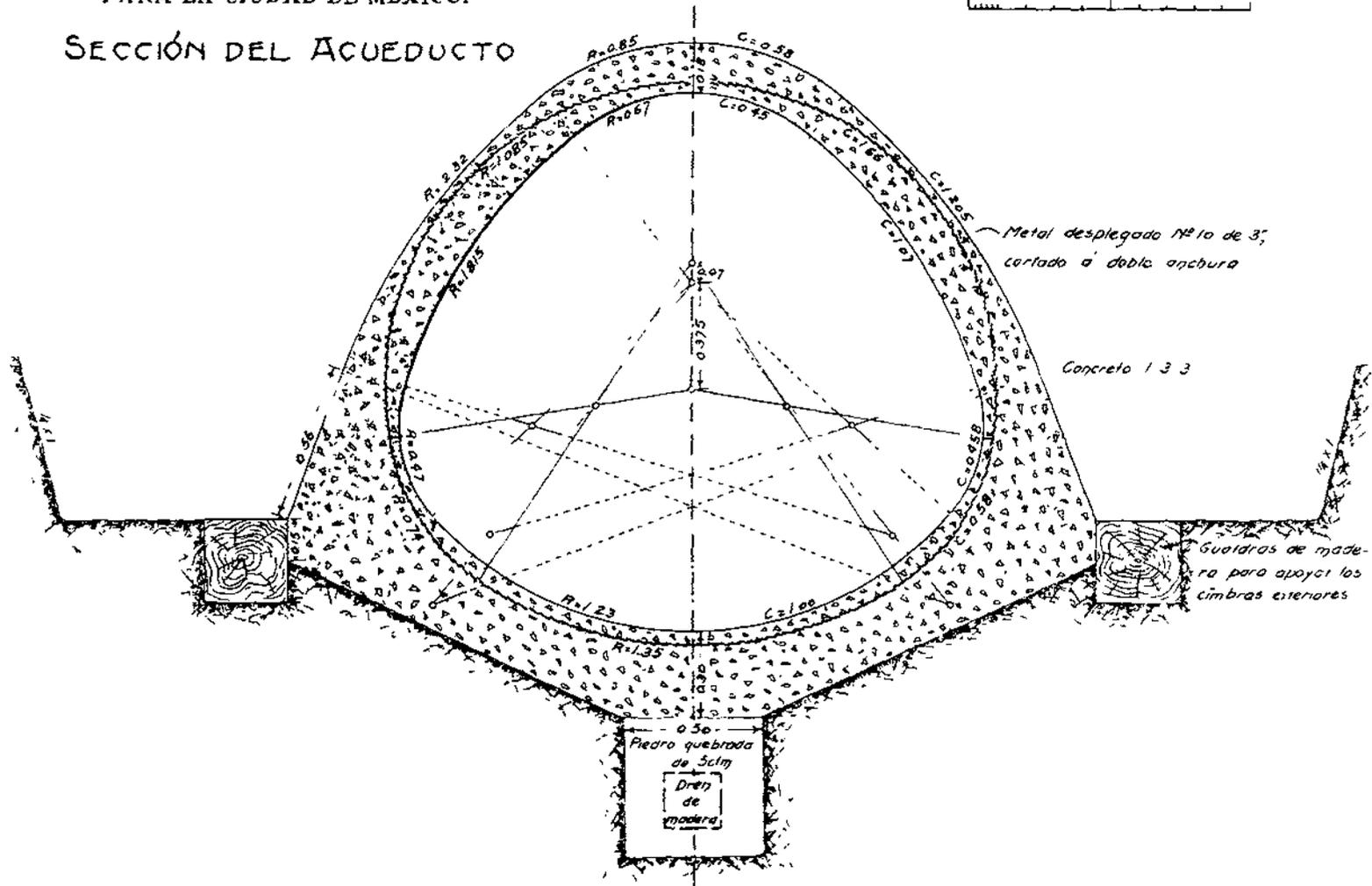


Fig 60. Sección del acueducto principal (Marroquín)

Obras de Provisión de Aguas Potables
 PARA LA CIUDAD DE MÉXICO.
 ACUEDUCTO ENTRE STA. CRUZ Y SA. LUIS

ESCALA

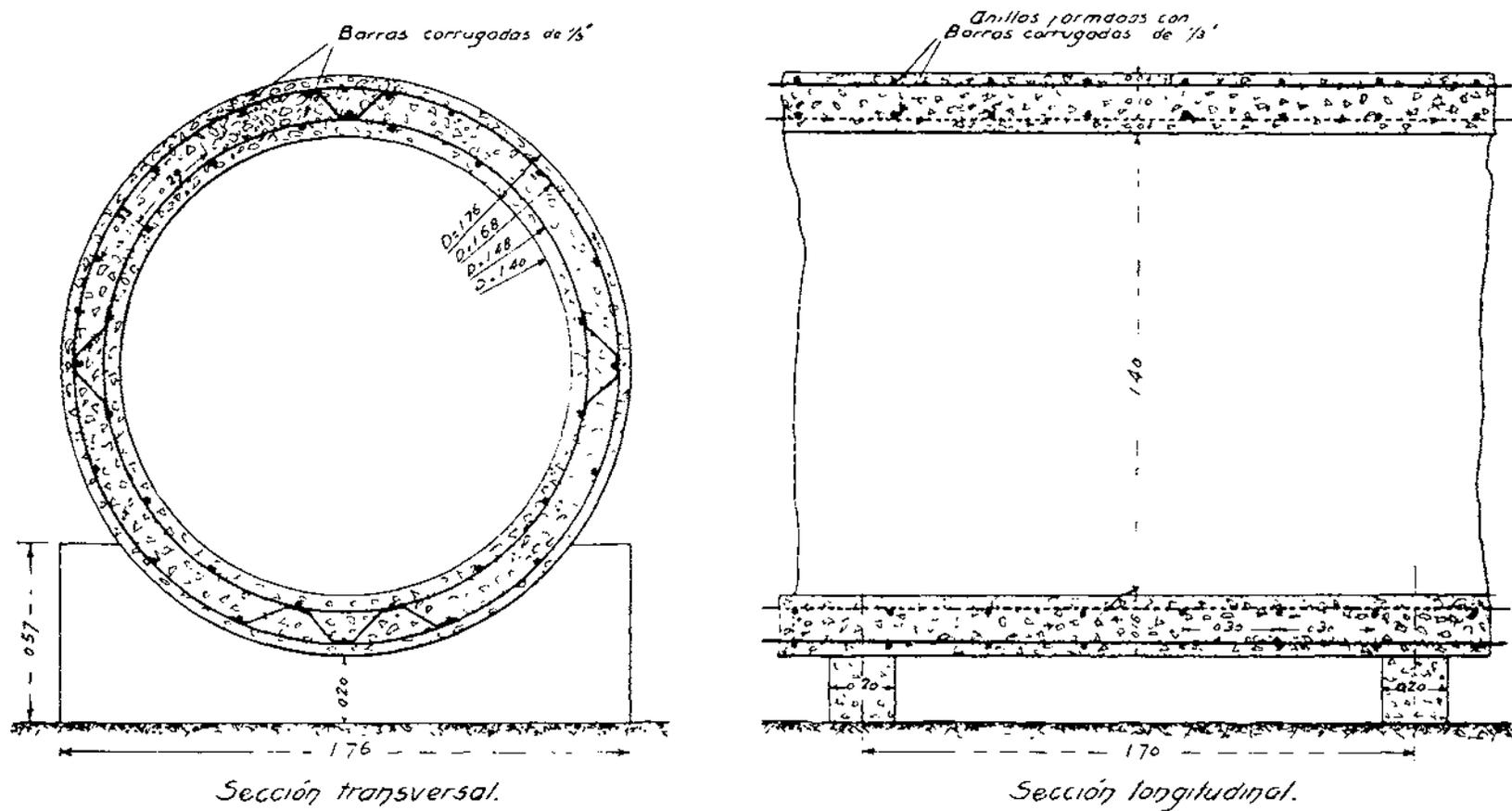
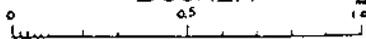


Fig 61. Sección del acueducto entre Santa Cruz y San Luis (Marroquín)

Obras de Provisión de Aguas Potables
PARA LA CIUDAD DE MÉXICO.

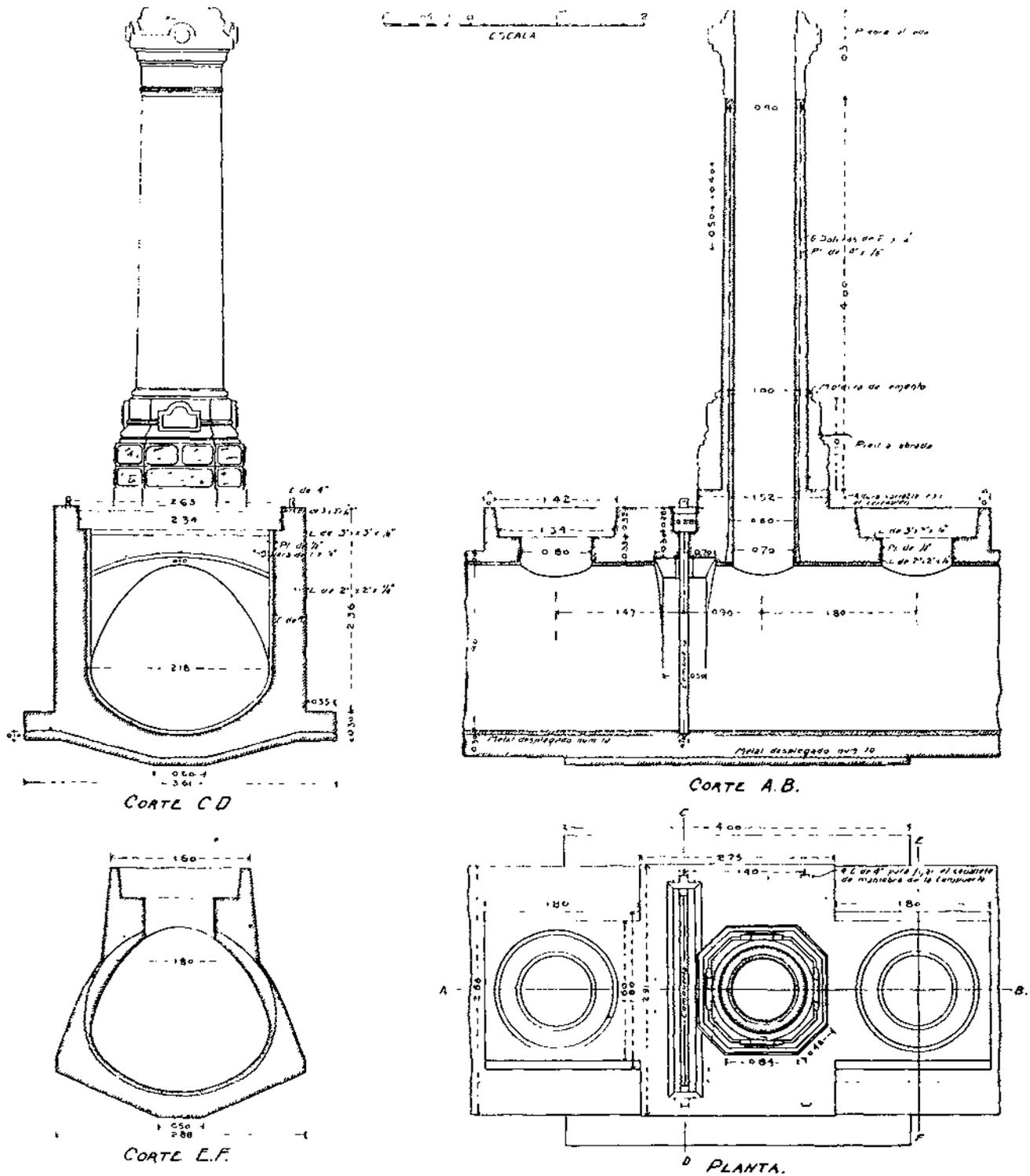


Fig 62. Chimenea de ventilación del acueducto (Marroquín)

chimeneas consecutivas, sirviendo de "by-pass" para restablecer el servicio de aguas en el caso de que se necesitara hacer reparaciones al interior del acueducto. En esos casos resultaba muy útil el sistema adoptado, pues se podía poner una compuerta en cada una de las dos chimeneas que limitaban el tramo que se quería reparar, dejándolo vacío (57). Hoy en día aún funcionan estas chimeneas en el acueducto que conduce las aguas de Xochimilco a la planta de bombeo de Xotepingo (fig 63).

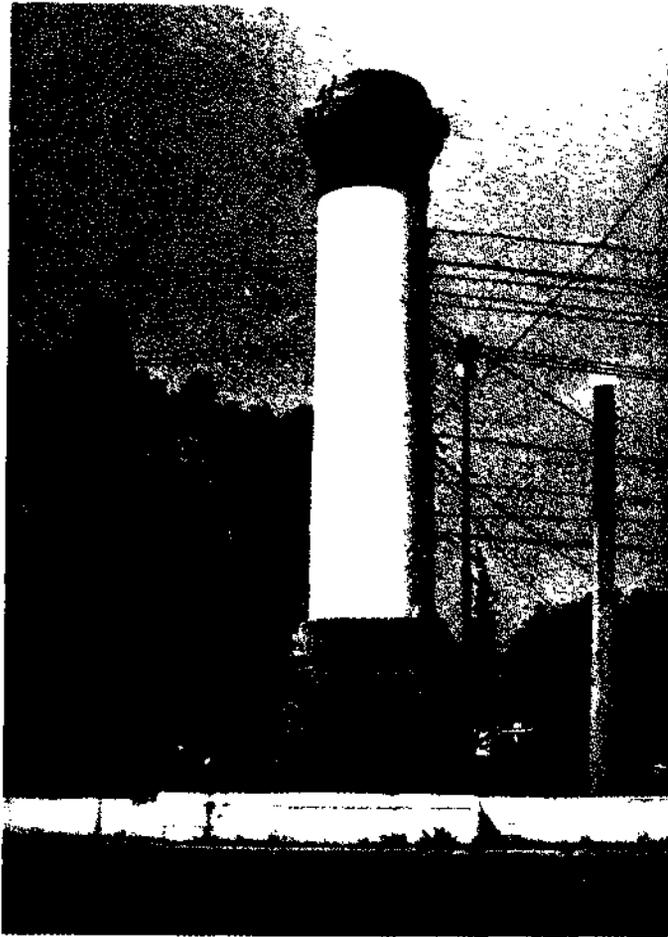


Fig 63. Chimenea en Avenida División del Norte (México, D.F.)

Vertedores y canales de desfogue

Con el fin de derramar agua hacia el exterior del acueducto, para evitar una presión de importancia en el interior del mismo, se construyeron vertedores en San Luis, Santa Cruz, Nativitas, la Noria, San Antonio Coapa y cerca de los ríos de Churubusco y de la Piedad. Con estos se podía dejar suficiente cantidad de agua, teniendo cuidado con la presión interna, para que, en caso de que se suspenda el bombeo, no se interrumpa el servicio y para que, al restaurarse el bombeo, el régimen hidráulico se restablezca enseguida (58).

En las construcciones de los vertedores se puso también un desfogue para dar salida al agua excedente del vertedor, y para poder vaciar completamente el acueducto por medio de una compuerta instalada en el origen del desfogue; cuya plantilla tenía el mismo nivel que el fondo del acueducto. Estos desfogues eran muy útiles en los casos en que, por cualquier circunstancia imprevista, se llegaba a azolvar el acueducto (58).

Los vertedores de la Noria, Nativitas, Santa Cruz y San Luis estaban provistos de canales de desfogue que conducían las aguas sobrantes al lago de Xochimilco; y el vertedor de San Antonio derramaba a una zanja ubicada en el lindero de las haciendas de Coapa y San Antonio (59).

El desfogue de la Piedad era hacia el Canal Nacional y servía para el lavado de las atarjeas de la ciudad. Para el vertedor de Churubusco no se construyó desfogue, ya que, por una parte, se necesitaba un canal de cerca de 2 km y la adquisición del terreno necesario para el derecho de vía, que resultaba muy costoso; y por otra, el acueducto podía funcionar bien sin él (60).

Sifones de Nativitas y de Santa Cruz

Para no construir los más de 2 km de acueducto necesarios para conducir las aguas de Santa Cruz y de San Luis con la pendiente general de 0.003, rodeando el pueblo de Nativitas y faldeando los contrafuertes del Ajusco, se hizo un sifón de 431 m de longitud en la cañada de Nativitas, que debía resistir una presión superior a 5 m columna de agua (61). Este sifón se construyó en el año de 1912, después de haber terminado las instalaciones principales y cuando ya se estaba empleando el agua de los manantiales de Santa Cruz, Nativitas y la Noria. Esto dio lugar a algunas dificultades en la construcción de la obra, además de necesitar una entubación provisional de 90 cm de diámetro entre las dos cámaras del sifón, para no interrumpir el paso del agua. En el trayecto del sifón se establecieron dos alcantarillas para el paso de las aguas del pueblo de Nativitas; además, se construyó un puente para el paso de sus habitantes (62). En la fig 64 se muestra el perfil y algunos detalles de este sifón.

Con el mismo fin de evitar el gran desarrollo que hubiera sido preciso dar al acueducto, para rodear los contrafuertes del Ajusco que forman la cañada de Santa Cruz, se construyó un sifón formado por dos tubos de fierro colado de 80 cm de diámetro, con una longitud de 698 m (62).

De la misma manera que en el sifón de Nativitas, se construyeron dos cámaras terminales en sus dos extremos, cuyos detalles y otros datos se muestran en la fig 65.

Los tanques del Molino del Rey

Se construyeron cuatro depósitos en la loma del Molino del Rey con el objeto de regularizar la distribución en la ciudad. Se seleccionó ese lugar por su altura, porque ahí se disponía de un

PLANO, PERFIL Y DETALLES
 — DEL —
 SIFÓN EN STA. CRUZ

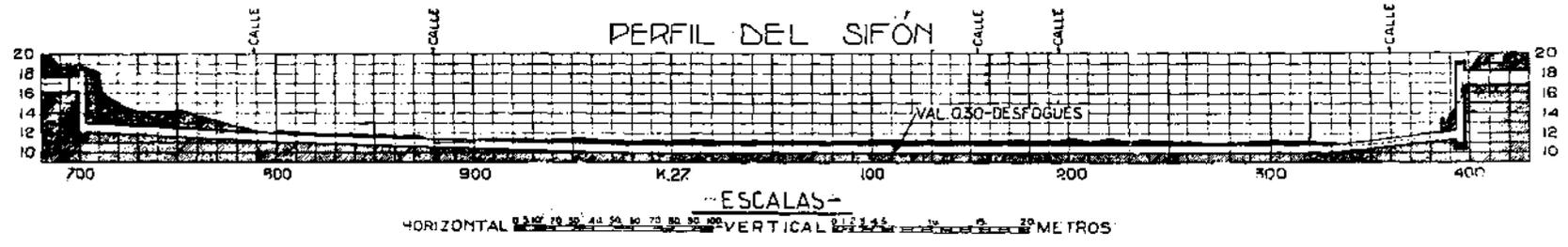
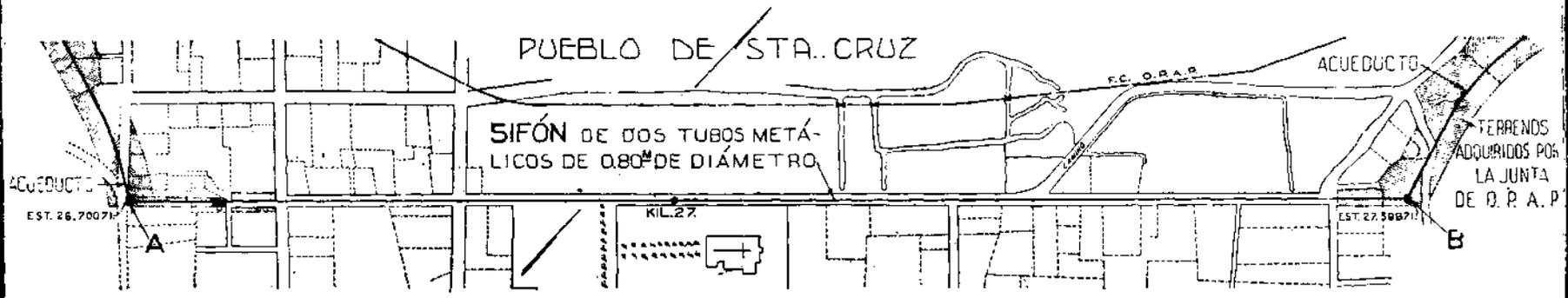
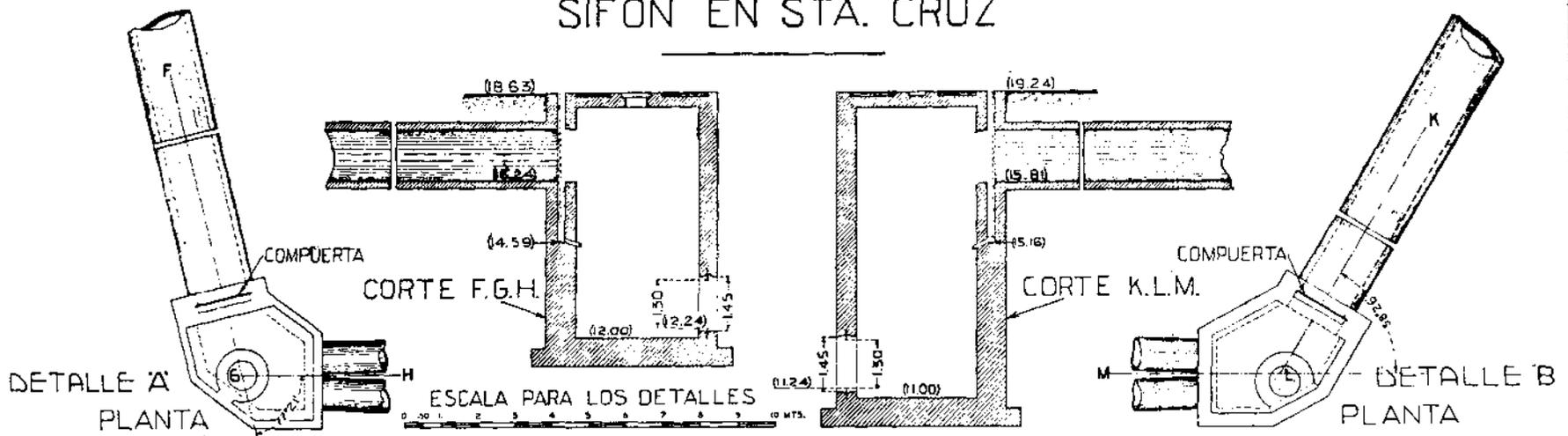


Fig 65. Sifón de Santa Cruz (Marroquín)

terreno muy amplio y por su cercanía al lugar terminal del acueducto y a la instalación de bombas de la Condesa (63). La fig 66 muestra su localización. Inicialmente, se pensó en hacer un solo depósito de 200 000 m³ de capacidad, considerando los consumos en las diferentes horas del día y aun de la semana. Dicha capacidad permitía almacenar el volumen necesario para la provisión de más de 30 h, y en un caso extremo, reduciendo a la mitad el consumo de la población, se podía tener una reserva suficiente de 60 h; sin embargo, se consideró que era más práctico contar con cuatro receptáculos de 50 000 m³ cada uno, para que la ciudad no se quedara sin agua durante la limpieza o en caso de accidente. Estos eran de forma circular y tenían 95.8 m de diámetro; su fondo estaba a 42 m sobre la ciudad. Se tuvo la precaución de cubrirlos para evitar la contaminación del agua por los gérmenes exteriores y al mismo tiempo conservar su frescor (64).

Al centro de cada depósito se construyó una torre que se comunicaba con su interior por medio de ocho vanos y ocho ventanas. Además, se podía descender por ésta a través de una escalera a la que se podía llegar por una puerta colocada en la linterna que remataba cada torre (65). La fig 67 muestra un corte de uno de estos tanques donde se aprecia la torre.

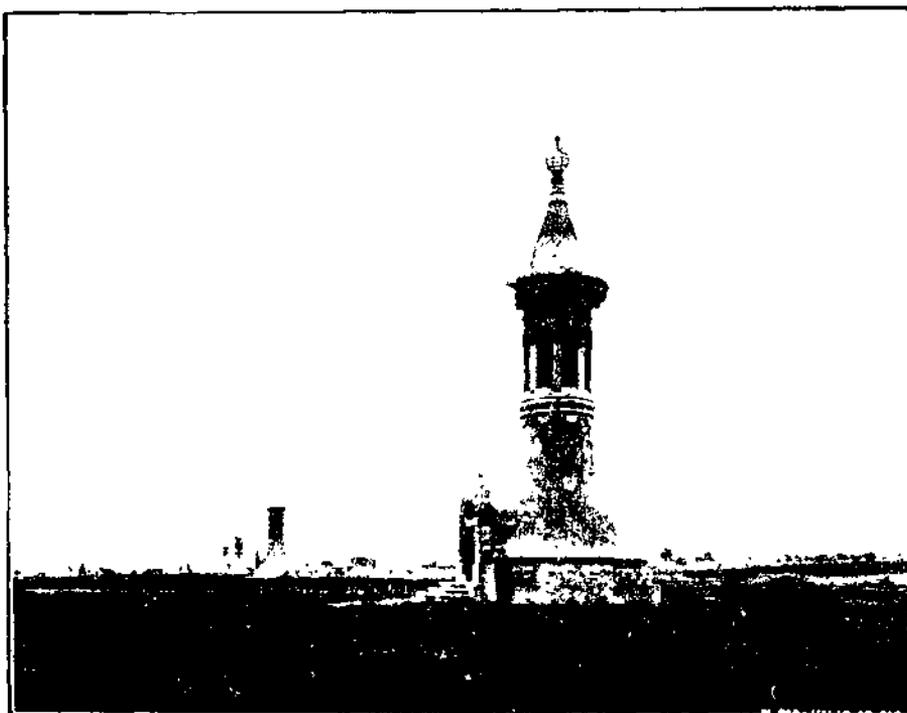


Fig 68. Linternas sobre los cuatro depósitos (Marroquín)

A su vez, dichas linternas servían como chimeneas de ventilación, permitiendo la renovación del aire interior. En la fig 68 se muestra un grabado en el cual se ven las linternas de los cuatro tanques.

Las torres de los depósitos se comunicaban a la cámara de válvulas mediante un tubo de concreto armado de 1.50 m de diámetro, como lo muestra la fig 66.

Cámara de válvulas de control

Para conectar los depósitos con las tuberías de descarga de las bombas instaladas en la Condesa se construyó una cámara de válvulas cerca de los depósitos (fig 66).

La cámara de válvulas consta de una torre cilíndrica, para el agua, que tiene una cámara concéntrica de 17.69 m de diámetro, de tal forma que entre ellas queda una corona de 5 m de ancho, en donde se instalaron las válvulas que permitían cerrar o abrir la comunicación de la torre de agua con los depósitos de Dolores y con la instalación de bombeo.

Si se abrían todas las válvulas quedaban los depósitos en libre comunicación con la instalación de bombas y con la red de cañería de la ciudad; de tal forma que, el agua elevada por la instalación de bombas, pasando por la cámara de válvulas, se distribuía automáticamente entre los depósitos y la red de la ciudad. Durante las horas de mayor consumo, se disminuía la presión manométrica en la cámara y el agua de los depósitos, junto con la bombeada, iba a la red. Cuando el consumo era el mínimo, la presión manométrica en la cámara aumentaba y cuando llegaba a superar el nivel del agua contenida en la torre, el agua bombeada pasaba a llenar los depósitos (66).

Además, estas válvulas resultaban muy útiles para cuando se deseaba interrumpir la comunicación con uno de los cuatro depósitos y cuando se deseaba regularizar la cantidad de agua suministrada por los depósitos a la ciudad. Las válvulas de los tubos de descarga eran dos y eran muy útiles para regular la cantidad de agua que los depósitos entregaban a la red o cuando se requería reparar una tubería (67). La distribución de las válvulas en la cámara se muestra en la fig 69. Las válvulas marcadas con los números 1 y 2, en esta figura, estaban colocadas en el origen de los tubos que iban a los depósitos; las números 3 y 4 correspondía a los tubos de descarga de las bombas; las número 5, 6 y 7 servían para controlar el agua que abastecía la red de distribución; las número 8, 9 y 10 obturaban unos tubos que se establecieron como "by-pass"; las 11 y 12 servían para independizar los servicios de cada uno de los dos tubos de descarga de la planta de bombas (68).

Las obras de captación y las plantas de bombeo

En la Noria y San Luis se hicieron varios pozos que derramaban a la cámara de succión de las bombas; en Nativitas se perforó un solo pozo de diámetro más grande que los anteriores; y en Santa Cruz se hicieron dos pozos de 3 m de diámetro, pero al llegar a 14 m de profundidad y obtener poca cantidad de agua se decidió abandonar la idea y construir, en su lugar, un depósito donde el agua se succionaría con bombas (69).

Obras de Provisión de Aguas Potables

PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

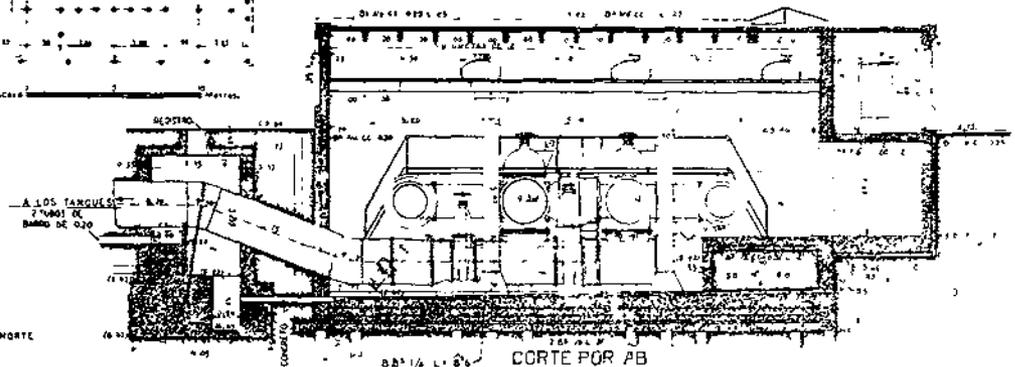
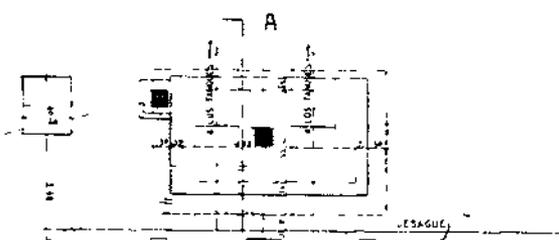
CÁMARA DE VÁLVULAS
DE LA DISTRIBUCIÓN

ESCALA

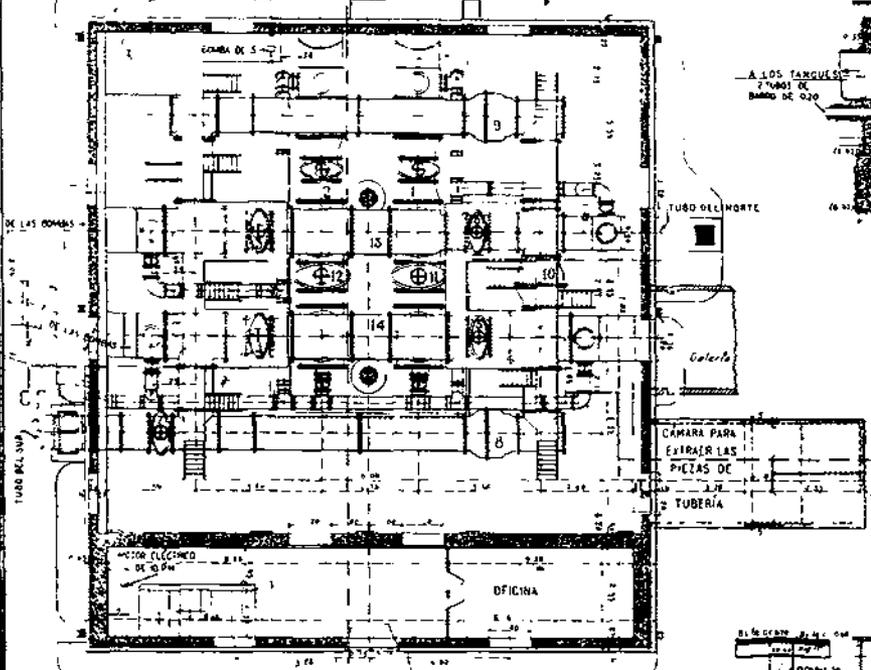
Plano de platos



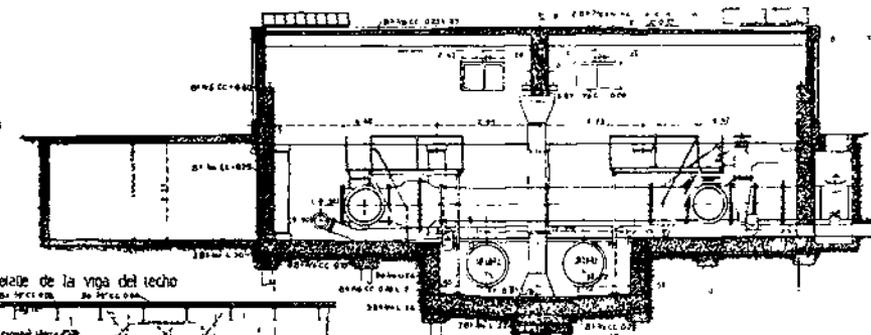
FACHADA PRINCIPAL



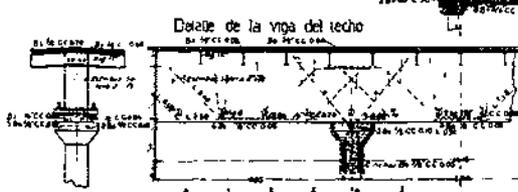
CORTE POR AB



FLANTA



CORTE POR CD



ESCALA

5 6 7 VÁLVULAS MOVIDAS POR E.L.E. P.C. 043
15 14 L GARES DESTINADOS A NUEVAS VÁLVULAS

Fig 69 - Cámara de válvulas (Marromín)

En cada una de las obras de captación se instalaron bombas. Cada planta contaba con dos bombas centrífugas, accionadas directamente por motores eléctricos y colocadas a un nivel suficientemente bajo para no requerir cebarlas antes de su funcionamiento.

En la parte final del acueducto, en la Condesa, se construyó la estación principal de bombeo, que elevaba el agua a los depósitos de Dolores. Aquí también llegaba el agua de Chapultepec por una tubería de 76 cm de diámetro, que transportaba 250 l/s, por lo que la planta debía bombear 2350 l/s a una altura de 52 m, considerando 2 m de pérdidas por fricción en los tubos de descarga que iban a los depósitos.

En la planta de la Condesa se instalaron cuatro bombas centrífugas con capacidad para 850 l/s, en condiciones normales, y susceptibles de aumentarse hasta 1060 l/s cada una. Por lo tanto, bastaba con el funcionamiento de tres bombas, aunque se colocó una de refacción (69).

Sin embargo, en la práctica se encontró que la capacidad de cada bomba era de 1300 l/s y, por ser mayor a la especificada, provocaba serios problemas para el buen servicio de la ciudad, porque trabajando con dos unidades se bombeaban 2600 l/s, más de la capacidad del acueducto, y si únicamente se ponía a funcionar una unidad, los 1300 l/s resultaban insuficientes para el abastecimiento.

Para corregir el aumento de capacidad de las bombas se necesitaba cerrar parcialmente las válvulas de descarga, lo que provocaba consumir un trabajo inútil de elevación, que costaría a la ciudad una suma importante; además, esta maniobra causaba la formación de un vacío en el papelote* de la bomba y como consecuencia, el desarrollo de una gran cantidad de aire que ocasionaría golpes de ariete de gran importancia (70).

Marroquín efectuó un estudio sobre este problema, ensayando proposiciones hechas por la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, por los constructores de las bombas y por él mismo. La conclusión a la que llegó lo llevó a proponer la disminución del diámetro del papelote: que fuera de 0.915 en lugar de 1.14 m; además, a establecer una corona de paletas fijas que sirvieran de guía al agua después de salir del papelote y antes de entrar al caracol.

Su propuesta la argumentaba diciendo que, al disminuir el diámetro del papelote a 0.915 m, la presión máxima desarrollada en la bomba al cerrar completamente la válvula de descarga no llegaría a 66 m columna de agua, mientras que con el diámetro de 1.14 m la presión subiría hasta 103 m. Por otra parte, con la corona de paletas fijas se tendrían ventajas en cuanto a la eficiencia de la bomba, al establecer que la velocidad del agua fuera tangente a las paletas y que la corriente se fuera inflexionando para entrar al

*Impulsor de la bomba.

caracol de la bomba bajo un ángulo muy pequeño, y evitar en lo posible la pérdida ocasionada por el choque (71). Aparentemente, la solución que se dio a este problema fue la de instalar bombas de diferentes papelotes, pues Marroquín se expresó así sobre el resultado práctico de este estudio: "ha sido el de que se puede contar actualmente (1914) con diversos papelotes que se pueden combinar para producir diversas capacidades de bombeo en la instalación número 1 (la de la Condesa)" (72).

Golpe de ariete

Al realizar las primeras experiencias con el sistema de bombeo se encontró que, por falta de pericia de los operadores, al sincronizar las maniobras se producían fuertes oscilaciones, registradas en el manómetro instalado en la tubería de descarga; la presión subía en algunos casos, y por breves instantes, hasta más de 110 lb/plg^2 . Una vez lograda la sincronización del motor, al abrir la válvula de succión para que pasara el agua a la tubería de descarga, se presentaba un golpe de ariete, manifestado por oscilaciones que llegaban a indicar presiones superiores a 100 lb/plg^2 . Cuando el bombeo quedaba establecido desaparecían las irregularidades (73).

Los efectos de estos golpes de ariete no sólo se sentían en la planta de bombeo, sino además en la cámara de válvulas de control y a lo largo de las tuberías que iban a los depósitos de Dolores, en donde llegaron a presentarse oscilaciones hasta de más de 1 m. La tubería del norte de la ciudad también era sensible a estos efectos, sobre todo cerca de la calzada de la Verónica (actual Melchor Ocampo) en donde estaba una tapa con un atraque cuyos movimientos, al producirse los golpes, eran visibles (74).

En el año de 1911 un golpe de ariete provocó la rotura de una "Y" cerca de la instalación de bombas, y en otra ocasión, se tronó un codo que iba de la misma instalación a la cámara de válvulas (74).

En vista de los temores justificados que el golpe de ariete causaba, Marroquín llevó a cabo un estudio. Construyó un pequeño aparato registrador de presiones que funcionaba por medio de un mecanismo accionado con vapor que desplazaba un lápiz que marcaba las variaciones de presión sobre una tira de papel cuadrulado enrollado en un cilindro. A éste se le dió un movimiento de rotación bastante uniforme con un pequeño motor eléctrico y una serie de poleas y bandas que tuvieron por objeto disminuir la velocidad del motor hasta producir una velocidad pequeña en la tira de papel (75). La fig 70 presenta las oscilaciones registradas por este aparato en los años de 1911, 1912 y 1913, en la planta de bombas de la Condesa, y la fig 71 muestra dicho aparato registrador.

Al realizar los experimentos para este estudio se encontró que el golpe de ariete era provocado por una corriente en sentido inverso, es decir, hacia la bomba, que sin duda se debía a algunas torpezas en el funcionamiento de la válvula check que hacía que no cerrara con la oportunidad debida. Para entender mejor el fenómeno

EXPERIENCIA DE GOLPES DE ARIETE EN LA PLANTA DE BOMBAS N°1
 ESCALAS PARA LOS DIAGRAMAS 1 2 3 4 5 7 8 HOR 00076.1° VERT 0025.50°
 PARA EL DIAGRAMA N°6 HOR 00038.1° VERT 0025.50°

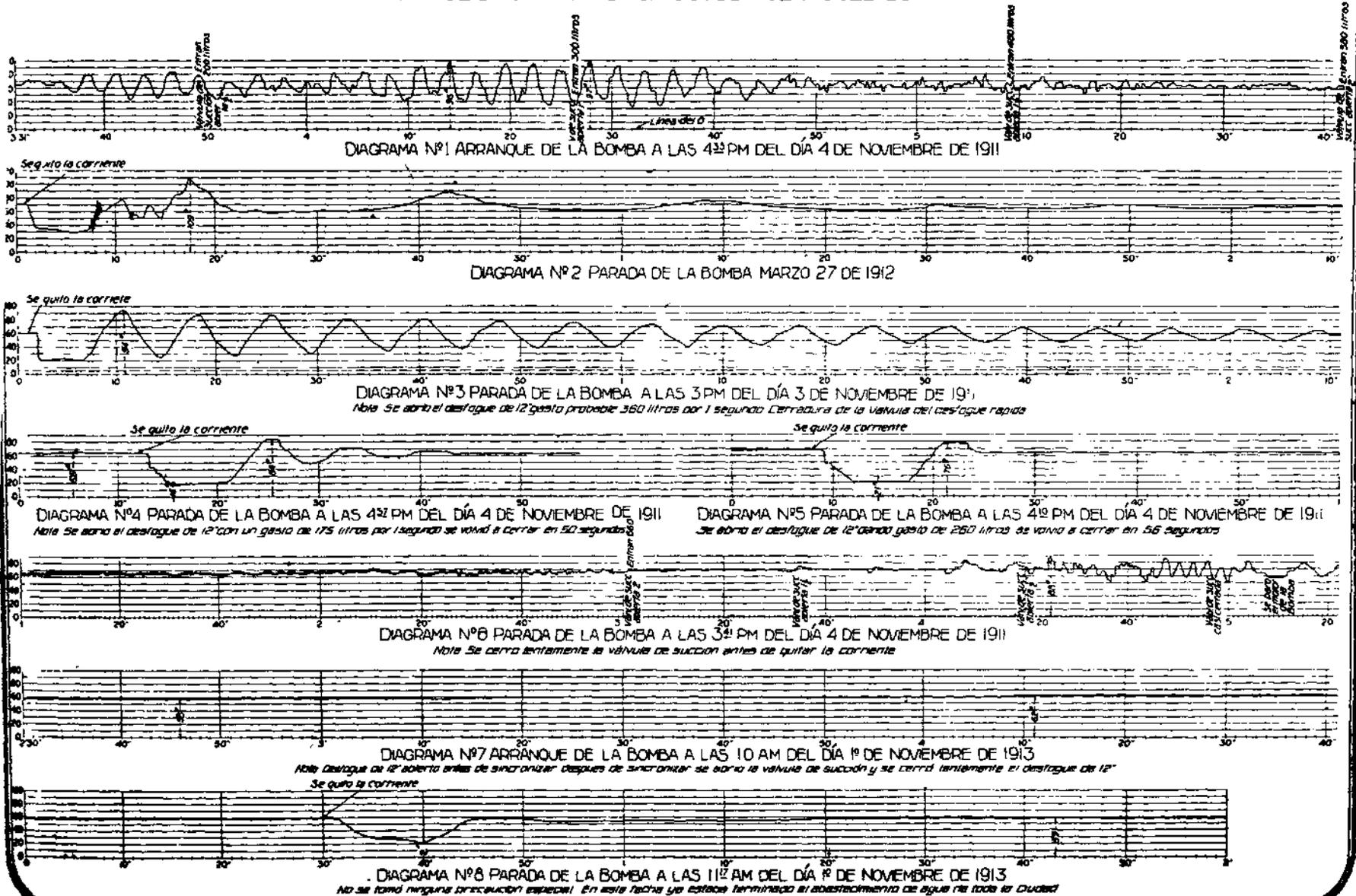


Fig 70. Variaciones de presión registradas por el aparato de la fig 71 (Marroquín)

se hicieron otras experiencias, en la reposadera del Río Hondo, empleando una bomba del tipo Sulzer, y en el lago de Chapultepec, usando la cámara en donde estaban los aparatos de los juegos hidráulicos (76).

La conclusión de este estudio fue la propuesta de establecer un desfogue inmediatamente aguas arriba de la válvula check, con el fin de dejar escapar los pequeños volúmenes de agua tomados por la bomba en los primeros momentos de su funcionamiento y evitar la perturbación originada por una introducción repentina del agua a la tubería de descarga; y para prevenir el golpe de ariete, provocado al suspenderse el bombeo, se propuso facilitar el movimiento de las tapas de las válvulas check. Al llevar a la práctica esto se encontró que los efectos de los golpes de ariete se redujeron considerablemente (77).

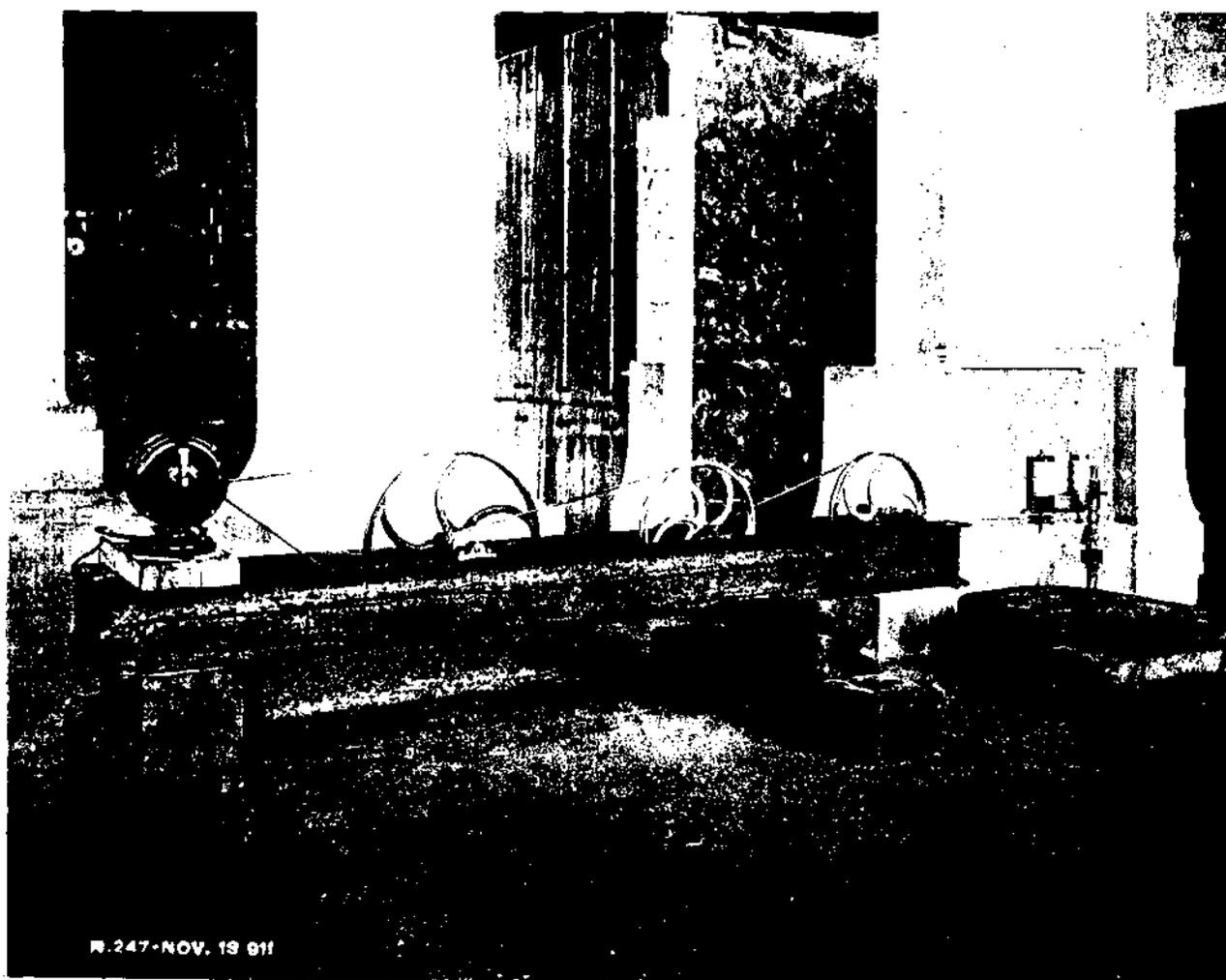


Fig 71. Aparato registrador de las variaciones de presión para estudiar el golpe de ariete (Marroquín)

Cronología de los hechos

En 1901 Marroquín presentó un proyecto para un nuevo sistema de abastecimiento para la ciudad de México.

En 1902 este proyecto fue aprobado.

En 1903 Marroquín fue nombrado director técnico de las obras.

Desde octubre de 1903 hasta junio de 1905 se realizaron obras de instalaciones auxiliares; como la construcción de oficinas, una línea de ferrocarril, edificios para almacenes, un taller de mecánica, otro de carpintería, servicio de hospital; además, se puso una línea telefónica y se adquirieron herramientas, material y terrenos para las obras.

El acueducto principal se inició el 18 de julio de 1905 y se terminó el 30 de julio de 1908.

A principios de 1907 se comenzó la construcción de los depósitos de Dolores, en la loma del Molino del Rey, y se terminó a fines de enero de 1909.

La planta de bombas de la Condesa se empezó en agosto de 1908 y se terminó, en su parte principal, en septiembre de 1910.

Para esta última fecha, estaban concluidas las plantas de captación y bombeo de la Noria, Nativitas y Santa Cruz.

El 2 de junio de 1909, se inició la construcción de la galería subterránea que se hizo en la parte central de la ciudad, que se concluyó en abril de 1910.

En abril de 1911 se empezaron los trabajos de colocación de la nueva red de tuberías, los que se terminaron, en su parte principal, en octubre de 1913.

Desde el 16 de julio de 1908 se empezó a dar a la ciudad el agua proveniente de los manantiales de la Noria, la que se llevó durante algún tiempo a Chapultepec y de ahí se bombeaba y conducía por la antigua cañería. Así, ya no fue necesaria la introducción de las aguas de Río Hondo en los meses de lluvia y la calidad del agua mejoró notablemente.

En abril de 1912 la planta de la Condesa comenzó a bombear las aguas de Nativitas, Santa Cruz y la Noria, introduciéndola a la ciudad por la antigua cañería. Desde ese tiempo se suprimió el bombeo de Chapultepec.

En octubre de 1912 se empezó a entregar el agua con presión a los edificios de la ciudad y para octubre de 1913 se había completado el abastecimiento a casi toda la ciudad.

Para 1913 el número de casas que recibían agua era de más de 11000. Además, había tomas para riego e incendio, y se

suministraba el líquido a fuentes, mercados, jardines y edificios públicos.

Para 1914 se entregaron las obras para dar servicio con regularidad y eficacia, aunque faltaba concluir detalles, como: completar las obras de captación de Santa Cruz y San Luis; instalar una bomba para aprovechar 100 l/s de Chapultepec; instalar más válvulas en la cámara de control, para disminuir el peligro de interrupción; y colocar indicadores en todas las válvulas, para conocer su grado de apertura y evitar maniobras indebidas (78).

Elogios para la obra

Las obras merecieron aprobación y elogios del ingeniero en jefe de las Obras del Canal de Panamá, Coronel G.W. Goethals, del Ingeniero hidráulico J.D. Schuyler, del Dr F.S. Pearson, de los Ings Rudolph Heing y J. Waldo Smith, director, este último, de las Obras de Provisión de Aguas de Nueva York, y de muchos otros ingenieros estadounidenses que las visitaron durante la excursión que hicieron a esta ciudad los miembros de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, en el año de 1907. También fueron elogiadas por ingenieros nacionales y extranjeros que residían en el país (79).

El Ing John R. Freeman, miembro de la junta que dirigió las obras de abastecimiento de agua para el distrito metropolitano de Boston y consultor de las obras de provisión de aguas del municipio de la ciudad de Nueva York, entre otras cosas, envió el 17 de enero de 1912 una carta a Marroquín, en donde hablando de su visita del 21 de octubre de 1911, escribió: "en pocas palabras manifesté mi creencia de que las obras que usted dirige son iguales a las mejores del continente americano, y tal vez del mundo, por la pureza del agua, por su proyecto concienzudo y hábil y por la correcta ejecución de los detalles; también manifesté que las principales arterias de distribución están conformes con los últimos adelantos de la profesión, tanto en sus dimensiones como en su localización, y que las nuevas estaciones de bombas, especialmente la de la Condesa, no tienen superior en belleza arquitectónica entre los edificios de esta clase" (80).

Por su parte, el señor Holman, el 4 de noviembre de 1908, dirigió una carta a la junta directiva de las obras, en donde expresó que después de examinar cuidadosamente el acueducto, los métodos de construcción y las precauciones que se habían hecho necesarias, en virtud de la naturaleza peculiar del terreno y del peligro de movimientos por los temblores, opinaba que el Ing Marroquín había "adoptado el mejor sistema practicable para obtener el agua de los manantiales, para conducirla a la estación de bombeo y para almacenarla" (81).

Las misivas anteriores permiten acentuar la estima en la que deben tenerse las obras dirigidas por el Ing Marroquín, las cuales cambiaron radicalmente las condiciones deplorables en las que se encontraba el abastecimiento de agua en la ciudad.

4.2 Acueducto de Morelia

Aparentemente, los efectos de la guerra de Independencia no provocaron graves contratiempos en el abastecimiento de agua en Valladolid*. No fue sino hasta 1873 que hubo quejas respecto a la calidad del agua, que venía impregnada de materia orgánica, proveniente de las algas que se criaban en la mayor parte del trayecto del acueducto; para evitar esto, se sugirió, entre otras cosas, cubrir el acueducto para que impidiera el crecimiento de las algas que hacían nociva el agua potable. En época de lluvias el agua llegaba sobrecargada con materiales terrosos y arcillosos, pero entonces se filtraba (82). Entre enero de 1882 y abril de 1883 se hicieron las siguientes mejoras al acueducto (82):

-Se construyó una alcantarilla en la plaza de toros donde comenzaba la entubación del acueducto y se reconstruyó completamente un tramo de 50 varas (42 m) de atarjea, que sirvió como banqueta.

-Se aumentó la altura de la atarjea sobre los arcos en una tercia de vara (28 cm) a lo largo de 309 varas (259 m), a partir del inicio del acueducto.

-En todas las tomas que estaban en los arcos se pusieron remates y compuertas nuevas con cadenas y candados.

-Se limpiaron y revocaron 75 varas (63 m) de atarjea y las alcantarillas de la ciudad.

-Se construyeron 3000 varas (2514 m) de atarjea, con capacidad suficiente para que pudiera andar un hombre que hiciera su limpieza sin descubrirla, para lo que además se le pusieron ventanillas.

Durante el gobierno de Pudenciano Dorantes (1881-1885) se pensó en sustituir el acueducto de cantera por uno tubular, inclusive se impuso una contribución especial a los habitantes de la ciudad y se hizo un reconocimiento con ese fin; sin embargo, no se sabe por qué no se realizó este proyecto (83).

El acueducto reconstruido por fray Antonio de San Miguel dejó de funcionar en 1910, cuando quedó terminada la mayor parte de la entubación iniciada en 1909.

Aristeo Mercado solicitó presupuesto al Congreso del Estado para que, entre otras cosas, se entubaran y distribuyeran las aguas en Morelia. En 1910 informó que las obras se encontraban en "un franco periodo de realización", y en diciembre del mismo año se publicó, en el periódico oficial del estado, la lista de las primeras cien comisiones de mercedes de agua, otorgadas por el gobierno (84).

*el 16 de septiembre de 1828, Valladolid cambió su nombre por el de Morelia.

4.3 Acueducto de Zempoala

No se sabe cuando dejó de funcionar el acueducto levantado por el padre Tembleque. Pero, en 1856 el Ayuntamiento y vecinos de Otumba nombraron una comisión para entrevistarse con los de Zempoala a fin de emprender la obra de rehabilitación de éste. El Ayuntamiento de Zempoala manifestó la mejor disposición y propuso que se nombrara una comisión por cada pueblo para celebrar un contrato (85).

La comisión de Zempoala puso a los de Otumba, en agosto de 1857, las siguientes condiciones (86):

1- Que entre tanto no se concluyera la reconstrucción de la cañería por donde había de conducirse el agua a Otumba, los de este pueblo no podían ser dueños ni tomar dominio en ella.

2- Que una vez concluida, el pueblo de Otumba daría al de Zempoala 3 arrobas de cera al año para el culto divino, y que la reparación de la cañería desde el reparto del agua hasta Tulancingo debía correr por cuenta de éste.

3- Que los derrames concedidos por los de Zempoala serían únicamente para los de Otumba y no para particulares.

4- Que el pueblo de Otumba debería concluir su cañería en el plazo fijado y, de no ser así, no tendría derecho a ningún reclamo.

5- Que en virtud de que la cañería tendría que pasar por algunos pueblos de la Municipalidad de Zempoala, que a cada uno de ellos se les permitiese una toma, sin que tuviesen la obligación de hacerlo de su peculio.

En noviembre de 1864 apareció un documento en donde, refiriéndose a las condiciones anteriores, decía que, en ellas, la comisión de Zempoala negaba toda propiedad del agua a los de Otumba, lo cual era falso ya que en un testimonio del 7 de febrero de 1553, hecho en Texcoco, les había sido concedida a cambio de frailes (87).

"Desgraciadamente, los esfuerzos realizados por los de Otumba quedaron sin resultado, quizá por las excesivas exigencias de los de Zempoala" (88).

En el mismo año de 1864, la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística se interesó por el acueducto. El 31 de marzo, su secretario, el general José María García, presentó a la misma un documento en que, después de dar una breve descripción del acueducto, decía que era "verdaderamente una desgracia para la nación mexicana que obras como ésta, se hallen relegadas al olvido y sin hacer uso de su conocida utilidad en beneficio de los pueblos y haciendas por donde pasa", y a continuación presentaba el presupuesto para su reparación y limpieza, que era de 20 000 pesos (89).

El 7 de abril de ese año, la Sociedad aprobó el documento presentado por su secretario y decidió enviarlo al Ministerio de Fomento, para que por su conducto la regencia del Imperio se sirviera dictar las providencias convenientes para una reparación de los arcos que permitiera su conservación, a la vez que el pueblo de Otumba volviera a recibir el beneficio del agua potable, como en otro tiempo (89).

El Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio del Imperio Mexicano contestó el 22 de abril de 1864 diciendo que esa secretaría reconocía la necesidad de reponer esa grandiosa obra y la utilidad pública que resultaría de ello, y se reservaba presentar la mencionada exposición para cuando llegara el emperador Maximiliano (89).

El emperador decretó la reparación del acueducto en el lugar donde se encuentran los arcos, el 26 de agosto de 1865, cuando fue a visitarlos. Sin embargo, los sucesos que llevaron a su muerte hicieron que la obra ya no se realizase (90).

Parece que ese fue el último intento por rehabilitar este acueducto.

4.4 Acueducto de Querétaro

Este seguía abasteciendo la ciudad en el año de 1844, cuando George Wilkins la visitó, pues en la relación de su viaje escribió que "inmediatamente a la salida de Querétaro, siguió nuestro camino debajo del inmenso acueducto que abastece a la ciudad [. . .] En el punto en donde pasamos debajo de los arcos, en el camino directo a la ciudad de México, el agua debe de haber estado corriendo a unos cuarenta o cincuenta pies sobre nuestras cabezas, quizás más" (91). Sin embargo, no se cuenta con la información acerca de cuándo la obra dejó de funcionar; únicamente se sabe que se hicieron las siguientes reformas al sistema hidráulico:

La cañería de barro se sustituyó por una de fierro en el año de 1896. En 1899 se colocó en la alberca una compuerta traída de Estados Unidos, y en 1902 se le instaló una bomba para extraer mayor cantidad de agua.

Lo último que se hizo antes de concluir el porfiriato fue, en 1905, reconstruir la mayor parte del caño general, desde la alberca hasta entroncar con la avenida Hércules (92).

4.5 Acueducto de Guadalajara

En 1898 se inició la construcción de este acueducto, lo cual requirió salvar la Barranca Ancha de los Arroyos, que se

interponía en el trayecto escogido, por lo que el gobernador Luis G Curiel, al inaugurarlo en 1903, lo llamó Puente-Canal Porfirio Díaz, nombrándolo así en honor del entonces presidente de la República (93).

"Este acueducto, informa don Francisco F Alonso, tiene una longitud de doscientos noventa y cuatro metros, con cuarenta y cinco arcos de medio punto, teniendo de luz cinco metros treinta y un centímetros, y dos arcos pequeños, también de medio punto, con diámetro de dos metros dos centímetros, variando su altura, del cimientto al arranque de los arcos, entre un metro veintitrés centímetros, y siete metros sesenta y nueve centímetros" (93). Esta obra fue la que abasteció a la ciudad de Guadalajara hasta terminado el porfiriato.

4.6 Acueducto de Xalpa

La obra quedó inconclusa debido a que los jesuitas, sus constructores, fueron expulsados del país. Pero, cuando la hacienda de Xalpa quedó en manos de Manuel Romero de Terreros, éste con extraordinario tesón y a costa de no escasos sacrificios pecunarios, la continuó en 1852. Construyó una "larguísima atarjea de cal y canto hasta el río de Cuautitlán, el cual atravesó por medio de un caño, paralelo al puente de Guadalupe, de ladrillo sobre vigas, todo sostenido por pilastras de mampostería" (94). Los arcos que los jesuitas dejaron comenzados se terminaron haciendo "grandes gastos [. . .] y vencidos no pequeños inconvenientes" (94).

En la mañana del 24 de noviembre de 1854 empezó a entrar el agua por el caño, recorriendo las 575 varas (482 m) que tenía de largo; sin embargo, aún faltaban algunas obras para llevar el agua a Xalpa.

En 1884 Alberto Romero de Terreros "hizo sustituir la atarjea de ladrillo por una de mampostería, sostenida por cinco grandes y elevados arcos, el del centro, escazano de diez metros de altura y ocho y medio de latitud, y los laterales, de medio punto y casi tres y medio (m) de latitud, sostenidos todos por pilares de uno treinta (m) de frente por uno setenta de espesor" (94). Así quedó la obra a principios del siglo XX.

4.7 El abastecimiento en San Luis Potosí

Hasta 1821 el abastecimiento de la ciudad de San Luis Potosí lo constituían únicamente los pozos existentes casi en cada casa. "Su primer gobernador independiente, el señor Ildefonso Díaz de León, se preocupó de formular un proyecto bastante completo para la obra que inició y continuaron sus sucesores. Las aguas se trajeron de

la sierra de San Luis o de San Miguelito, al sur de la ciudad, construyéndose poco a poco y por distintos gobiernos las cañerías y alcantarillas necesarias para llevar el agua hasta la caja y fuente del agua, situada cerca del jardín Colón, de la que se distribuía por caños menores a diversas fuentes en la ciudad y proporcionaba servicio por tomas a particulares, conventos y edificios públicos" (95). "Para la última década del siglo (XIX) ya el servicio era deficiente, por lo que en 1895 culminó la constitución de la Empresa de Aguas de San Luis Potosí, la que obtuvo la concesión para ejecutar las obras necesarias, efectuando la de la presa de San José y las requeridas para la distribución en toda la ciudad; 10 años duró la ejecución de estas obras que dieron servicio por más de 40 años a San Luis" (96).

4.8 El abastecimiento en Guanajuato

No obstante los proyectos coloniales para dotar a la ciudad del agua del rancho del Tablón o de otros manantiales, ésta sufría de gran escasez de dicho líquido. En el año de 1849 el Ayuntamiento "tomó por fin en consideración la proposición de Manuel Rocha, hecha hacía más de 17 años, para la introducción del agua, proyecto que mereció la aprobación del gobierno del estado. Se hicieron las obras necesarias para llevar las aguas de la presa de la Olla, construida desde 1741, consistentes en la cañería, doce fuentes, nuevas presas en San Renovato y la Escondida, así como el levantamiento de la cortina de la Olla. Las obras quedaron totalmente terminadas el 30 de julio de 1853" (97).

Por su parte, los habitantes de los barrios de San Cristóbal, las Peñitas, el Cantador y Cañada de Marfil se surtían de las aguas de la presa de los Pozuelos, aljibes de uso particular y los ojos de agua de Calderones, Chichíndaro y Santa Rosa, con lo que el servicio era bastante completo (97).

Para 1884 el agua nuevamente escaseó, por lo que se intentó perforar un pozo artesiano, pero se fracasó. El mismo año, ante la presión del pueblo, se decretó el reparto gratis de agua en las fuentes. En 1887 el Ing Ponciano Aguilar inició la presa de la Esperanza con un sistema completo de cañerías, fuentes e hidrantes a cada 100 m. Este sistema fue notable por sus filtros y sedimentadores. Se terminó en 1895 y dio servicio hasta mediados del presente siglo (98).

4.9 El abastecimiento en Puebla

El 12 de septiembre de 1855 la Empresa de Cañerías en la ciudad de Puebla de los Angeles obtuvo la concesión para instalar un sistema de "fuentes económicas" que conducía 119.7 l/s para abastecer a 70 000 habitantes.

Posteriormente, con la intervención francesa se arruinaron calles, tuberías, atarjeas y fuentes, que fueron reparadas entre 1883 y 1896. En 1905 el Ayuntamiento compró el sistema de abastecimiento que estaba casi inutilizado y en 1908 encomendó a la casa Lister y Compañía su reconstrucción y mejoramiento. Se abrió una galería filtrante en Cieneguilla, se hizo un colector para las aguas de nueve pozos artesianos y otro para los manantiales de la Trinidad, se instalaron casas de bombas y se construyeron los depósitos de Loreto y Xonanca y otras obras más, quedando la red dividida en dos partes (99).

Con estas obras, la dotación en la ciudad de Puebla, hasta terminarse la dictadura, fue de poco más de 285 l/hab/día.

4.10 El abastecimiento en Veracruz

"El puerto de Veracruz sufría mucho por la falta de agua. Las obras existentes no alcanzaban para surtir a la creciente población. El servicio se hacía en carretillas con tres pequeños barriles, jaladas por un hombre; poco después se condujeron a lomo de burro. La necesidad era tanta que, en 1849, la Corporación Municipal acordó un novenario a San Antonio de Padua, patrono de las aguas del puerto. Durante el efímero imperio de Maximiliano, el veracruzano Domingo Bureau consiguió que el gobierno entubara las aguas del río Jamapa, en tubería de hierro, y se condujeran a la ciudad. La dictadura de Porfirio Díaz mejoró grandemente el servicio y en esa época fueron construidas obras similares en los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz" (100).

4.11 El abastecimiento en Monterrey

"La ciudad de Monterrey, en general, estuvo bien dotada desde su fundación, pero para fines del pasado siglo se sintió la falta del líquido. En 1904 obtuvo concesión la Compañía de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey y llevó a cabo la construcción de ambos sistemas. Para el agua construyó una galería filtrante en San Jerónimo, en el río de Santa Catarina, llevándola a un tanque regulador en el Cerro del Obispado y además se captaron las del manantial de la Estanzuela, que por un acueducto de gravedad eran llevadas al tanque de Guadalupe. Entre 1907 y 1910 se construyó una eficiente red de distribución, dándose una dotación de 200 l/hab/día" (101).

Por lo visto se puede concluir que, para la construcción de esas obras, no se contaba todavía con un reglamento que pudiera normar, entre otras cosas, la distribución del agua en la ciudad, la presión en las tuberías y, lo que era muy importante, su calidad. No fue sino hasta 1910 que apareció una oficina de Ingeniería Sanitaria, a cargo del entonces Departamento de Salubridad, y empezó a tomar cartas en el asunto (102).

NOTAS

Capítulo 1

1. Tibón, 355
2. Lombardo, 149
3. SRH, Vol I, 124
4. Von Hagen, 24
5. Díaz, 36
6. Bribiesca, Parte 1, 72
7. Castañeda, Imp azt, 38
8. id, 39
9. Lombardo, 193-194
10. SRH, Vol I, 59
11. Cortés, 89
12. Luquín et al, 16
13. Riva, Tomo I, 811
14. Soustelle, 47
15. Riva, Tomo I, 812
16. Alcocer, 99
17. Marroquín, 13
18. Bribiesca, Parte I, 75
19. Clavijero, 134
20. Soustelle, 47-48
21. Bribiesca, Parte I, 80
22. id, 76
23. id, 70
24. Riva, Tomo I, 433
25. Zapata, 18
26. id, 20
27. Luquín et al, 14-15
28. Parsons, 150
29. Luquín et al, 14-15
30. Parsons, 147
31. id, 146
32. SRH, Vol I, 83
33. Martínez, 3
34. id, 4

Capítulo 2

1. Castañeda, (1535-1696), 4
2. Cervantes, 31
3. Romero Flores, 182
4. González Obregón, 23
5. Romero Flores, 183
6. id, 184
7. Llanas, 135
8. id, 136
9. Rubio, Tomo IV, 147
10. Marroquín, Tomo II, 148
11. Rubio, Tomo IV, 148
12. Bribiesca, Parte 2, 53
13. Cervantes, 50
14. Bejarano

15. Llanas, 141
16. Bribiesca, Parte 2, 54
17. Marroquín, Tomo II, 62

Capítulo 3

1. Castañeda, (1535-1696), 4
2. Bribiesca, Parte 2, 56
3. id, 57
4. id, 54
5. Peñafiel, 35
6. Vetancourt, 70
7. Bribiesca, Parte 2, 58
8. Romero de Terreros, 43-44
9. Luquín et al, 76
10. Rubio, Tomo IV, 148
11. Alcocer, 99
12. Sahagún, Tomo III, 291
13. Romero Flores, 185
14. Peñafiel, 17
15. Torquemada, Vol I, 410
16. Fernández, 49
17. Romero de Terreros, 24
18. Bribiesca, Parte 2, 59
19. id, 60
20. Torquemada, Vol II, 524
21. Fernández, 49
22. Romero de Terreros, 24-25
23. id, 25
24. Valle, Por la vieja calzada de Tlacopan, 115
25. Peñafiel, 30
26. Valle, Historia de la Cd de Méx, 516
27. Castañeda, La ciudad, 100
28. Romero de Terreros, 25-26
29. Fernández, 51
30. Garbrecht, xi
31. Fernández, 53
32. Bribiesca, Parte 3, 35
33. Fernández, 55
34. Rivera, 109
35. id, 111
36. Bribiesca, Parte 3, 36
37. Orozco, 176-179
38. Edward et al, 206-207
39. Rubio, Tomo IV, 150
40. Cuevas, 6
41. Bribiesca, Parte 3, 37
42. Rivera, 116
43. Amerlinck, 27
44. Castañeda, (1696-1821), 99-100

45. Valle, Hist de la cd de Méx, 437-438
46. Rivera, 111
47. id, 111-112
48. id, 112
49. id, 113
50. González Polo, 54
51. Castañeda, (1696-1821), 128
52. Romero de Terreros, 26
53. Vetancourt, 70
54. Peñafiel, 11
55. Bribiesca, Parte 3, 34
56. id, 35-36
57. Rubio, Tomo IV, 150-151
58. id, 151
59. Romero de Terreros, 32
60. id, 29
61. id, 30
62. Ruiz, 123
63. Robles, Tomo I, 254
64. Ruiz, 122
65. id, 124
66. Romero de Terreros, 76
67. Ruiz, 125
68. id, 126
69. Romero de Terreros, 137
70. Ruiz, 127-128
71. id, 128
72. id, 132
73. id, 136
74. id, 135
75. id, 137-138
76. Romero de Terreros, 75
77. Ruiz, 132-133
78. Romero de Terreros, 79
79. Peñafiel, 26
80. Ruiz, 138
81. Romero de Terreros, 77
82. Ruiz, 143
83. id, 144
84. Juárez, 23
85. id, 24
86. id, 25
87. id, 25
88. id, 39
89. id, 40-41
90. id, 42-43
91. id, 44-45
92. id, 43
93. Zavala 18
94. Juárez, 56
95. Romero de Terreros, 101-102
96. Zavala, 102
97. Juárez, 58
98. id, 71
99. id, 59
100. id, 60
101. Zavala, 45
102. Juárez, 66
103. Zavala, 45-46
104. Juárez, 62-63
105. id, 64
106. id, 65
107. Aguilar, 79-80
108. Zavala, 87
109. Romero de Terreros, 101
110. Zavala, 88
111. Juárez, 70
112. id, 72
113. id, 74
114. García Gtz, 360
115. Romero de Terreros, 86
116. Prister, 373-374
117. García Gtz, 361-362
118. Romero de Terreros, 85-86
119. García Gtz, 362-363
120. Prister, 375
121. García Gtz, 360-361
122. Romero de Terreros, 85
123. id, 83
124. García Gtz, 163
125. id, 163-164
126. Romero de Terreros, 88
127. García Gtz, 368-369
128. id, 370-371
129. id, 369
130. id, 364-365
131. id, 365
132. Romero de Terreros, 90
133. id, 89
134. Valdés, 53-54
135. Díaz, 55
136. Valdés, 16-17
137. Díaz, 56
138. Valdés, 27
139. id, 31
140. id, 35
141. id, 167
142. id, 38-39
143. Luquin et al 76
144. Valdés, 166
145. id, 165
146. Díaz, 59
147. id, 169
148. Romero de Terreros, 43
149. Valdés, 39-40
150. id, 168

151. id, 143
 152. id, 151-155
 153. id, 89
 154. id, 139
 155. id, 140
 156. id, 141
 157. García José Ma, 105
 158. Ramírez et al, 120-121
 159. id, 122
 160. Romero de Terreros, 59
 161. Ramírez, et al, 122-123
 162. id, 123
 163. Romero de Terreros, 61
 164. Ramírez et al, 124
 165. id, 124-125
 166. id, 125
 167. id, 125
 168. Romero de Terreros, 62
 169. Ramírez et al, 27
 170. id, 128
 171. id, 128-129
 172. id, 129
 173. id, 134
 174. Romero de Terreros, 64-65
 175. Ramírez et al, 130-131
 176. Romero de Terreros, 93-95
 177. id, 57-58
 178. id, 69-71
 179. id, 127-129
 180. id, 120
 181. id, 121
 182. Levi, Vol II, 631-632
 183. Romero de Terreros, 122
 184. id, 124
 185. id, 117
 186. id, 118-119
 187. Alcocer, 99
 188. id, 100
 189. Romero de Terreros, 49-50
 190. Báez, 13-16
 191. Romero de Terreros, 51-53
 192. id, 55-56
 193. id, 105-106
 194. id, 73-74
 195. id, 109
 196. Báez, 214-217
 197. id, 215
 198. id, 228
 199. id, 228

Capítulo 4

1. Bribiesca, Parte 5, 63

2. id, 61
 3. Rivera, 116-120
 4. Rivera, 121
 5. Amerlinck, 44
 6. id, 44-45
 7. id, 46
 8. id, 48
 9. id, 49
 10. Bribiesca, Parte 5, 61-62
 11. Cossío, 36
 12. Peñafiel, 49-50
 13. id, 49
 14. id, 53
 15. id, 53
 16. Bribiesca, Parte 5, 62
 17. Cossío, 37
 18. id, 38
 19. Valle, Por la vieja, 117
 20. Bribiesca, Parte 5, 64
 21. Peñafiel, 54
 22. id, 12
 23. id, 11
 24. id, 16
 25. id, 18-19
 26. id, 32
 27. id, 34
 28. id, 14-15
 29. id, 23
 30. id, 24
 31. id, 17
 32. id, 35-36
 33. id, 35-36
 34. id, 26-27
 35. id, 39
 36. id, 47
 37. id, 55
 38. id, 158
 39. Cossío, 41
 40. id, 41-42
 41. id, 45
 42. id, 46
 43. Marroquín, 3
 44. id, 4
 45. id, 18
 46. id, 19
 47. id, 25-26
 48. id, 155
 49. id, 155-159
 50. id, 159
 51. id, 159-161
 52. id, 464-474
 53. id, 163
 54. id, 163-165

55. id, 169-175
56. id, 229-230
57. id, 215-218
58. id, 220
59. id, 221-223
60. id, 223
61. id, 241
62. id, 247
63. id, 393
64. id, 396
65. id, 400-402
66. id, 444
67. id, 445
68. id, 335-336
69. id, 22-23
70. id, 290
71. id, 377-378
72. id, 343
73. id, 340
74. id, 341
75. id, 357
76. id, 160-361
77. id, 341-342
78. id, 570-572
79. id, 569-570
80. id, 583
81. id, 584
82. Juárez, 75
83. id, 75-76
84. id, 76-77
85. Valdés, 156-157
86. id, 157-158
87. id, 158-161
88. id, 163
89. García J M, 105
90. Valdés, 162-163
91. Romero de Terreros, 66
92. Ramírez et al, 302
93. Romero de Terreros, 128
94. id, 124
95. Bribiesca, Parte 5, 57
96. id, 57-58
97. id, 58
98. id, 58-59
99. id, 59
100. id, 59-60
101. id, 60-61
102. id, 61

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Ferreira, Fr Antonio de San Miguel Anuncia la Construcción del Acueducto de Morelia, Anales del Museo Michoacano, Núm 4, Segunda Época, México, 1946.
2. Alcocer, I, Apuntes sobre la Antigua México-Tenochtitlan, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Publicación 14, México, 1935.
3. Amerlinck, M C, Relación Histórica de Movimientos Sísmicos en la Ciudad de México (1300 - 1900), DDF Socicultur, México, 1986.
4. Báez Macías, E, Obras de Fray Andrés de San Miguel, UNAM, México, 1969.
5. Bejarano, I, Actas de Cabildo de la Ciudad de México, México, 1889.
6. Bribiesca Castrejón, J L, "El Agua Potable en la República Mexicana", Primera Parte, Ingeniería Hidráulica en México, México, abril-mayo-junio, 1958, pp 69-82.
7. Bribiesca Castrejón, J L, "El Agua Potable en la República Mexicana", Segunda Parte, Ingeniería Hidráulica en México, México, octubre-noviembre-diciembre, 1958, pp 51-62.
8. Bribiesca Castrejón, J L, "El Agua Potable en la República Mexicana", Tercera Parte, Ingeniería Hidráulica en México, México, enero-febrero-marzo, 1959, pp 29-30.
9. Bribiesca Castrejón, J L, "El Agua Potable en la República Mexicana", Quinta Parte, Ingeniería Hidráulica en México, México, julio-agosto-septiembre, 1959, pp 56-76.
10. Castañeda Iturbide, J, Gobernantes de la Nueva España (1535-1696), Colección Distrito Federal, México, 1985.
11. Castañeda Iturbide, J, Gobernantes de la Nueva España (1696-1821), Colección Distrito Federal, México, 1986.
12. Castañeda Iturbide, J, Gobernantes del Imperio Azteca, Colección Distrito Federal, México, 1984.
13. Castañeda Iturbide, J, La Ciudad de México antes y después de la Conquista, Colección Distrito Federal, México, 1983.
14. Cervantes de Salazar, F, México en 1554 y Tímulo Imperial, Porrúa, México, 1963.
15. Clavijero, F J, Historia Antigua de México, Editorial del Valle de México, México, 1978.

16. Cortés, H, Cartas de Relación, Editores Mexicanos Unidos, México, 1984.
17. Cossío, J L, "Las Aguas de la Ciudad", Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, Tomo 45, Núms 1 y 2, julio-agosto, 1935, pp 33-52.
18. Cuevas Aguirre y Espinosa de, J F, México y su Valle en 1748, Editorial Innovación, México, 1981.
19. Díaz Ruanova, O, Bajo el Signo de Tláloc, Porrúa y Obregón, México, 1953.
20. Edward Mckee, J y Wolf, H W, Water Quality Criteria, The Resources Agency of California State Water Resources Control Board, Estados Unidos de Norteamérica, Publicación 3-A, 1963.
21. Fernández, M, Cristobal de Medina Vargas y el Acueducto de Santa Fe, Estudios acerca del Arte Novohispano, Homenaje a Elisa Vargas Lugo, UNAM, México, 1983, pp 43-59.
22. Garbrecht, G, Pipes in Ancient Water Supply Systems, 5th International Conference on Pressure Surges, Hannover, Alemania, 1986, pp ix-xx.
23. García Gutiérrez, J, "Apuntamientos para la Historia de la Introducción del Agua Potable en el Pueblo y Santuario de Nuestra Señora de los Remedios," Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, Tomo 41, Núm 7, enero 1930, pp 359 - 372.
24. García, J M, "Acueducto de Zempoala," Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, Tomo 10, Primera Epoca, 1863, pp 105-106.
25. González Obregón, L, México Viejo, Tomo I, Patria, México 1980.
26. Juárez N, C, Morelia y su Acueducto, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, México, 1982
27. González Polo, L, "Compendio de Providencias de Policía de México del Segundo Conde de Revilla Gigedo," Suplemento al Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas 14-15, UNAM, México, 1983.
28. Levi, E, El Agua según la Ciencia, Vol II, Serie del Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1985
29. Lombardo de Ruiz, S, Desarrollo Urbano de México-Tenochtitlan según las Fuentes Históricas, INAH, Departamento de Investigaciones Históricas, México, 1973.
30. Luquin, C, Rojas Garcidueñas, J y de la Maza, F, Apuntes para la Historia de los Aprovechamientos Hidráulicos en México, Comisión Nacional de Irrigación, México. 1941.

31. Llanas F, R, "Las Redes Subterráneas de Agua y Drenaje de la Cd de México en el Siglo XVI", Revista de Ingeniería, UNAM, México, Núm 4, 1982, pp 134-152.
32. Marroquí, J M, La Ciudad de México, Tomo II, Jesús Medina Edit, México, 1969.
33. Marroquín y Rivera, M, Memoria Descriptiva de las Obras de Provisión de Aguas Potables para la Ciudad de México, Imprenta y Litografía Muller Hnos, México, 1914.
34. Martínez Donjuan, G, El sitio Olmeca de Teopantecuantitlán, Anales de Antropología 1985, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, en prensa.
35. Orozco y Berra, M, Memoria para la Carta Hidrográfica del Valle de México, México, 1964.
36. Parsons, J, 'Prehistoric Settlement Patterns in the Texcoco Region Mexico', Memoirs of the Museum of Anthropology University of Michigan, Ann Arbor, Núm 3, Estados Unidos de Norteamérica, 1971.
37. Peñafiel, A, Memoria sobre las Aguas Potables de la Ciudad de México, Secretaría de Fomento, México, 1884.
38. Prister, A, "Algunas Observaciones Relativas a las Torres del Acueducto de los Remedios", Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, Tomo 41, Núm 7, enero 1930, pp 373-375.
39. Ramírez Montes, G y Iturrate, J, Un Ilustre Ayalés en México, Juan Antonio de Urrutia y Arana (1670-1743), Biblioteca Alavesa Luis de Ajuria, Vitoria, España, 1978.
40. Riva Palacio, V, México a través de los Siglos, Tomo I, Editorial Cumbre, México, 1953.
41. Rivera, M, Memoria Económica de la Municipalidad, Comisión del Exmo Ayuntamiento, México, 1830.
42. Robles de, A, Diario de Sucesos Notables (1665-1703), Porrúa, México, 1972.
43. Romero Flores, J, México, Historia de una Gran Ciudad, Morelos, México, 1953.
44. Romero de Terreros, M, Los Acueductos de México en la Historia y en el Arte, Editorial Jus, México, 1949.
45. Rubio Mañé, J I, El Virreinato IV, Tomo IV, Instituto de Investigaciones Históricas UNAM-FCE, México, 1983.

46. Ruiz de Gomar, J R, El Acueducto de Guadalupe. Estudios acerca del Arte Novohispano, Homenaje a Elisa Vargas Lugo, UNAM, México 1983
47. Sahagún de, fray Bernardino, Historia General de las Cosas de Nueva España, Editorial Pedro Robredo, México, 1983
48. Soustelle, J, La Vida Cotidiana de los Aztecas en Vísperas de la Conquista, FCE, México, 1983
49. SRH, El Agua y su Aprovechamiento a través de la Historia de México, Vol I, México, 1976
50. Tibón, G, Historia del Nombre y de la Fundación de México, FCE, México, 1980
51. Torquemada de, fray Juan, Monarquía Indiana, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, 1975
52. Valdés, O, El Padre Tembleque, Litográfica México, México, 1986
53. Valle Arizpe de, A, Historia de la Ciudad de México, Editorial Pedro Robredo, México, 1946
54. Valle Arizpe de, A, Por la Vieja Calzada de Tlacopan, Cultura, México, 1937
55. Vetancourt de, fray Agustín, Treatro Mexicano, Autores Clásicos Mexicanos, México, 1871
56. Von Hagen, V, Los Aztecas, Joaquín Mortiz, México, 1987
57. Zapata Peraza, R L, Los Chultunes de la Región Serrana de Yucatán, Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, Núm 5, septiembre 1985, pp 17-24
58. Zavala Paz, J, El Acueducto, Federico Cornejo, Michoacán, México, 1985

Publicaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

SERIE DIVULGACION

1986-1987

Presentación del IMTA (memoria)

Don Aurelio Benassini V. (1907-1986) (homenaje)

Legislación Federal en Materia de Aguas **

Atlas físico de las cuencas de los ríos internacionales entre México y Guatemala

Memoria del taller internacional sobre producción de arroz en el trópico húmedo **

1988

Agua y Sociedad, una historia de las obras hidráulicas en México

1. *Las comunidades mayas* **

2. *Estudio de los impactos productivos y sociales de la primera etapa del Proderith* **

3. *Levantamiento detallado de suelos de una microcuenca* **

4. *Memoria del segundo taller internacional sobre producción de arroz* **

5. *Introducción a los métodos numéricos aplicados a la hidráulica* **

6. *Teoría de la catástrofe en hidráulica* **

7. *Diagnóstico de la ganadería bovina en la región Veracruz Centro*

8. *Alternativas para el desarrollo ganadero regional en Veracruz Centro*

9. *Diagnóstico de la ganadería bovina en la región Península de Yucatán* **

10. *Alternativas para el desarrollo ganadero regional en la Península de Yucatán*

11. *Diagnóstico de la ganadería bovina en la región Costa de Chiapas*

12. *Alternativas para el desarrollo ganadero regional en la Costa de Chiapas*

1989

13. *Directrices generales para la formulación del Pronefa en los Organismos Operadores*

14. *Programa Nacional de Control de Pérdidas y Uso Eficiente del Agua*

15. *La casa maya y su solar, oriente de Yucatán* **

16. *La flora más representativa del oriente de Yucatán; sus usos e importancia*

17. *Control del lirio acuático*

18. *Tratado elemental de hidráulica* *

19. *Diagnóstico de la ganadería bovina en la región Tabasco*

20. *Alternativas para el desarrollo ganadero regional en Tabasco*

21. *Diagnóstico de la ganadería bovina en la región Papaloapan*

22. *Alternativas para el desarrollo ganadero regional en Papaloapan*

23. *Diagnóstico de la ganadería bovina en la región Huasteca* *

24. *Alternativas para el desarrollo ganadero regional en la Huasteca* *

25. *Historia de la hidráulica en México. Abastecimiento de agua desde la época prehispánica*

SERIE DIDACTICA

1986-1987

Manual de técnicas y análisis fisicoquímicos para agua

Técnicas de muestreo y determinación en el campo **

Manual de drenaje **

Manual de usuarios IMTA-LOG **

Microcomputador, operación y apoyos **

Las abejas africanizadas en México

1988

1. *Guía Técnica para la formulación de planes parcelarios de producción y conservación de áreas tropicales* **
2. *Manual de estructuras de aforo de agua de riego*
3. *Metodología de actualización para el diagnóstico de los organismos operadores de agua potable y alcantarillado*

1989

4. *Manual de clasificación, cartografía e interpretación de suelos con base en el sistema de Taxonomía de Suelos* *
5. *Guía de análisis de finca para sistemas de producción de cártamo, variedad tantoón*
6. *Guía de análisis de finca para sistemas de producción de semilla de soya*

SERIE CATALOGOS

IMTA-TC 1 al 14 (catálogo de las tablas de contenido de las publicaciones que recibe la biblioteca del Centro de Consulta del Agua)

IMTA-BIB, Represas (bibliografía temática)

IMTA-BIB, Riego y drenaje (bibliografía temática)

IMTA-ADQ (catálogo de las adquisiciones que en materia de publicaciones recibe el Centro de Consulta del Agua, agosto 1987-julio 1988)

Repindex. Índice computarizado de la Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Repidisca)

* De próxima aparición

** Agotado

Estos textos pueden consultarse en el Centro de Consulta del Agua del IMTA o bien adquirirse en la Subcoordinación de Información Tecnológica del mismo Instituto. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos; Tel. 19 43-61 / 19-40-00 ext. 122.

Historia de la hidráulica en México. Abastecimiento de agua desde la época prehispánica hasta el porfiriato se terminó de imprimir en el mes de septiembre de 1989, en los talleres de Impresores de Morelos, S.A., Calle Ronda 16, Col. Acapantzingo, Cuernavaca, Morelos. La edición consta de 300 ejemplares.