

## Tranque de Ashokan y Acueducto de Catskill

PARA EL ENSANCHAMIENTO DE LA ALIMENTACION DE AGUA POTABLE DE NUEVA YORK

(Resumido del *GÉNIE CIVIL* de 5 de Septiembre de 1914, pág. 353 y 12 de Septiembre de 1914, pág. 369).

POR

ELEAZAR LEZAETA A.

El Ingeniero de Artes y Manufacturas, señor Fleury, que acaba de visitar estos importantes trabajos, hace una relación muy completa de ellos en los números antes citados del *Génie Civil*.

Nueva York, que en 1810 no tenía sino 100,000 habitantes, cuenta hoy con 5,000,000. A consecuencia de este aumento tan considerable en la población ha sido necesario ir ensanchando continuamente la provisión de agua potable. Desde 1834 se empezaron á ejecutar trabajos en el valle del Croton, afluente del Hudson para formar embalses artificiales, los que fueron mejorados sucesivamente en 1850, 1885, 1890 y hasta 1906, fecha en que se terminó el nuevo gran tranque de Croton.

Pero antes que este tranque estuviera terminado, la Municipalidad de Nueva York se preocupó del porvenir; en efecto, desde 1903 nombró una comisión encargada, entre otras cosas, de *buscar las cuencas capaces de satisfacer a las necesidades futuras de la ciudad*.

De aquí resultó el proyecto «Catskill», que consistía en embalsar las aguas del río Esopus formando los tranques de Ashokan, 132 kms. al norte de Nueva York. El lago lleno tendría una superficie de 33 km.<sup>2</sup> y la hoya hidrográfica que lo surte, 650 km.<sup>2</sup>.

Para formar el embalse se han construido una serie de tranques, de los cuales el principal es el de Olive Bridge Dam, cuya parte central únicamente es de albañilería de concreto.

*Diques mixtos.*—Estos tranques han sido hechos con tierra pisoneada con cilindros y vapor, por capas horizontales a ambos lados del muro central de concreto (fig. 1). La fundación de este muro bajó hasta el suelo firme y su cresta sobrepasa el nivel de aguas altas.

En la construcción se comenzó por retirar en toda la superficie de la base

del dique todo el suelo vegetal. Después, según el eje, se hizo una excavación vertical hasta la roca, en la que se fundó el muro central.

Este muro tiene 3 m. de espesor en la base y 1.20 m. en su coronamiento;

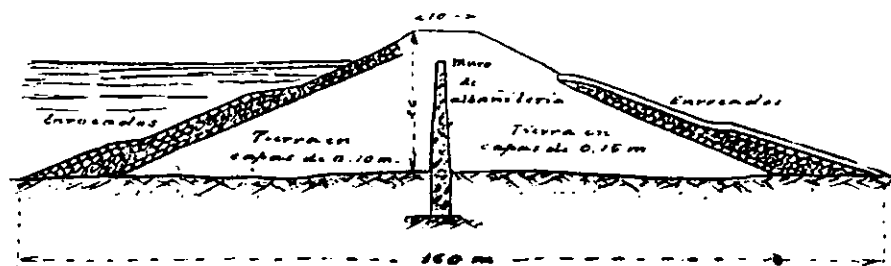


FIG. 1.—Sección tipo de los diques mixtos.

se elevaba por trozos de 1.80 m. de altura y 45 m. de largo en un periodo de 8 horas de trabajo. El espacio vacío que quedaba entre el muro terminado y las paredes de la excavación, era rellenado con arcilla, pisoneada hasta la superficie primitiva del terreno. En seguida, a un lado y otro del muro, se extendía la tierra por capas de 18 c/m por el lado del embalse y de 25 c/m por el otro lado. Las capas eran después pisoneadas con cilindro a vapor, reduciendo su espesor respectivamente a 10 y 15 c/m.

La pendiente dada a los taludes ha sido de 1 por 2 a 1 por 2.5; bajo la superficie del agua, el talud va protegido por un empedrado grosero y hacia arriba con plantaciones.

Para el transporte de los desmontes, hechos con excavadoras, se servían de un cable aéreo que iba según el eje de las excavaciones. Este mismo cable aéreo servía después para llevar el concreto. La tierra para el tranque era proporcionada por una pala a vapor que cargaba wagoes de 4 m<sup>3</sup>. Con un tren de 10 carros arrastrados por una locomotora de 15 a 20 toneladas y unos 40 hombres, se podía contar con un avance medio de 1,000 m<sup>3</sup> de terraplén por día.

*Tranque de Olive Bridge.*—Su largo total es de 1,600 m., de los cuales sólo la parte central de 300 m. es de albañilería macisa. Las partes laterales son análogas a la de los diques mixtos y tienen un cubo de 2,000,000 de m<sup>3</sup> de tierra.

La parte central (fig. 2) tiene una altura máxima de 76.65 m.; el espesor en la base es de 58 m. y en el coronamiento de 8 m.

Cuando se ejecutan rápidamente grandes masas de albañilería de concreto, se producen en la masa variaciones considerables de temperatura. Las dilataciones y contracciones que de ahí resultan acarrear rasgaduras. Es para evitar este inconveniente que se tuvo cuidado de reservar en el tranque de Olive Bridge, a una distancia de 27 m. unas de otras, juntas de dilatación. Estas juntas, cuyas faces son en escalones y establecidas de bloques artificiales, dividen la albañilería en secciones.

Esta división en secciones permite levantar una porción de albañilerías más que las vecinas.

Los paramentos en escalones ejecutados con bloques artificiales van cubiertos de una capa de alquitrán de hulla, destinada a impedir la adherencia con la albañilería de concreto de la sección vecina. Cada junta va provista de un pozo de inspección colocado cerca del paramento de aguas arriba de la junta.

Cuando las variaciones de temperatura se han vuelto normales en la masa, se impide el paso del agua por dispositivos que se maniobran desde los pozos de inspección.

Los diversos pozos de inspección van reunidos por dos galerías en todo el largo del tranque.

Entre los pozos de inspección e igualmente a 4.50 m. del paramento de aguas

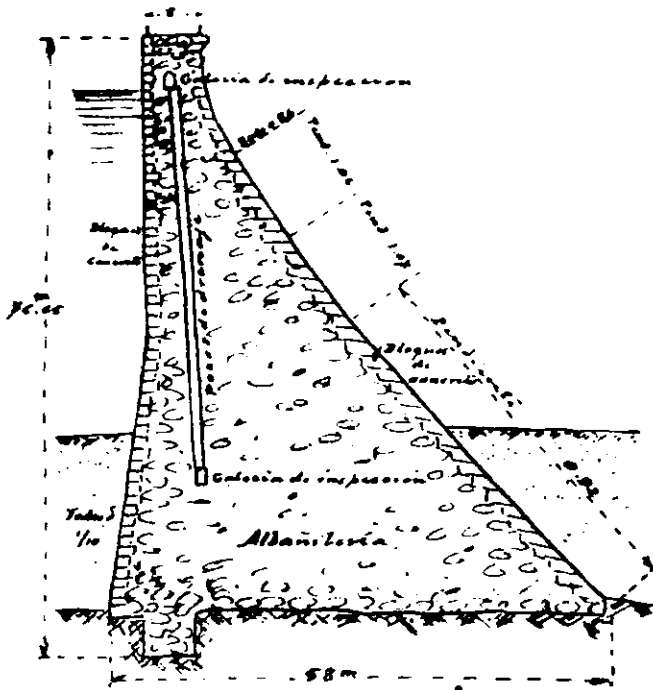


FIG. 2.—Corte transversal de la parte de albañilería del tranque de Ashokan.

arriba, se han establecido pozos de 0.40 m. de diámetro, distantes 3.65 m., destinados a drenar las aguas de infiltración y a conducir las a la galería inferior.

Lo mismo que las juntas de dilatación, los paramentos del tranque han sido ejecutados con bloques artificiales por no disponerse de canteras con piedra conveniente.

El volúmen total de albañilería de bloques empleado fué de 42,800 m.<sup>3</sup> y de 326,000 m.<sup>3</sup> de albañilería de mampuestos.

Para el transporte de los materiales se utilizaban cuatro transportadores aéreos sistema Lidgerwood.

Todas las albañilerías, esto es cerca de 370,000 m.<sup>3</sup>, fueron ejecutados en 27 meses.

El *vertedero* de descarga tiene 300 m. de longitud y ha sido ejecutado completamente de albañilería.

Las *tomas de agua* con sus válvulas han sido establecidas en un grueso macizo de concreto a través de uno de los diques mixtos.

*Acueducto de Catskill.*—Las aguas embalsadas en Ashokan son conducidas por el acueducto de Catskill.

Este acueducto, todo cerrado, tiene en sección corriente la de la fig. 3; pero un 19 % de su longitud se encuentra en túneles bajo presión (fig. 4). 7 % en sifones de palastro de acero (fig. 5) y 15 % en túneles a nivel libre (fig. 6).

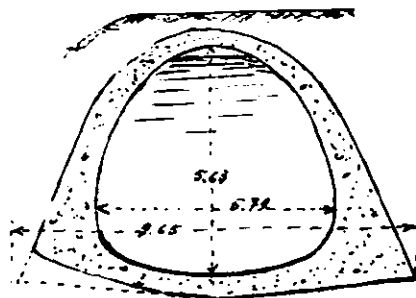


FIG. 3. Sección del acueducto de Catskill.

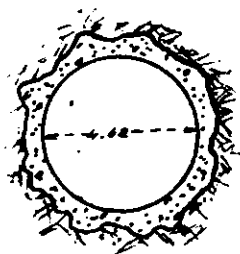


FIG. 4. —Sección en túnel bajo presión.



FIG. 5.—Sifones de palastro.

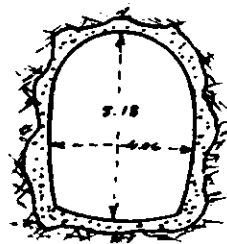


FIG. 6.—Sección un túnel a nivel libre.

Para su trazado ha habido varios puntos intermedios obligados, como ser el embalse de Kensico, que debe servir de acumulador de aguas y el paso bajo el Hudson, en un punto que se ha considerado favorable, bajo el punto de vista geológico.

Para el atraveso de grandes depresiones se ha recurrido generalmente a túneles o sifones abiertos en la roca, reservándose el sifón de palastro de acero para el paso de las depresiones de menor importancia.

Los *túneles bajo presión* o sifones son generalmente constituidos por dos pozos verticales reunidos por una rama horizontal; otros pozos intermedios han servido para activar los trabajos. Además a 30 m. del eje en su medio se encuentran pozos de drenaje que servirán para vaciar el sifón, limpiarlo, inspeccionarlo y repararlo. Van comunicados con el sifón por una galería horizontal cerrada en su parte media con una puerta de bronce.

Entre todos los sifones del acueducto, el más profundo es el que atraviesa subterráneamente el *Hudson* a 335 m. de profundidad.

Este río presentaba un obstáculo muy serio a causa de su largo y de su profundidad y sobre todo de la naturaleza de su lecho, que puede decirse es de fango indefnido.

Cuatro soluciones se propusieron para el paso de este río:

- 1.º Un puente acueducto;
- 2.º Una serie de cañerías de acero colocadas en el fondo del río;
- 3.º Un túnel blindado abierto por medio del aire comprimido a 30 m. bajo el agua; y
- 4.º Un sifón abierto en la roca sólida, a una profundidad suficiente para que quedara seco.

Esta última solución fué adoptada como la más económica y más durable, a condición de basarse en un estudio geológico serio.

Sondajes hechos primero sobre una serie de puntos, fueron en seguida concentrados en el lugar denominado Stormking, en donde la pasada se presentaba más favorable. Por muy cercanos que se hicieran los sondajes verticales, dejaban duda de la posibilidad de existir entre ellos fisuras verticales en la roca. Y por eso se hicieron también sondajes inclinados, que se cruzaban bajo el lecho del río (figura 7).

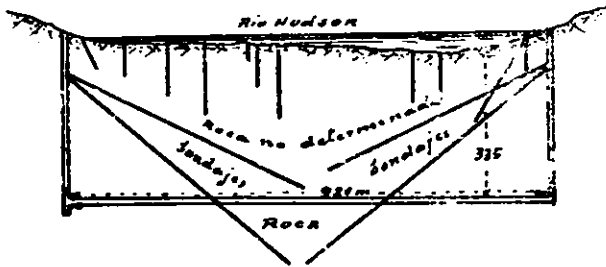


FIG. 7.— Sondajes hechos bajo el Hudson y perfil del sifón que atraviesa el río.

Se colocó la rama horizontal del sifón a 335 m. de profundidad, con la certidumbre de tener como mínimo 60 m. de roca sólida por encima del túnel.

Bajo el lago de *Croton* se estableció también un sifón de 605 m. de largo y a 105 m. bajo el nivel de sus aguas.

*Sifones de acero* se han establecido catorce a través de diversos valles.

Para escurrir el 1.895.000 m<sup>3</sup>. diarios, que proporcionarán los tranques de *Ashokan*, se necesitarían tres conductos como el de la fig. 5, pero esa cantidad de agua no se necesitará en muchos años y por eso provisoriamente se ha colocado un sólo conducto.

Estas cañerías son constituidas por palastro de acero y protegidas exteriormente por un revestimiento de 15 c/m de espesor, de concreto de 1 de cemento,

por 3 de arena y 6 de cascajo, e interiormente por un enlucido de a lo menos 5 c/m de mortero de cemento.

Las cañerías se expedían por trozos de 5 m. de largo. Se tomaba gran cuidado para evitar la oxidación de los palastros. A este respecto, después de encorvarlos al radio deseado, eran sumergidos durante 15 minutos en un baño de ácido sulfúrico caliente diluido para quitarles todo vestigio de oxidación que quedara de la fabricación; se hacía entonces la remachadura, después se le daba una mano de lechada de cal destinada a impedir la oxidación hasta el momento de su colocación.

Una vez remachadas sobre el terreno las diversas secciones de la cañería, se la llenaba de agua para asegurarse de su impermeabilidad. En seguida, dejándola siempre llena de agua a la presión de servicio, a fin de conservar exactamente su forma definitiva, se ejecutaba el revestimiento exterior de concreto. Sólo una vez que éste hubiera fraguado, se vaciaba el agua y se colocaba el estuco interior.

Procediendo de otro modo, se habría podido temer que al poner el sifón bajo presión, se hubieran producido rasgaduras en el revestimiento exterior: la diferencia de aplastamiento entre la sección de la cañería vacía y de la cañería bajo presión era, en efecto, considerable y podía alcanzar 15 centímetros.

*Túneles a nivel libre.*—El más largo que ahí se encuentra tiene 3,800 m. y su sección es la de la (fig. 6).

El concreto empleado aquí para el revestimiento es menos rico 1-3-5 en lugar de 1-2-4.

*Construcciones anexas.*—El embalse de Kensico es un reservorio acumulador, distante 40 kms. de Nueva York. Será alimentado por aguas del acueducto de Catskill, pero su capacidad de 150 millones de metros cúbicos, le permite abastecer por sí mismo, durante varias semanas a Nueva York.

El tranque de Kensico, actualmente en construcción, tendrá una sección análoga a la de la parte central del tranque de Olive Bridge; su altura a partir de las fundaciones será de 91 m. y su largo de 548 m.

Existe además el reservorio de Hill View al llegar a Nueva York, que es un reservorio amortizador destinado a compensar las variaciones bruscas de consumo.

*Estado de avance de los trabajos.*—Ya en Abril último, los trabajos se encontraban tan avanzados, que era posible en pocos meses distribuir el agua en Nueva York.

De los sifones sólo faltaba por terminar el de Hudson.

A principios de 1915 se distribuirán en Nueva York las aguas de los montes Catskill.