

liar que ha sido de la comision encargada de estos trabajos, D. Joaquin Montero, persona sumamente versada en esta clase de operaciones, y que se ha ocupado de todas las de la misma clase que han sido necesarias, y á las que se hace referencia en esta Memoria, habiendo excedido su total de 60 leguas en longitud, entre la nivelacion duplicada de que aquí se trata, la de la línea de estudio de canal, y principalmente la de toda la extension de que se compone Madrid.

Con idea de que en cualquier tiempo puedan utilizarse las nivelaciones de los 30 puntos que dividen los 30 trozos, con las de otros puntos intermedios que se tomaron; y con objeto de que sin repetir el trabajo pueda apreciarse la exactitud de él por la verificacion de uno cualquiera de los treinta trozos, se ha creído conveniente presentar la siguiente

Zumbos	Yucas	Diferencia	Inclinacion	Diferencias	Diferencias
15	21' 15"	38' 52"	+	2' 22"	+ 311' 312"
16	18' 41"	41' 12"	-	5' 08"	+ 302' 01"
17	23' 26"	0' 08"	+	22' 412"	+ 302' 15"
18	22' 10"	1' 19"	+	32' 02"	+ 104' 202"
19	21' 43"	5' 48"	+	52' 20"	+ 141' 232"
20		17' 51"	+	11' 46"	7' 36"
21	28' 01"	4' 332"	+	26' 312"	+ 116' 022"
22	12' 12"	13' 88"	+	0' 82"	+
23	11' 35"	11' 06"	+	13' 22"	+
24	1' 22"	1' 11"	+	2' 28"	+
25		15' 45"	-	22' 73"	- 187' 132"
26	11' 00"	4' 22"	+	0' 24"	+
27	10' 52"	14' 35"	+	18' 302"	+
28	31' 00"	1' 022"	+	18' 302"	+
29		11' 17"	+	31' 17"	+

DESDE IV BABELLY DE ZUMBY DIFERENCIA YI DONACION DE IV  
 YVIVY DE ZUMBY DIFERENCIA

## TABLA DE NIVELACION

DESDE LA PUERTA DE SANTA BÁRBARA AL PONTON DE LA OLIVA.

Números.	Atras.	Delante.	Diferencias parciales.	Diferencias generales.	Observaciones.
1	21,60	1,655	+ 19,965	+ 19,965	Marca 2. <sup>a</sup> Piedra de Barra.
2	40,425	4,82	+ 5,605	+ 25,57	Centro de la glorieta de Chamberi.
3	44,06	4,55	+ 9,51	+ 55,08	Quinta de Santa Engracia. En el umbral de la puerta de entrada.
4	4,55	1,47	+ 5,58	+ 58,46	Primer guardaruedas, glorieta frente a la iglesia.
5	44,22	1,69	+ 42,53	+ 80,99	Centro de la carretera frente al Polvorin.
6	45,75	12,88	+ 0,83	+ 81,84	Marca III. En una arqueta frente al Polvorin.
7	58,04	1,825	+ 56,215	+ 418,055	En la carretera antigua de Francia que sale de la puerta de Santa Bárbara, poco antes de la union con las dos que vienen de las puertas de Bilbao y Fuencarral.
8	27,48	4,18	+ 23,50	+ 141,555	Marca 4. <sup>a</sup> Parte superior de la arqueta de Valdemoro.
9	53,10	7,15	+ 23,95	+ 167,505	Marca V. En un marco junto a la cuneta por la izquierda.
10	59,595	0,98	+ 58,415	+ 205,72	Entrada al parador de Buena-Vista. En el umbral.
11	8,47	11,15	- 2,68	+ 203,04	Directriz de la carretera en el portazgo de Fuencarral.
12	57,12	28,245	+ 8,875	+ 211,915	Marca 6. <sup>a</sup> Sobre el pretil de la alcantarilla de Don Silvestre.

13	51,855	17,76	+	14,075	+225,99	Fuencarral, segunda esquina por la izquierda de la calle de la Lejuela del Cura.
14	28,755	77,45	-	48,675	+177,515	Marca 7. <sup>a</sup> Alcantarilla del arroyo colorado.
15	59,57	165,65	-	106,06	+71,255	Punto de la línea del primer estudio de canal.
16	4,18	75,75	-	74,55	+5,295	Marca 8. <sup>a</sup> Sobre el pretil del ponton de los Calabozos.
17	79,545	88,725	-	9,18	+12,475	Inclusa por la izquierda, la primera casa de Alcoventadas.
18	14,515	20,85	-	6,555	+18,81	Guardaruedas á la salida de Alcoventadas por la izquierda, con esta marca L.
19	28,96	17,51	+	11,45	-7,56	Cruz de Vallejo, casa de D. Ramon Perdiguero, en Alcoventadas.
20	16,16	8,165	+	7,995	+0,655	Marca 9. <sup>a</sup> Sobre la peana de la cruz de piedra de la capilla de la Virgen del Socorro.
21	25,55	180,86	-	155,51	+154,675	Marca 10. Alcantarilla de Fuente la higuera, sobre el pretil.
22	50,68	65,45	-	52,75	+187,425	Directriz de la carretera, último del arbolado frente á Fuente del Fresno.
23	49,795	140,155	-	90,54	+277,765	Superficie del agua del rio Jarama frente á Pesadilla.
24	26,27	0,88	+	25,59	+252,575	Marca 11. Costado N. de la venta de Pesadilla.
25	94,785	65,615	+	51,17	+221,205	Marca 12. Esquina de la capilla de la casa de Salomon en un guardaruedas de un pié sobre el terreno.
26	56,14	28,51	+	27,85	+195,575	Marca 13. Entrada del chaparral de las Monjas. En el terreno natural.
27	73,95	52,01	+	41,94	+151,455	Marca 14. En un marco á orilla del camino por la izquierda.
28	50,25	22,86	+	7,59	+144,045	En un marco junto al camino, frente al soto de Sillillo.

Números.	Atras.	Delante.	Diferencias parciales.	Diferencias generales.	Observaciones.
29	47,56	51,91	- 4,35	- 48,595	Marca 15. Capilla de Nuestra Señora del Remolino: sobre una piedra de junto a la puerta de entrada, 2 piés sobre el terreno.
30	63,20	46,58	+ 16,62	- 151,975	Marca 16. En un marco de la esquina N. E. de la huerta de Perillan.
31	80,95	24,275	+ 56,675	- 75,50	Marca 17. En una linde que hace ángulo agudo con el camino.
32	50,79	24,56	+ 26,45	- 48,87	Marca 18. Junto al arroyo de los Mojones, y al cruce de caminos de Torrelaguna, Molar y Talamanca.
33	77,71	28,08	+ 49,63	+ 0,76	Marca 19. Junto a la vereda que va a la barca de Talamanca.
34	31,86	55,79	- 5,93	- 5,17	Camino de Torrelaguna.
35	18,48	55,58	- 24,10	- 27,27	Marca 20. Sitio de las Charquillas.
36	28,655	62,725	- 54,07	- 61,54	Marca 21. Peña natural, arroyo Andihuela.
37	65,46	29,49	+ 55,97	- 27,57	Marca 22. Al principio del paso malo de peña Rasa.
38	48,51	22,48	+ 26,03	- 1,54	Marca 23. Marco piedra caliza junto a una acequia, brazal del canal de Cabarrus.
39	50,99	8,47	+ 22,52	+ 21,18	Borde del canal de Cabarrus.
40	20,40	41,74	+ 8,66	+ 29,84	Marca 24. Aleta de la alcantarilla de la casa de Oficios. En el terreno.
41	68,65	25,545	+ 45,105	+ 74,945	Agua del canal de Cabarrus despues del Salto.
42	43,44	17,70	+ 25,74	+ 100,685	Marca 25. En un marco entre el molino y Torremocha.
43	42,555	18,945	+ 23,41	+ 124,095	Marca 26. Primera esquina de la primera casa de Torremocha.

44	7,03	22,37	—	15,54	+ 108,755	Ultima casa de Torremocha por la derecha.
45	16,51	56,24	—	19,93	+ 88,825	Marca 27. Aleta del Ponton del camino que va á Uceda : sobre el canal.
46	9,105	14,88	—	5,775	+ 85,05	Agua del canal de Cabarrus.
47	57,51	50,58	+	6,93	+ 89,98	Marca 28. Parte superior del aleta N. del Ponton de Patones.
48	54,67	69,70	—	15,03	+ 74,95	Marca 29. Arroyo de las Cuevas. En peña natural.
49	5,55	27,50	—	21,95	+ 53,00	Pozo del Roncadero ; superficie del agua.
50	58,26	21,78	+	56,48	+ 89,48	Marca 30. Junto á la casa de los dos rios ; en peña natural.
51	7,43	28,545	—	21,115	+ 68,565	Confluencia de los rios Lozoya y Jarama ; superficie del agua.
52	94,885	45,74	+	51,145	+ 119,51	Entrada al Ponton de la Oliva.
53	0,56	6,22	—	5,66	+ 115,85	Marca VIII. Del Sr. D. Francisco Barra, junto al Ponton.
54	6,22	8,42	—	2,20	+ 111,65	Agua del canal de Cabarrus, junto al Ponton.
55	8,42	12,75	—	4,31	+ 107,54	Marca 31. En un sillar de la fábrica que hay junto al Ponton : hay con esta marca esta otra L.
56	4,61	16,80	—	12,19	+ 95,15	Agua del rio Lozoya en 6 de agosto de 1848, en el remanso del Ponton de la Oliva.



## OBSERVACIONES BAROMETRICAS.

Números.	Dias.	Horas.	EN EL PONTON DE LA OLIVA			EN EL OBSERV. ASTRON.			RESULTADOS.	
			Barómetro milímetros.	Term. baróm.	Term. libre.	Barómetro milímetros.	Term. baróm.	Term. libre.	Fór-mula.	Final.
JUNIO DE 1848.										
1. <sup>a</sup>	4	12	0,69930	20,0	18,3°	0, 70340	20,0°	18, 0°	178	408
AGOSTO DE 1848.										
2. <sup>a</sup>	24	13	0,70870	25,4	24,1	0,71257	24,5	24,0	177	107
3. <sup>a</sup>	23	12	0,71030	25,2	24,0	0,71400	24,0	22,5	170	100
4. <sup>a</sup>	25	15	0,70880	26,7	25,4	0,71328	24,0	26,5	216	146
5. <sup>a</sup>	26	9	0,71048	25,5	24,1	0,71396	24,0	21,5	159	89
Término medio, 110 piés; id. sin la 4. <sup>a</sup> , 101 piés.										

Las observaciones 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup> dan desniveles bastante conformes unos con otros, por lo que deben ofrecer confianza; la de la 4.<sup>a</sup> da un resultado que se separa mucho de todos los otros, por lo que hay motivo para poder sospechar un error de observacion, así que el término medio de las cuatro da para la altura del remanso del Ponton de la Oliva sobre la puerta de Santa Bárbara 101 piés, altura que difiere de la hallada por la nivelacion topográfica de solo la pequeña cantidad de 6 piés escasos, y aun esta diferencia resulta en favor. Tambien en favor resulta la diferencia en el término medio de todas las observaciones, inclusa la 4.<sup>a</sup>, y aun así esta diferencia es pequeña, pues no llega á 15 piés en 100.

## NOTA D.

## RECONOCIMIENTO DE TODO EL CURSO DEL RIO LOZOYA.

Nace el rio Lozoya de la gran barrancada que se forma en los montes Carpetanos por el desprendimiento hácia el E. de la sierra de la Naharra en ángulo casi recto ; sus primeras aguas vienen de la sierra de Peñalara, de hácia donde atraviesa una carretera el puerto llamado del Paular , y de la misma sierra de la Naharra ; siendo sus primeros creadores los muy altos y casi nunca desencapotados picos de Peñalara en la primera, y Cabeza de Hierro en la segunda, que se elevan á unos 9.000 piés sobre el nivel del mar. De las corrientes Guadarramilla, Hoya del Toril y arroyo de la Laguna, que constituyen sus principales aguas, la mas notable, si no por su caudal por sus circunstancias y procedencia, es el arroyo de la Laguna. Este arroyo, de caudal perenne y fijo, baja por un cauce de peña y pedregoso, en pendientes que á trechos llegan á 25° y 30°, y aun mas, teniendo frecuentes cascadas : su nacimiento es en la laguna de Peñalara, de la cual sale perpetuamente, sin que se perciba por ninguna parte la entrada en ella del agua que va reemplazando la que consume este arroyo, deduciéndose por consiguiente que entra por filtraciones de los costados ó fondo. La laguna de Peñalara, célebre sin duda por su situacion, no es notable por sus dimensiones : tiene la figura muy próximamente de una semi-elipse cortada por el eje menor, cuya dimension es de unos 480 piés, siendo el semieje mayor, ó la otra dimension de la laguna de unos 300 piés ; así su superficie excede poco de 100.000 piés cuadrados. Esta dimension es completamente impropia para lograr depósito de agua, pues aunque se supusiese levantar sus bordes de 100 piés, suposicion inadmisibile, todavía el volúmen que se lograria sería solo de 10 millones de piés cúbicos. Las demas arroyadas tienen fuertes pendientes, como la de la laguna, y por consiguiente son totalmente inútiles para depósitos.

El rio Lozoya, llamado el rio grande en sus 4 á 5 leguas primeras de su nacimiento hasta el pueblo de Lozoya, es notablemente irregular respecto á la direccion en todo su curso : en estas 4 á 5 primeras leguas sigue una direccion muy próxima de S. O. á N. E. ; en el pueblo de Lozoya toma la direccion al E. inclinándose algo al S., siguiendo así unos cinco cuartos de legua, y en seguida cambia al N. N. O., remontando cerca de 2 leguas hasta Buitrago. Aquí cambia completamente y camina por una direccion casi S., unas 2 leguas hasta frente del pueblo del Berrueco, donde tomando otra vez la direccion E., sigue cerca de otras 2 leguas, y rodea despues la montaña de los Milanos, para venir con direccion S. y espacio como de una legua al Ponton de la Oliva.

Al recorrer el Lozoya se tomaron estaciones barométricas en varios pun-

tos (1) con objeto de tener tanteos de desniveles, y de ellos y de las longitudes aproximadas de los trozos de río, deducir las diferentes pendientes medias, que han resultado las que aparecen en la tabla siguiente:

*Alturas barométricas de algunos puntos del río Lozoya, referidas al remanso del Ponton de la Oliva, y longitudes aproximadas de los trozos en que queda dividido, desde el Ponton hasta la Laguna de Peñalara, con sus pendientes.*

	Trozos.	Alturas.	Longitudes.	Pendientes en 1.000 piés.
Ponton de la Oliva. . . . .	»	0.000	000.000	00, 0
Río, bajo el Puente del Villar. . . . .	1.º	570	100.000	5, 7
Río, en Puentes-Viejas. . . . .	2.º	724	24.000	6, 4
Río, en el puente de Buitrago. . . . .	3.º	830	16.000	6, 6
Río, bajo el puente del Canto. . . . .	4.º	1.242	57.000	7, 2
Río, frente á Rascafría. . . . .	5.º	1.511	45.000	6, 0
Río, al pié de la Sierra. . . . .	6.º	1.672	25.000	6, 4
Laguna de Peñalara. . . . .	7.º	4.678	36.000	83, 5

Se ve por la tabla, que en lo que comprende la sierra de Peñalara, que es el sétimo trozo, no hay que pensar en represas despues de la laguna hasta el llano, pues el término medio de la bajada del río pasa del 8 por 100. En los demas trozos cuyo término medio de pendiente general es poco mas de  $\frac{1}{2}$  por 100 en todo el curso, para lograr embalses que se prolonguen media legua en el río, se necesitarán presas de 60 á 70 piés de elevacion. En el trozo 6.º el río va por cauce abierto y no hay disposicion para presa; en el 5.º podria hacerse entre el puente del Canto y el pueblo de Lozoya; pero sería costosa, daria poco embalse, y cogeria hermosas tierras de labor y prados de Lozoya: en el 4.º el río va generalmente en un cauce de peña, cerrado y estrecho, que daria muy poco embalse en la madre del río, y fuera de ella el terreno es generalmente abierto; en los otros tres trozos 3.º, 2.º y 1.º pueden hacerse los tres embalses de Puentes-Viejas, puente del Villar y Ponton de la Oliva, y acaso algun otro.

Como las 24 horas de un dia tienen 86.400 segundos, necesitarémos en cantidad cerrada de 100.000 piés cúbicos de agua de reserva por cada pié

(1) Las observaciones barométricas se han referido á las correspondientes hechas en el Observatorio Astronómico de Madrid en los mismos dias y horas, y otras veces han sido sucesivas. El barómetro en el Observatorio Astronómico está colocado 140 piés mas bajo que el remanso del agua del Ponton de la Oliva. Para referir las alturas que se incluyen á la parte superior de la escalinata en que asienta el pedestal de la estatua ecuestre de la Plaza Mayor, se añadirá á todas 168 piés. Todas las observaciones barométricas del Observatorio Astronómico han sido hechas por el Sr. D. José Martinez Palomares, quien ha tenido la bondad de franquearlas para el objeto.

cúbico por segundo, y por cada día que contemos deba emplearse esta reserva, de modo que para cada 10 piés cúbicos por segundo y para 100 días necesitarémos una reserva de 100 millones de piés cúbicos. Los 100 días es el tiempo de las aguas bajas.

Los depósitos de distribución en Madrid deberán contener con el tiempo el agua necesaria para surtir durante 8 días unos 12.000 rs. de agua; pero al principio bastará con que puedan surtir 6.000 rs. Los 8 días es el tiempo mínimo que se necesita para reparaciones del canal.

Pendientes en 1.000 piés.	Longitudes.	Ajustes.	Torres.
00.0	000.000	0.000	0
0.7	100.000	370	1.
0.4	21.000	72	2.
0.8	18.000	330	3.
7.2	37.000	1.242	4.
0.0	42.000	1.311	5.
0.4	22.000	1.072	6.
83.2	30.000	1.078	7.

Se ve por la tabla, que en la parte comprendida la sierra de Peñalara, que es el...  
 En el trazo 6.º el río va por cauces abiertos y no hay disposición para presa;  
 en el 5.º podrá hacerse entre el puente del Canto y el pueblo de Lopera;  
 pero esta construcción, daría poca embalse, y cobraría hermosas tierras de labor  
 y prados de Lopera; tan el 4.º el río va generalmente en un cauce de peñas  
 y cerros y cañones, que daría muy poca embalse en la parte del río, y  
 fuera de ella el terreno es generalmente abierto; en los otros tres tramos  
 3.º, 2.º y 1.º pueden hacerse los tres embalses de Puente-Vieja, punto  
 del Villar y Panton de la Oliva, y acaso algun otro.

Como las 24 horas de un día tienen 86.400 segundos, necesitarémos en  
 cantidad corrida de 100.000 piés cúbicos de agua de reserva por cada día  
 (1) Las observaciones parómétricas se han referido á las correspondientes  
 hechas en el Observatorio Astronómico de Madrid en los mismos días y horas,  
 y otras veces han sido sucesivas. El barómetro en el Observatorio Astronómico  
 está colocado 140 piés mas bajo que el renaso del agua del Panton de la Oliva.  
 Para referir las alturas que se incluyen á la parte superior de la escalinata  
 en que asienta el pedestal de la estatua ecuestre de la Plaza Mayor, se añadirá  
 á todas 108 piés. Todas las observaciones parómétricas del Observatorio As-  
 tronómico han sido hechas por el Sr. D. José Martínez Palomares, quien ha re-  
 cido la donación de instrumentos para el objeto.

## NOTA E.

## ANÁLISIS DE LAS AGUAS DEL RIO LOZOYA, VERIFICADA EN LA FACULTAD DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID.

Habiéndose efectuado con la debida separacion los trabajos analíticos sobre las aguas tomadas en los dos puntos denominados *Ponton de la Oliva* y *Canal de Cabarrus, frente á Torremocha*, segun se pedia por la comision encargada de formular los planos y proyectos necesarios para su conduccion á esta corte, se han obtenido los siguientes resultados, siguiendo la marcha analítica que tambien se indica.

## AGUA DEL RIO LOZOYA, TOMADA EN EL PONTON DE LA OLIVA.

*Caractères físicos.* Es diáfana, incolora, trasparente, inodora y sin sabor particular. Su peso específico es 0,9997, tomando por unidad el del agua destilada á la misma presion y temperatura.

*Caractères químicos.* No altera las tinturas azules vegetales. El nitrato argéntico la pone opalina: el cloruro bárico la enturbia, y el oxalato amónico ocasiona en ella un ligero precipitado. Puesta en contacto con el fosfato sódico-amónico ofrece tambien un precipitado bien visible y característico. La disolucion de jabon, el ferro y el sulfocianuro potásicos no presentan fenómeno alguno.

Concentrada el agua por medio de la evaporacion con las debidas precauciones para no ocasionar la precipitacion de ninguna de sus sales, ofrece con los reactivos indicados los mismos caractères positivos; pero de un modo mucho mas perceptible, y ademas presenta una lijera coloracion rojiza, á la accion del sulfocianuro potásico.

*Análisis.* Partiendo de estas indicaciones que dan ya una idea de la mayor parte de las sustancias fijas contenidas en el agua ensayada, se ha dado la preferencia, como procedimiento general para el análisis, al *método* llamado *directo*, que consiste esencialmente en la aplicacion sucesiva de diversos disolventes sobre el residuo salino de la evaporacion, y se ha aplicado el *método indirecto*, al análisis particular de los diferentes líquidos obtenidos por el procedimiento general.

Las sustancias gaseosas se han extraido y analizado segun el método que indican la mayor parte de los químicos.

*Sustancias fijas.* 39 lib. de agua dejaron por su evaporacion un residuo salino mezclado con bastante materia orgánica, y cuya desecacion no se apuró, por evitar la descomposicion del cloruro magnésico que probablemente contenia.

*Solucion alcohólica.* Se trató este residuo por alcohol de 0,833 de densidad en cantidad conveniente, y la solucion resultante dió por evaporacion un producto que al disolverse en el agua dejó insoluble una corta cantidad de

materia orgánica, de aspecto resinoso. La nueva solución tratada por el nitrato argéntico con las debidas precauciones produjo 0,222 gramos de cloruro argéntico, que corresponden á 0,055 de cloro. Por el líquido separado del cloruro argéntico se hizo pasar una corriente de gas sulfhídrico, para precipitar el exceso de plata, y después de filtrado y concentrado por la evaporación al fuego, se le trató por el oxalato amónico, habiéndole ántes neutralizado por medio del amoniaco: no se observó precipitado alguno. Se evaporó entonces á sequedad, y el residuo calcinado para descomponer los nitratos y enrojecido al fuego, pesó 0,0625 gramos. Este residuo compuesto de magnesia y carbonato sódico fué tratado por el agua, para disolver la sal alcalina, y esta disolución evaporada dió 0,0485 gramos de carbonato sódico, que corresponden á 0,0211 de sódio. La magnesia que quedó como residuo pesó 0,0140 gramos, que contienen 0,00858 de metal.

La solución alcohólica contenía según estos datos:

Cloruro sódico. . . . .	0,0531 gramos.
— magnésico. . . . .	0,0315

*Solución acuosa.* La porción de residuo salino que el alcohol no disolvió, se trató por el agua, y el líquido resultante, acidulado con ácido acético y sobresaturado por el amoniaco, dió al contacto con el oxalato amónico un precipitado de oxalato de cal, que convertido en carbonato por la calcinación con las debidas precauciones, pesaba 0,007 gramos, y corresponde á 0,0039 de cal. El líquido separado del oxalato cálcico suministró por la acción del acetato bórico un precipitado de sulfato, que pesó 0,097 gramos, y corresponde á 0,0334 de ácido sulfúrico. Separado este sulfato quedó un líquido que se evaporó á sequedad, calcinando el residuo al fuego rojo. El agua disolvió de este residuo 0,014 gramos de carbonato sódico, que contienen 0,0082 de sosa. La porción no disuelta se trató por ácido sulfúrico, que disolvió una cantidad de magnesia, que al estado de sulfato pesó 0,027 gramos, y por consiguiente contiene 0,0094 de base.

Según estos resultados la solución acuosa analizada contenía las sales siguientes:

Sulfato cálcico. . . . .	0,0089 gramos.
— sódico. . . . .	0,0187 »
— magnésico . . . . .	0,027 »

*Solución nítrica.* El residuo salino insoluble en alcohol y agua se trató por ácido nítrico, y evaporada la disolución á sequedad, se redisolvió el producto en agua acidulada por el mismo ácido. El líquido resultante sobresaturado por el amoniaco dió un precipitado, que se reconoció ser óxido de hierro, en cantidad que no pudo apreciarse. Separado este corto precipitado, se añadió oxalato amónico, y se obtuvo una cantidad de oxalato de cal, que convertida en carbonato pesó 0,115 gramos. El líquido res-

tante evaporado dió un residuo de magnesia del peso de 0,0175 gramos, que corresponden á 0,156 de carbonato.

La porcion de residuo salino, que no fué disuelta ni por el alcohol, ni por el agua, ni por el ácido nítrico, examinada convenientemente, resultó ser sílice, que despues de una perfecta desecacion suministró un peso de 0,029 gramos.

Segun estos datos resulta que la solucion nítrica y el residuo insoluble en los menstruos empleados contenian :

Carbonato cálcico. . . . .	0,1155	gramos.
— magnésico. . . . .	0,156	»
Sílice. . . . .	0,029	»
Oxido de hierro. . . . .		

Resultado general. 39 lib. = 17,94362 quilógramos de agua han dejado por su evaporacion un residuo compuesto de :

Cloruro sódico. . . . .	0,0531	gramos.
— magnésico. . . . .	0,0315	»
Sulfato cálcico. . . . .	0,0089	»
— sódico. . . . .	0,0187	»
— magnésico. . . . .	0,027	»
Carbonato cálcico. . . . .	0,1155	»
— magnésico. . . . .	0,156	»
Sílice. . . . .	0,029	»
	<hr/>	
	0,4397	»

Oxido de hierro. }  
Materia orgánica. }

1.000 partes de agua producirian :

Cloruro sódico. . . . .	0,0029
— magnésico. . . . .	0,0017
Sulfato cálcico. . . . .	0,0004
— sódico. . . . .	0,0010
— magnésico. . . . .	0,0015
Carbonato cálcico. . . . .	0,0064
— magnésico. . . . .	0,0086
Sílice. . . . .	0,0016
	<hr/>
	0,0241

Oxido de hierro. }  
Materia orgánica. }

Sustancias gaseosas. 275 gramos de agua han desprendido, mediante su ebulicion en el aparato correspondiente, 6 centímetros cúbicos de aire á la [presion de 26 pulgadas y 3 líneas, y temperatura de 6°, cuyo volú-

men, calculado á la presión de 28 y temperatura de 0°, equivale á 5,50 centímetros cúbicos. Cada litro contiene pues 20 centímetros cúbicos de aire.

AGUA TOMADA EN EL CANAL DE CABARRUS, FRENTE Á TORREMOCHA.

*Caractères físicos.* Presenta los mismos que la anterior, con solo una levisima diferencia en el peso específico, que en esta es  $\approx 1,0004$ , tomando por unidad el del agua destilada en las mismas condiciones de presión y temperatura.

*Caractères químicos.* Tanto en su estado natural como concentrada por la evaporación, ofrece esta agua las mismas indicaciones que la anterior, si bien algo mas perceptibles, en virtud sin duda de la mayor proporción de sustancias fijas que contiene.

*Análisis.* Se ha verificado siguiendo en todo la marcha indicada anteriormente, y el resultado obtenido ha sido el siguiente :

*Sustancias fijas.* 39 libras de agua dejaron por la evaporación un residuo salino, mezclado tambien con considerable cantidad de materia orgánica, y se hizo su desecación con las precauciones ya indicadas.

*Solucion alcohólica.* Dió por su evaporación un residuo, que al disolverse en agua dejó insoluble una materia orgánica como resinosa. La nueva solución analizada produjo 0,376 gramos de cloruro argéntico, que contienen 0,092 de cloro ; 0,0595 de carbonato sódico, que contienen 0,0259 de sodio, y 0,0295 de magnesia, que corresponden á 0,018 de radical.

La solución alcohólica contenia segun estos resultados :

Cloruro sódico. . . . .	0,0649 gramos.
— magnésico. . . . .	0,0683 »

*Solucion acuosa.* Prestó por la acción de los reactivos 0,016 gramos de carbonato cálcico, que corresponden á 0,009 de cal ; 0,205 de sulfato bárico, que contienen 0,0706 de ácido sulfúrico ; 0,0275 de carbonato sódico, que contienen 0,0161 de sosa, y 0,0575 de sulfato magnésico, en que existen 0,0195 de base.

La solución acuosa contenia, con arreglo á estos datos, las sales siguientes :

Sulfato cálcico. . . . .	0,031 gramos.
— sódico. . . . .	0,0367 »
— magnésico. . . . .	0,125 »

*Solucion nítrica.* Dió, igualmente que la del análisis anterior, una cantidad inapreciable de óxido de hierro y 0,271 gramos de carbonato cálcico, con 0,015 de magnesia, que corresponden á 0,031 de carbonato.

El residuo insoluble en alcohol, agua y ácido nítrico, resultó tambien ser sílice, y pesó 0,07 gramos.

Se deduce de estos resultados, que la solución nítrica y el residuo insoluble en los menstruos contenian :

Carbonato cálcico. . . . .	0,271 gramos.
— magnésico. . . . .	0,031 »
Sílice. . . . .	0,07 »
Oxido de hierro. . . . .	»

*Resultado general.* 39 libras. = 17,94362 quilógramos de agua evaporada han dado un residuo compuesto de :

Cloruro sódico. . . . .	0,0649 gramos.
— magnésico. . . . .	0,0683 »
Sulfato de cal. . . . .	0,031 »
— sódico. . . . .	0,0367 »
— magnésico. . . . .	0,125 »
Carbonato cálcico. . . . .	0,271 »
— magnésico. . . . .	0,031 »
Sílice. . . . .	0,07 »
	<hr/>
	0,5479 »

Oxido de hierro. }  
Materia orgánica. }

*1.000 partes de esta agua producirian :*

Cloruro sódico. . . . .	0,0035
— magnésico. . . . .	0,0038
Sulfato cálcico. . . . .	0,0016
— sódico. . . . .	0,0020
— magnésico. . . . .	0,0068
Carbonato cálcico. . . . .	0,0140
— magnésico. . . . .	0,0016
Sílice. . . . .	0,0038
	<hr/>
	0,0371

Oxido de hierro. }  
Materia orgánica. }

*Sustancias gaseosas.* 275 gramos de agua han desprendido en el correspondiente aparato 5,5 centímetros cúbicos de aire, á la presión barométrica de 26 pulgadas y 3 líneas, y temperatura de 6°, cuyo volúmen calculado á la presión de 28 y temperatura de 0°, corresponde á 4,99 centímetros cúbicos. Cada litro contiene pues 17,6 centímetros cúbicos.

Aunque no esté todavía decidido cuál debe ser la composición de las aguas cuyo uso convenga más al hombre para bebida habitual, puede afirmarse sin embargo, siguiendo la opinión mas generalmente adoptada, que las del rio Lozoya por sus propiedades físicas, por su composición y por la cantidad de aire que contienen, son de la mejor calidad como potables, y para todos

los demas usos económicos é industriales que exigen aguas de las mas puras. Madrid 27 de enero de 1849.—Juan M. Pons y Camps.—Manuel Jimenez.—Manuel Rioz. »

De los análisis que preceden, hechos con toda la exactitud, escrupulosidad y extension que hacen de ellos un trabajo raro en su clase, y que honran sobremanera á la comision que los autoriza, y al distinguido profesor de química que los ha ejecutado, D. Manuel Rioz, se deduce la bondad de las aguas del rio Lozoya por su pureza y cantidad de aire que contienen, y la disolucion de materias sólidas que las mismas han podido efectuar en el curso de  $1\frac{1}{2}$  leguas por el canal de tierra de Cabarrus.

No es posible fijar la disolucion que el agua del Lozoya podria efectuar en las 18 leguas de canal de tierra desde el Ponton de la Oliva á Madrid, pues esto dependerá de las diferentes clases de terrenos, pero si bien podrá suceder disuelvan ménos de la proporcion que corresponde á la distancia, tambien es posible encuentren en el tránsito terrenos tales que puedan viciarla completamente, por lo que siempre debe tenerse por peligrosa la larga estancia de agua potable en 18 leguas de canal, que empleará en recorrerlas mas de 50 horas.

Con objeto pues de poder hacer una comparacion proporcional de las disoluciones en canal de tierra y canal de fábrica, ofrecemos á continuacion dos análisis del agua del rio Croton, que abastece Nueva York, tomada en los dos puntos de la cabeza y la terminacion del canal.

	AGUA DEL CROTON EN EL EMBALSE DE LA PRESA.	AGUA DEL CROTON EN LOS DEPÓSITOS DE LA CIUDAD.
	En 1.000 partes de agua contiene.	En 1.000 partes de agua contiene.
Carbonato cálcico. . . . .	0,0203	0,0217
Sulfato cálcico. . . . .	0,0000	0,0063
Oxido de hierro. . . . .	0,005	0,0066
Sílice. . . . .		
Magnesia. . . . .	0,0123	0,0130
Materia orgánica. . . . .		
Cloruro magnésico. . . . .	0,0100	0,0120
Cloruro cálcico. . . . .		
Carbonato magnésico. . . . .	0,0476	0,0596
Materia sólida en solucion.		

Lo que ha disuelto el agua en 11 leguas de su curso en canal revestido resulta ser de 0,012; y como en  $1\frac{1}{2}$  leguas ha disuelto el agua del Lozoya en el canal de Cabarrus, segun los análisis 0,013; en las 18 leguas podrá disolver 0,436; es decir, en la proporcion de 12 á 156.

N ótase tambien en los análisis del Lozoya que el agua al recorrer el canal ha perdido una pequena cantidad de aire.

# APENDICE

Á LA

## MEMORIA SOBRE CONDUCCION DE AGUAS Á MADRID (1).



### *Abastecimientos de aguas de Nueva York en los Estados-Unidos de América, y de Marsella en Francia.*

El modo mas directo, fácil y adecuado de formar una justa y cabal idea de un trabajo, de cualquiera clase que sea, así para los inteligentes como para los que no lo son en el ramo á que pertenezca, es la comparacion con otros trabajos del mismo género, principalmente si en estos se reúnen las circunstancias de la mayor analogía con el que se examina, y de ser lo mas moderno que se haya hecho, reuniendo de este modo todos los adelantos y perfecciones de cuanto anteriormente se conocia, y mas aun si se une á todo esto el ser lo mas osado y grandioso á que haya dado cima en su género el genio del hombre. Los abastecimientos de agua de Nueva York y de Marsella, varias veces citados en la *Memoria* que antecede, reúnen todas estas cualidades: las circunstancias del de Nueva York son enteramente análogas al de Madrid; la misma cantidad de agua conducida, poca diferencia en la distancia de la derivacion hecha con elevada presa, que es al mismo tiempo de elevacion y de embalse de agua; aproximacion en el número de habitantes, y hasta enteramente idénticos sucesos en la historia de las indecisiones, retardos y dificultades para la fijacion del proyecto definitivo, bajo el cual por fin la obra ha sido ejecutada. El de Marsella reúne las otras circunstancias de osadía, de grandiosidad, de dificultades vencidas, sin dejarse arredrar por las casi imposibilidades físicas y financieras. Vamos pues á presentar una sucinta relacion de estas dos obras, la primera como de imitacion, la segunda como de excitacion.

### *Abastecimiento de Nueva York.*

*Parte histórica.* Cuando la ciudad de Nueva York contaba solo 22.000 habitantes en 1774, se crearon arbitrios para el surtido público de agua, y se construyó un depósito y abrió un pozo de crecidas dimensiones. La guerra de la independencía que so-

(1) Todos los números que van en este apéndice son de unidades españolas.

brevino, y ocupacion de la ciudad por las tropas inglesas en 1775, entorpeció la marcha de estas obras, que quedaron sin concluir. En 1798 fué propuesto se trajese del rio Bronx, buena y suficiente cantidad de agua para el abastecimiento; con este motivo se pidió informe á un ingeniero civil, quien lo dió favorable en 1799 por la sola inspeccion de los sitios; pero sin haber hecho nivelaciones, aforos ni otros trabajos conducentes. En este mismo año se formó la compañía de *Manhattan* para surtir de buenas, puras y abundantes aguas la ciudad; pero en vez de buscarlas en manantiales exteriores, se dedicaron á hacer pozos y minados y otras obras análogas, que probaron no era este el medio de lograr agua de buena calidad. Este sistema no obstante se siguió muchos años. En marzo de 1822 el *Mayor*, entre otras medidas, propuso al *Common Council* la cuestion importante del abastecimiento de aguas de la ciudad: con este motivo se renovó la idea del rio Bronx, se formó una comision, esta hizo un reconocimiento y propuso el nombramiento de un ingeniero para que hiciese nivelaciones, aforos y presupuestos. Habiendo invadido la ciudad en el verano de este mismo año la fiebre amarilla, se tuvo por uno de los medios preservativos el surtido de buena y abundante agua, y se hizo contrato para el objeto con el ingeniero civil Mr. Canvas White, que debia hacer reconocimientos generales, nivelaciones y demas trabajos, para poder elegir lo mejor, encargándole la mayor actividad. En 1823 se formó la compañía del canal de *Sharon*, que se encargó entre otras cosas de abastecer la ciudad de buena y abundante agua; pero nada se hizo. En enero de 1824 dió su informe Mr. White en favor de la traida del agua del Bronx, apreciando la obra en unos 40 millones de reales, habiéndose unido á esta opinion otro ingeniero que fué nombrado para informar. En 1825 se formó la *Compañía de las obras de aguas de Nueva York*, y el mismo White, nombrado ingeniero de la compañía, propuso tomar las aguas del Bronx en otro punto que anteriormente, para reunir un caudal de una mitad mayor, con reduccion en el coste, que sería solo de unos 50 millones de reales. Esta compañía nada adelantó, motivado por la cortedad de las concesiones que obtuvo, y fué disuelta por fin en 1827 por la oposicion que le hizo la del canal de *Sharon*. En 1831 se tomó con mas empeño el negocio, y el *Common Council* nombró una comision de tres individuos, que informó diciendo, que no se debia perder mas tiempo en

escritos y discusiones, sino clavar la piqueta en el terreno, excitando á ello á la corporacion municipal que la nombró, y demostrando que contaba con los medios suficientes. Hasta entón-ces solo se habia pensado en el rio Bronx; pero apareció una carta del presidente de la sociedad *Sharon*, diciendo se habia averiguado ser posible traer á Nueva York el rio Croton, único capaz de dar abastecimiento completo. En 1832 se propuso la formacion de otra comision para el mismo objeto de abasteci-miento de aguas. En este mismo año dos ingenieros dedicaron sus trabajos al exámen de la cuestion de reunir las aguas de los tres rios Bronx, Sawmill y Croton; pero resultó necesitarse cos-tosas máquinas para elevar una parte de las aguas al nivel de las otras, por lo que abandonada esta idea se volvió á la del Bronx; pero reconociendo su insuficiencia, se suponía la construccion de pantanos ó embalses para completar el surtido en el tiempo de las bajas aguas. En el verano de este mismo año los terribles es-tragos del cólera habian dado mayor interes á la cuestion de abastecer la ciudad de aguas puras y saludables, y en diciembre un ingeniero del cuerpo de Ingenieros de los Estados-Unidos dió otro informe demostrando, que despues de bien examinadas todas las circunstancias del rio Bronx, no era este adecuado para un surtido completo, y que para este objeto solamente era propio el rio Croton; proponiendo en consecuencia se conduje-sen sus aguas en un canal abierto, lo cual era posible, porque se hallaba el punto de toma 200 piés mas alto que el nivel del Hud-son. Debía irse por los alveos de los rios Croton y Hudson, y cruzar el Harlem junto á la ciudad en un acueducto de unos 150 piés de alto por cerca de 1.100 de largo: el costo lo graduó en unos 50 millones de reales. Para estas deducciones parece no habia hecho trabajos detallados sobre el terreno, sino atenién-dose á los datos de los trabajos anteriores.

En 1833 se presentó un informe proponiendo se pidiese á la Legislatura la formacion de una comision compuesta de cinco in-dividuos nombrados por el Gobernador y el Senado, la cual con amplias facultades para hacer verificar cuantos trabajos creyese necesarios, revisase todo cuanto se habia hecho anteriormente, mirándolo bajo el punto de vista mas general. Nombrada efecti-vamente esta comision en febrero, fué encargada de presentar su informe el segundo lunes de enero de 1834, debiendo haber presentado ántes una copia al *Common Council*. En consecuen-

cia la comision nombró los ingenieros White, anteriormente citado, y David B. Douglass, del cuerpo de Ingenieros de los Estados-Unidos, para que hiciesen los reconocimientos, nivelaciones, aforos, cálculos y demas trabajos, para asegurarse de la cantidad de agua que podria obtenerse, el costo seguro, y la renta que su adquisicion produciria; fijándoles para estos trabajos el plazo de unos dos años, pues debian presentar el resultado en 1.º de enero de 1836, ó antes si era posible. La comision fué reelegida en 1854, y ocupándose de sus anteriores trabajos decidió ser el rio Croton el único capaz de producir un abastecimiento completo para las presentes y futuras necesidades; y despues de propuestos varios planes por tres ingenieros nombrados por esta comision, entre los que se contaba Douglass, se decidió que las aguas tomadas del Croton serían conducidas por un acueducto revestido y cubierto de bóveda, segun proponian los ingenieros Martineau y Douglass: el costo, tomado en un término medio entre los que presentaron estos dos ingenieros, inclusa la distribucion en la ciudad, debia ser de 108 millones de reales. Este plan fué aprobado por la mayoría de los electores de la ciudad y distrito en abril de 1835, y en 7 de mayo siguiente la comision fué autorizada por el *Common Council* para la ejecucion de la obra. La comision la encomendó al ingeniero Douglass, quien se ocupó hasta octubre de 1836 en el trazado de la línea sobre el terreno, y formacion de los planos y demas trabajos de detall de preparacion para las obras, sucediéndole el ingeniero John Jervis que continuó estos trabajos, y principió las obras en mayo de 1837, y las concluyó en junio de 1842. El dia 22 de este último mes, el acueducto recibió las aguas del embalse del depósito de toma hecho sobre el Croton; el 27 del mismo el agua habiendo recorrido toda la longitud de la conduccion, entraba en el depósito de recepcion en la ciudad de Nueva York; y por fin el 4 de julio recibia el agua el depósito de distribucion.

Esta sucinta relacion de las vicisitudes é indecisiones que ha ofrecido el proyecto de abastecimiento de aguas de Nueva York, se ha creido podria ofrecer algun interes cuando se trata del de Madrid, en donde no deberá por consiguiente extrañarse haya sucedido lo mismo; sirviendo como de consuelo el ver que en un pais que con justicia pasa por uno de los mas adelantados é instruidos del globo, se haya empleado como en Madrid mas de

medio siglo en discusiones, informes, trabajos facultativos, creacion de comisiones, de compañías, variedad de proyectos, hasta fijarse en lo mejor; teniendo por tal el mas extenso abastecimiento y la mayor perfeccion en la obra, mirando al presente y al porvenir, y no parándose para lograr esta especie de perfeccion en el mayor dispendio que se ocasionaba.

*Parte descriptiva y facultativa.* La distancia de la derivacion del Croton á la ciudad es de unas 12 leguas (40 millas inglesas); el terreno es quebrado y desigual, siguiendo en una gran parte el álveo del Hudson, y cruzando los profundos valles que forman los torrentes que vierten en él sus aguas.

De los varios modos de disposicion de la obra que se propusieron, fué adoptado el canal revestido de fábrica y cubierto con bóveda á pesar de su crecido coste. Fué desechado el canal sin revestir, á pesar de su baratura, por el inconveniente de las filtraciones, por el peligro de que se introdujesen tierras y otras materias que ensuciasen el agua, y por poder esta viciarse al recorrer tierras de diferentes clases: porque la evaporacion ocasionaria pérdidas considerables, porque las orillas podrian desmoronarse en estaciones lluviosas con peligro de interceptacion del canal, y consiguiente interrupcion del surtido de la ciudad, á no ser que en los depósitos hubiese cantidad suficiente para el tiempo que durasen las reparaciones; y por fin, porque estas reparaciones no pudiéndose hacer nunca en totalidad por la necesidad de conservar la corriente durante todo el año, se harian con desventaja, y la obra se degradaria de año en año, hasta que su falta llegase á ser una calamidad pública.

Tambien fué desechado el canal revestido de fábrica solamente, porque en muchos casos se introducirian en él las aguas de las lluvias con las tierras que arrastrasen, estaria expuesto á interrumpirse el servicio por esta causa y por los hielos, y perderia mucho por evaporacion; no obstante que podrian evitarse en parte estos perjuicios por medio de zanjas de coronacion y de una cubierta ó techo (*roof*) sobre el canal.

La conduccion por tubos fué tambien descartada por mas costosa y ménos segura y duradera, si no seguia las ondulaciones del terreno, y siguiéndolas, porque disminuiria mucho el producto de agua que diese, respecto á la que podria recibir.

El sistema de acueducto continuo, cerrado con bóveda de mampostería, solo ofrecia el inconveniente del crecido coste: para

disminuirle se propuso el sistema misto de cubrir el canal en los desmontes profundos (para dejar el terreno como estaba ántes de hacerse la obra), y en los pasos de proximidad de pueblos; dejando el canal abierto y con muros en rampa en el resto de la línea; pero esta economía no se creyó ventajosa, y definitivamente se acordó se hiciese *todo el canal embovedado de fábrica.*

*Caudal del rio, embalse en la derivacion, y línea de conduccion.* El rio Croton conduce en las mas bajas aguas del verano 4.724.541 piés cúbicos en 24 horas, que es cerca de 55 piés por segundo ó 31.497 reales de agua. La presa tiene 41  $\frac{1}{2}$  piés sobre el nivel antiguo del rio, y el remanso que produce se extiende cerca de 2 leguas á lo largo del rio, en una superficie de mas de 20 millones de piés cuadrados. Dónde la profundidad era poca ó el declive de las laderas demasiado suave, se hicieron excavaciones para que en ningun punto hubiese ménos de 4  $\frac{1}{2}$  piés de altura de agua. La capacidad de este depósito, sobre la solera del acueducto, se calcula en 105 millones de piés cúbicos, de modo que aunque se supusiese que en alguna estacion el caudal del rio no excediese á la evaporacion en este depósito y los de la ciudad, todavia se tendria un surtido suficiente para un millon de habitantes durante 30 dias, á razon de 3  $\frac{1}{2}$  piés cúbicos, ó mas de 150 cuartillos diarios para cada persona; pero siendo la poblacion actual de solo la tercera parte, habrá este mismo surtido para tres meses, sin contar los depósitos de la ciudad, que proporcionarian igual surtido durante 25 dias.

Los 31.500 reales de agua que próximamente lleva el rio en las mayores escaseces, serian suficientes para un millon de habitantes, sin hacer uso de los depósitos, y aun se podría en lo sucesivo, si fuese necesario, aumentar el caudal del rio en aguas bajas por medio de pantanos superiores, ó introduciendo en él el agua de otras corrientes.

En las demas estaciones el acueducto podrá ir enteramente lleno, y llevará entónces unos 10  $\frac{1}{2}$  millones de piés cúbicos en 24 horas, ó sobre 120 piés por segundo, es decir, como 70.000 reales.

La presa no se hizo mas arriba, para aprovechar varios afluentes de alguna consideracion, y para lograr el embalse mencionado, con mayores dimensiones.

La longitud del acueducto desde la presa hasta el depósito receptor de la ciudad, es de poco mas de 11 leguas; el desnivel

de 51,6 piés en su total, ó de 4,7 piés por legua, ó 0,000235 por pié por término medio, quedando el nivel de este depósito 150 piés mas alto que el del mar en las mareas bajas.

Desde el depósito receptor pasa el agua al de distribución por tubos de hierro en una distancia de unos 11.500 piés, con un desnivel de 4 piés.

*Acueducto.* En general el acueducto se compone de dos muretes con talud interior, que dejan entre sí un hueco de  $7\frac{1}{3}$  piés en el asiento y 8 en la cabeza, sobre estos asienta un cañon seguido de medio punto y 4 piés de radio interior, y la solera es un arco inverso de unos  $8\frac{1}{2}$  piés de radio interior; el alto de clave á clave es de  $9\frac{1}{3}$  piés. El cimiento es en general una toncada de hormigon, sobre la cual no se construia hasta que estaba bien compacto y endurecido, formando una masa parecida á una pudinga; los muretes y enjutas, de mampostería concertada con cal, y el revestimiento interior y bóveda, de ladrillo muy cocido. El grueso del revestimiento de ladrillo es en general de 4 pulgadas, y el de la bóveda de 8 pulgadas.

*En desmonte en tierra.* En los desmontes la formación del acueducto consiste en dos muretes de 3 piés de grueso en el asiento por 2 en la terminación, hechos de piedra labrada en tosco y con mucha mezcla, una capa de estuco de  $\frac{3}{8}$  de pulgada de grueso, hecho de dos partes de arena y una de cal hidráulica que cubre el hormigon del asiento y los muretes; el revestimiento es de ladrillo y la bóveda trasdosada; por fin rellenas parte de las enjutas de mampostería de piedra con cal desde la terminación de los muretes hasta las líneas que van tangentes al trasdos de la bóveda desde las aristas exteriores de la terminación de los muretes. Concluida y asegurada la construcción se rellenaba otra vez la excavación hasta enrasar el terreno natural, y si la fábrica sobresalía de este terreno, se hacía sobre ella una especie de terraplen, con los taludes convenientes para resguardo de la obra.

*En desmonte en piedra.* Al desmontar la piedra para la formación del acueducto, se dejaban adarajas para que se unieran bien á ella los muretes ó mampostería de piedra tosca, que en este caso solo tienen como un pié de grueso. En esta mampostería se dejaron también adarajas para la unión del revestimiento de ladrillo, que se hizo como en el caso anterior, así como igualmente la bóveda y la solera. Las enjutas se macizaban de mam-

postería de piedra, con cal hasta la altura del intrados de la clave. Concluida la obra se rellenaba la excavacion con tierra apisonada.

*Mina en piedra.* La construccion de túnel abierto en piedra se hacia como la anterior, suprimiendo únicamente la bóveda cuando la piedra era firme : cuando la piedra no era resistente, se hacia tambien la bóveda, y se rellenaba el espacio que quedaba entre el trasdos y el terreno, con tierra bien apisonada. En algunos casos la piedra, que era dura al abrir el túnel, se reblandeció luego con el aire, lo que obligó á construir la bóveda despues de concluido el acueducto, lo cual fué bastante dificil.

*Mina en tierra.* La disposicion del revestimiento en la mina ó túnel abierto en tierra era como generalmente se ha empleado en los de los caminos de hierro, compuesto de solo dos arcos : los costados y cielo los forma una sola bóveda continuada de centros, cuyo diámetro menor es de  $8 \frac{1}{2}$  piés, y la solera otro arco inverso, igual á los anteriores. El grueso de este revestimiento, que es de ladrillo, era en todas partes de un pié, incluso el hormigon de la solera que tiene unas 4 pulgadas. La excavacion cuando la tierra era dura se hacia, en el fondo y los costados, de solo lo preciso para construir adosada la fábrica de ladrillo, y en la parte superior lo necesario para poderse construir la bóveda, rellenando despues con tierra bien atacada el espacio que quedaba entre la bóveda superior y el terreno. Cuando la tierra era húmeda y no se sostenia bien, se hacia mas grande la excavacion, entibándola con maderos y tablones hasta la conclusion de la fábrica ; y despues se rellenaban los huecos de al rededor, con tierra bien macizada.

*Terraplenes.* En los valles y terrenos mas bajos que la linea del acueducto, descansa este sobre un muro en seco, hecho de piedras grandes bien trabadas y acuñadas. Este muro se dejaba descansar algunos meses para que hiciese todo su asiento, y se evitasen así luego en lo posible los quebrantos y agrietamientos; desarreglos que se concibe no siempre será suficiente á evitar toda la fuerza de prevision y vigilancia de que es capaz el hombre, si se consideran las transiciones que tiene la linea de acueducto desde el terreno firme de roca, hasta el móvil y comprensible de acarreo de algunos valles. Para dar mas seguridad á la obra se hacia de mayor espesor,  $1 \frac{1}{2}$  piés, la capa de hormigon, haciéndolo de mejor calidad con cal hidráulica. Tambien se au-

mentaba algo el grueso de los muretes y macizo de las enjutas, aumentando la cantidad de cal en los morteros. Para mayor precaucion se enlucia ó estucaba la superficie interior del acueducto. Encima de toda esta obra iba el terraplen de proteccion, con el ancho de base necesario para que pudiese tomar la altura conveniente sobre el trasdos de la bóveda, sobre la que habia siempre 4 á 5 piés de grueso de tierra. Este terraplen solia revestirse con piedra en seco á chapacaña.

*En ladera.* El acueducto va enteramente enterrado en las laderas, y por el lado exterior está protegido por muros de piedra en seco, con profundos y sólidos cimientos; pero á pesar de estas precauciones, el acueducto en este caso tiene ménos solidez que en los otros.

*Páso de aguas.* Para impedir los derrumbes y daños que podrian causar las aguas de lluvia ú otras, llevándose la tierra que cubre el acueducto y socavándole, se cuidó mucho de hacer sólidas zanjas empedradas que diesen paso á las aguas por encima, ó bien alcantarillas que se las proporcionasen por debajo.

*Aliviaderos.* Hay seis en toda la línea á distancias convenientes, y dan salida á las aguas que exceden del nivel marcado. En los mismos puntos se puede por medio de compuertas (*stop plancks*) interceptar enteramente el canal, y desaguarle de modo que todo el trozo inferior ó parte de él se quede en seco y pueda admitir inspeccion ó reparaciones.

*Ventiladores.* En cada milla inglesa hay un cilindro hueco, vertical, de piedra, de unos 15 piés sobre el terreno, y cerrado con una reja de hierro; y de tres en tres millas hay uno con puerta para bajar al acueducto: los primeros tienen 2 piés de diámetro interior y están sobre la clave de la bóveda, y los otros tienen 4 piés de diámetro interior, y están en un costado del acueducto, donde el murete tiene el aumento de grueso correspondiente: estos sirven de entrada al acueducto. Además hay de cuarto en cuarto de milla ó en cada distancia de 1.450 piés, aberturas de 2 piés en cuadro, cubiertas con una losa, y marcadas en el terreno por un sillarejo que sobresale. Estas aberturas sirven para entrar en el acueducto cuando sea menester, ó para aumentar la ventilacion en caso necesario.

*Alcantarillas.* Varía la luz de las alcantarillas desde 1½ hasta 27 piés: las de 1½ piés tienen la canal de forma cuadrada, y la cubierta de tapa es de losas bien labradas y perfectamente uni-

das. Los dos frentes de las alcantarillas se han construido sobre cimientos profundos para evitar las socavaciones. Tienen aletas y botareles para facilitar la entrada y salida de las aguas, y en lo alto dos parapetos que contienen el terraplen que va sobre la bóveda del acueducto en toda la línea. La longitud de la alcantarilla es tal, que este terraplen viene al borde interior del parapeto, y baja despues paralelamente á la inclinacion de las aletas.

*Presa y cámara de compuertas.* En lo alto de la presa y en medio de ella hay una casa de compuertas, que está sobre una alcantarilla abierta al través de la presa á 33 piés bajo la superficie del agua cuando el pantano está lleno : por esta alcantarilla sale el agua sobrante en verano ó en bajas aguas, sin pasar ninguna por encima de la presa.

El agua pasa del pantano á la cámara donde se regulariza la toma, por un túnel de cerca de 300 piés de largo, abierto en la roca sobre que apoya la presa. El centro de este túnel está 15 piés mas bajo que la superficie del depósito, de modo que ninguna materia flotante puede introducirse en él; y cuando en invierno se hiela la superficie, no se interrumpe el curso del agua, al mismo tiempo que en el verano entra mas fresca que si se tomase en la superficie. La cámara tiene dos juegos de puertas, uno de regulacion y otro de seguridad (*regulating gates, and guard gates*). Las primeras, de hierro batido, juegan en marcos del mismo metal empotrados en jambas y dinteles de piedra. Las segundas, de hierro colado, con marcos de lo mismo, y en jambas y dinteles tambien de piedra. Las puertas se maniobran por medio de barras de hierro que tienen rosca por el extremo superior, en la cual obra un piñon de bronce.

El fondo del acueducto al salir de la cámara está 12,4 piés mas bajo que la superficie del depósito, y 169 piés sobre el nivel de las mareas medias en la ciudad.

En el punto de la presa el rio tenia anteriormente 131 piés de ancho, 4 de profundidad media, y 10 de profundidad máxima. La ladera izquierda era de peña, el cauce de grava y la orilla derecha una llanada arenosa de unos 3 piés mas alta que el nivel ordinario del rio, y de unos 87 piés de extension, desde cuya distancia empezaba á elevarse casi á 45 grados una colina arenosa. Esta llanada, así como el cauce del rio, se terraplenó, y en la ladera de peña de la izquierda se construyó un murallon sobre

el cual corriesen las aguas del pantano, cayendo por la roca que fué convenientemente excavada hasta el nivel de la caída. El terraplen tenia una gran base hácia la parte alta del rio, pero hácia abajo se apoyaba en un robusto muro de piedra que formaba el frente. Para la caída de las aguas se dejó un espacio suficiente al paso de las que solian correr en las avenidas, segun las observaciones hechas en los dos años que llevaba la obra; pero habiendo ocurrido extraordinarias lluvias y derretimientos de nieves, el agua rebalsó, rompió los diques y causó una desastrosa inundacion en el pais. Para reparar la brecha se hizo una sólida fábrica de mampostería hidráulica en lugar de la parte destruida. La longitud total de la caída ó línea de la presa es de 275 piés; el cimientto parte es en peña natural y parte en hormigon. El muro de presa tiene 9 piés por la parte superior y 70 de base; está construido verticalmente, con resaltos en la cara de aguas arriba, y en curva cóncava en la de aguas abajo, con objeto de que el agua, al correr á lo largo de ella en su caída, tome direccion inclinada, y trabaje ménos contra el cauce de abajo que se reforzó con estacas, piedra y hormigon. A los 300 piés mas abajo del pié de la presa principal, hay otra presa menor, para que forme remanso al pié de aquella y amortigüe la fuerza destructiva de la caída del agua. Esta segunda presa es de madera enteriza, ramaje y grava. Por la parte de arriba de la presa hay un terraplen que se extiende hasta 500 piés mas allá de la base, por la inclinacion de 1 por 5 hasta la cúspide.

*Obras principales.* Aunque en toda la extension del acueducto se encuentran numerosas obras, hechas todas con la mas exquisita prevision para evitar toda contingencia, presentáremos solo las que son mas principales por su dificultad y magnitud.

Junto á la aldea de Sing-Sing, á  $2\frac{1}{4}$  leguas de la presa, hay dos puentes acueductos, de los que el uno es de 22 piés de luz y oblicuo: el otro es recto, de 96 piés de luz por 56 de alto hasta la clave, el arco es rebajado y de 5 centros, con 5 piés en la clave y 4 en los arranques: en el asiento tiene 25 piés de frente á frente, con un talud de  $\frac{1}{2}$  pulgada por pié. El acueducto sobre este puente, como en todos los demas de su clase, está revestido de planchas de hierro colado de  $\frac{3}{8}$  de pulgada de grueso, reunidas con tornillos y tuercas, y las juntas soldadas con cemento de hierro (*iron cement*). Este revestimiento de hierro está en lo interior de la fábrica de ladrillo, del fondo y costados del

canal, teniendo 4 pulgadas de ladrillo por la parte interior y otras 4 por la exterior. El objeto es evitar penetre el agua al traves de la obra, para que en ningun caso pueda llenar de humedad la fábrica exterior del puente y exponerla á los efectos destructores de los hielos.

Despues de atravesar el acueducto por varias obras de mas ó ménos consideracion, alcantarillas sobre arroyos, puentes sobre rios, caminos comunes, y uno de hierro, murallones extensos y elevados, y 12 túnels ó minas, por los álveos del Hudson, del Saw-Mill y del arroyo Tibbit's, llega por este último al rio Harlem, cuyo valle es de 1.500 piés de ancho, y el fondo del acueducto está 150 piés mas alto que la superficie del rio.

El paso del brazo de mar ó rio Harlem, fué mirado siempre como la obra mas formidable del proyecto. Primero se propuso un puente acueducto de fábrica, siguiendo la misma pendiente del canal; despues un sifon inverso, de tubos de hierro, que bajase hasta cerca del nivel del agua, descansando en un muro, con un puente acueducto en el centro que diese paso al rio: se propuso tambien un acueducto colgado en cables de alambre, sostenido en varios pilares de piedra, y formado por tubos de hierro que conservasen la pendiente ordinaria del canal.

El plan que se adoptó por mas seguro y económico fué un *punte bajo* que sostuviese un sifon inverso de tubos de hierro. El puente se disponia de este modo: junto á la orilla del Sur se habia de hacer un arco de 87 piés de ancho y 54 de alto en la clave, para el paso del rio; á continuacion y en la ladera de la misma orilla del rio, otros tres arcos de 58, 55 y 27 piés de ancho, y en seguida un muro que subiese en declive hasta ganar el nivel del acueducto. Desde el arco grande seguiria hácia la orilla del Norte un murallon de piedra sosteniendo los tubos, y desde el extremo de este empezaria la excavacion en el terreno, para colocar convenientemente los tubos en descenso desde el acueducto hasta el puente. Los tubos debian quedar cubiertos de tierra sostenida por dos muros laterales. Se calculó que *cuatro tubos de 40 pulgadas de diámetro interior* trasportarian un volumen de agua igual al que pasaba por el acueducto de ladrillo con la inclinacion establecida.

Principiada ya la obra bajo estas disposiciones, una ley de la Legislatura del Estado dispuso que á los arcos del acueducto se les diese á lo ménos 87 piés de luz y 110 de altura en la clave