

Excluyendo el crecimiento excepcional de 1865, que era de 1^m782, por consideraciones que antes expuse á este respecto, y los de 1860 y 1877, que por su pequeñez eran también excepcionales, quedaría entonces comprendido el crecimiento normal medio entre 0^m244 y 0^m735. Este no representa el total de agua introducida, sino una resultante entre ese total y la evaporación. Como el lago persistirá, aunque reducido, siempre habrá evaporación, siendo en menor cantidad que hoy, y entonces hay que elegir prudencialmente una cifra que representar pueda la resultante que compense, en el nuevo estado del lago, la merma en la evaporación.

El promedio de las resultantes ó crecimientos registrados fuera de las excepciones hechas, es 0^m44, y éste aumentará á 0^m66 si suponemos que la extensión del lago se reduce de 272 á 180 kilómetros cuadrados, siendo la última cantidad un límite de donde no podría bajar. En consecuencia, si tomamos 0^m66, ó más bien 0^m70, tendremos la cifra que puede servir á nuestro objeto, es decir, la que multiplicada por la superficie del lago, nos dé el volumen que se tendría que extraer por el túnel, llevando en cuenta el agua que se sustrae de la evaporación.

Hecha la multiplicación indicada, se tiene un total de 190.519,562 metros cúbicos á extraer. Si esto debe hacerse con un gasto de 15 metros cúbicos, se necesitarían 147 días, ó cinco meses, que es la duración ordinaria de las lluvias.

El gasto de 15 metros permitía entonces disponer de siete meses en el año, como reserva para cualquier emergencia, y de ordinario vaciar los lagos de Xaltocan, San Cristóbal y la parte que se juzgase excedente de Xochimilco y Chalco. Pero se aumentaba, sin embargo, á 17½ metros cúbicos, para dar salida á las filtraciones que podían producirse en el interior del canal y túnel que constituían el total del acueducto.

Fué motivo del estudio que sometí á la aprobación del Ministerio de Fomento, no sólo el gasto, sino el proyecto de condiciones hidráulicas del acueducto en general. Paso á ocuparme de estas últimas.

Disponiéndose de una caída absoluta de 22^m53, la distribución que hice de ella fué destinar 9^m25 para el canal abierto que estaba

antes del túnel; 0^m43 para su conexión entre el canal y el túnel, y 12^m85 para el último.

El canal abierto quedó con una pendiente de 0.000185 en 50,000 metros.

El túnel, teniendo 9^m520, resultaba con una pendiente fuerte, y fué mi idea aprovechar esta circunstancia para disminuir las dimensiones transversales, y consiguientemente el volumen de mampostería.

Pero tal disminución importaba una economía atendible. En el caso de que me ocupó, resultaba economizado el cubo de mampostería que correspondería á un kilómetro de túnel, sólo por el hecho de emplear la pendiente de 0.000185 en lugar de otra de 0.001.

Fijada la pendiente, venía la forma que debería tener la sección. En todos los proyectos anteriores se había hecho uso de un trapecio, con un fondo ligeramente cilíndrico y una tapa constituida por una bóveda en medio punto. En general se adoptó un ancho de sección, y se dedujo la altura que le correspondía para el gasto, ó recíprocamente.

Pero era de abandonarse este procedimiento discrecional y seguir otro que tuviera mejores bases.

La sección de menor resistencia era la que se presentaba en el caso que me proponía: el de reducir al mínimo la sección que se adoptase; satisfacer el gasto de 17½ cúbicos, y disminuir en todo lo posible el cubo de mampostería.

Quedaba aún por discutir la forma que había de dársele.

La corriente en el túnel no sería constante, sino por el contrario, muy variable, pues las aguas que tienen que pasar por él serían las permanentes del Valle y las de las lluvias. Las primeras afluirían de una manera constante, las segundas solamente en algunos de los meses del año. Había variaciones en el gasto, el cual oscilaría entre un gasto de 17½ metros cúbicos y un mínimo que podría ser de 3 ó 5 metros cúbicos.

Tales circunstancias me hicieron optar por una forma oviforme, más bien que circular.

Entre las secciones de menos resistencia, la de un semicírculo es una de las más perfectas. Pero si el gasto varía; si disminuye, y

tanto como dejo indicado, en mayor proporción disminuye el radio medio, y de un modo correspondiente la velocidad.

Por tal razón, el semicírculo en las circunstancias de la variabilidad del gasto no me pareció que era la forma que debía elegirse, sino la oviforme.

Sin pretender otra cosa más que aprovechar en parte las propiedades de la última de dichas formas, para hacer menos rápido de lo que sería en un semicírculo el decrecimiento del radio medio, adopté una forma diferente de la sección ovoide usual, y fué circunscribirla á un trapecio de base y altura calculadas con la condición de menor resistencia, y de este modo realizar una descarga considerable de agua y atenuar la extrema variabilidad de la corriente cuando el gasto disminuye.

Verificado el cálculo por medio de las fórmulas respectivas, introduciendo la condición expresada, resultó la sección que representa la figura de la hoja número 13 que se acompaña.

Después de las aclaraciones expuestas, paso á explicar el proyecto que presenté en 1879.

Constaba de un canal abierto de 50 kilómetros, y á continuación un túnel de 9 kilómetros y 520 metros. El origen del canal estaba en la ciudad de México, pasaba por los lagos de Tetzoco, San Cristóbal y Zumpango, é inmediatamente después de éste se encontraba la conexión con el túnel.

El canal tenía una caída de 9^m25, y siendo su desarrollo de 50 kilómetros, la pendiente era de 0^m185 por kilómetro.

La profundidad en el origen era 3^m00, y al fin 22^m. La sección transversal limitada por el fondo del tajo, de 8^m60 de ancho, y sus taludes con inclinación de 1X1. Las circunstancias relativas al movimiento del agua, deducidas y ratificadas sucesivamente por la fórmula de Bazin para el caso de los canales de tierra, y la de Rutter para un cauce sin yerbas y con paredes en mediano estado de conservación y régimen, son las siguientes:

Gasto	Q	17,482 metros cúbicos.
Pendiente	P	0,000185.
Altura del agua	H	2,144 metros.
Ancho del fondo	L	8,576 „

Sección	W	23,000 metros cúbicos.
Perímetro mojado	X	14,646 metros.
Radio medio	R	1,565 „
Velocidad media	V	0.76 „

A su paso, en el trayecto de 50 kilómetros, el trazo del canal interceptaba de cuatro á cinco ríos que bajan de Poniente á Oriente dirigiéndose al lago de Tetzoco. Para impedir que éstos vertiesen sus aguas directamente en el canal, se establecerían en cada una de esas cinco intersecciones, puentes-acueductos que permitirían pasar por encima del canal el agua de los ríos.

El plano de comparación al cual están referidas las nivelaciones, es, como se ha dicho en otra parte, el que eligió para sus trabajos de la Carta Hidrográfica del Valle de México la Comisión que se nombró con tal objeto: un plano imaginario que pasa 10 metros abajo de la tangente inferior del Calendario Azteca que estuvo fijado al pie de la torre occidental de la Catedral de México, y que, removido de allí después, se marcó el lugar colocando una lápida.

Referidas á ese plano fueron las siguientes alturas, las que indicaban la posición del canal y demás que adelante se menciona.

Piso de la Plaza de México.	+	8 ^m 40
„ del terreno natural en el origen del canal (Garita de San Lázaro).	+	8 ^m 00
Fondo del canal en su origen.	+	5 ^m 00
Idem ídem al fin	-	4 ^m 25

El túnel que seguía inmediatamente del canal, quedó situado por las siguientes acotaciones de su fondo:

En el origen	-	4 ^m 68
En el extremo final	-	17 ^m 53

Entre el canal y el túnel, en el lugar de su conexión, debía haber una diferencia de nivel de 0.43 que sirviera precisamente para hacer esa conexión, pues tal diferencia era la que existía también entre las alturas que alcanzaría el agua en el túnel y en el canal.

La sección del túnel se compondría de un trapecio y cuatro segmentos, teniendo respectivamente por cuerdas las bases y lados de los trapecios con las dimensiones siguientes:

Un segmento superior con radio de 2^m045 y cuerda de 3^m925, igual á la base menor del trapecio.

Un segmento inferior con radio de 1^m573 y cuerda de 2^m279, igual á la base nueva del trapecio.

Dos segmentos laterales con radio de 2^m985 y cuerda de 2^m216, igual á uno de los lados del trapecio.

La sección así compuesta comprendería una parte superior libre para el paso de los cuerpos flotantes, formada por el segmento superior, cuya área de 4,255 metros cuadrados, tendría revestimiento de bóveda de ladrillo. Otra parte inferior constituyendo la cubeta, formada por el trapecio y los otros tres segmentos, cuya área, de 7,789 metros cuadrados, tendría revestimiento de mampostería común.

El espesor de la bóveda de ladrillo sería 0^m50 y su volumen 2.96 metros cúbicos. La cubeta de mampostería, con 0^m50 de espesor lateralmente y 0^m30 en el fondo, tendría á su vez un volumen de 3.37 metros cúbicos.

Los elementos hidráulicos eran:

Gasto	17.462 metros cúbicos.
Pendiente	0,00135 metros.
Altura del agua.	2,547 „
Sección	7,788 metros cuadrados.
Perímetro mojado	7,091 metros.
Radio medio	1,098 „
Velocidad media	2,242 „

El Ministerio de Fomento, como he indicado antes, aprobó este proyecto, derogando así de hecho la sección de túnel que había autorizado en 14 de Agosto de 1877. El acuerdo respectivo decía así:

«Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio. — Sección 3^a — Septiembre 30 de 1879. — Encontrando esta Secretaría bastante bien fundadas las modificaciones que propone Ud. para la sección y pendiente del túnel y del canal proyectados para el desagüe del Valle de México, el Presidente de la República ha tenido á bien aprobar en lo general dichas modificaciones, esperando que en el estudio de los detalles se perfeccionará el proyecto; y en el concepto de que se formará el perfil correspondiente, así

como los dibujos de la sección y demás detalles que haya que considerar, remitiéndolos Ud. oportunamente á esta Secretaría.—Lo que digo á Ud. en contestación á su oficio fecha 18 del actual.—Libertad en la Constitución: México, Septiembre 30 de 1879.—*M. Fernández*, Oficial Mayor.—Al Director interino del Desagüe del Valle de México.—Presente.»

Creo muy á propósito consignar aquí que el Sr. D. Manuel Fernández Leal, entonces Oficial Mayor de la Secretaría de Fomento, dedicó á este asunto una atención especial, persuadido de la necesidad que había de hacer esta reforma. Hizo estudiar los fundamentos de ella contenidos en mi proyecto, y en el curso de la gestión le prestó todo el apoyo que procedía de sus convicciones.

El Sr. ingeniero D. Leandro Fernández fué una de las personas consultadas para estudiar la sección del túnel que propuse, y habiendo adoptado un método de cálculo enteramente suyo, obtuvo el mismo resultado.

El proyecto que acababa de aprobarse podía ya servir, cuando menos por el momento, para subordinar á él las obras de conservación que se necesitaba ejecutar en la galería abierta desde 1870.

Había ya, efectivamente, necesidad de reemplazar el ademe en algunos lugares de esa galería, en los que no se habían podido evitar algunos derrumbes; el ensanchamiento que éstos habían causado en la galería, asumían ya proporciones de consideración, y no bastaba el ademe para mantenerlos en seguridad. Urgía hacer mamposterías, y éstas podían acometerse, aunque en tramos aislados, con la seguridad de que se aprovecharían definitivamente si se construían obedeciendo ya á un proyecto.

Nuestro Gobierno, deseando substraerse de administrar por sí trabajos que requerían una especial atención, celebró, con fecha 3 de Octubre de 1881, un contrato con el Sr. D. Antonio Mier y Celis, «para llevar á cabo la canalización y desagüe de la ciudad y Valle de México.» Se autorizaba al Sr. Mier y Celis para que, por medio de la Sociedad anónima que organizara con responsabilidad limitada, llevara á cabo, conforme á las estipulaciones del contrato, la canalización de los ríos navegables, además del desagüe y saneamiento del Valle y de la capital de México.