

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

TÚNEL DE LÖTSGHBERG

Longitud: 13.730 m.

Estado de los trabajos en 31 de Marzo de 1907.

GALERÍA DE AVANCE	Lado N.	Lado S.	TOTAL
	Kandersteg.	Goppenstein.	
Longitud en 28 de Febrero de 1907. m.	128	161	289
Idem en 31 de Marzo de 1907..... m.	200	190	390
Idem ejecutada en Marzo..... m.	72	29	101
Número de jornales fuera del túnel....	2.302	1.122	3.424
Idem en el túnel	1.559	842	2.401
Idem en conjunto.....	3.861	1.964	5.825
Media diaria de obreros fuera del túnel.	92	47	139
Idem en el túnel.....	54	35	89
Idem en conjunto.....	146	82	228
Volumen de agua que a' edel túnel l.p.s.	—	1	—

NOTAS

Lado Norte.—La galería de avance ha atravesado el Rodaniano; la dirección de las capas es de 119° con el eje del túnel, y su inclinación de 20° hacia el Sur.

La perforación mecánica provisional comenzó el 7 de Marzo con dos máquinas de precisión Ingersoll, y con ello se siguió durante diez y nueve días, dando un adelanto de 58 m., mientras que á mano se perforaron 41 m. El 21 de Marzo se empleó por primera vez la dinamita.

Lado Sur.—La galería de avance ha atravesado esquistos cristalinos; la dirección de los lechos forma un ángulo de 110° con el eje del túnel, y su inclinación es de 85° hacia el Sur. Se encontraron dos pequeños manantiales en los puntos kilométricos 0,177 y 0,185. El adelanto diario de la galería ha sido sólo de 1,21 m. por las malas condiciones de los caminos de acceso obtenidos por los aludes.

J.

CANAL DE ISABEL II

(CONTINUACIÓN)

OBRAS DE REUNIÓN Y DE CONDUCCIÓN

Presas y canales.

38. La presa del Villar, obra notabilísima, ha sido proyectada por los distinguidos Ingenieros de caminos D. José Morer y D. Elzeario Boix, habiendo estado encargado este último de la construcción inmediata de tan delicados trabajos, para lo cual ha residido durante muchos años en Manjirón, en la casa edificada por el Estado para el servicio de las obras. Siete proyectos han sido rejeitados y aprobados para las mismas, cuyos importes y fechas de aprobación son los siguientes:

PROYECTOS Ingenieros Morer y Boix.	Fecha de aprobación.	PRESUPUESTO
		Importe. Pesetas.
1.º Presa de embalse en el puente de Villar.....	8 Julio 1869....	1.430.893,01
2.º Aparatos para mover las compuertas.....	11 Abril 1872....	25.507,76
3.º Reformado de primer proyecto (adicional al mismo).....	7 Mayo 1873....	279.949,21
4.º Dos túneles de desagüe (de fondo en la ladera derecha, alto en la ladera izquierda).....	16 Agosto 1877.	197.115,05
5.º Reforma de la cornisa y puente sobre el aliviadero (adicional).....	24 Abril 1879....	65.465,82
6.º Túnel intermedio (en la ladera izquierda).....	24 Abril 1879....	87.892,22
7.º Túnel de fondo (en la ladera izquierda).....	3 Enero 1881....	98.193,99
Total.....		2.187.032,06

39. Las obras se han construido por administración, pero la adquisición de la mayor parte de los materiales empleados en ellas se ha hecho por contrata, previa la adjudicación en pública subasta. La época, clase, cantidad y coste de los materiales adquiridos figura en el siguiente cuadro:

Presa del Villar: Materiales adquiridos por contrata.

EPOCA	Clase.	Cantidad.	Coste. Pesetas.
Septiembre 1869 & Mayo 1878.....	Mampostería, metros cúbicos.....	35.315	198.505,76
Noviembre 1869 & Febrero 1872.....	Sillería ídem ídem.....	579	55.222,50
Diciembre 1869 & Febrero 1879.....	Cemento, toneladas..	2.300	28.500
Diciembre 1869 & Noviembre 1877.....	Arena, metros cúbicos.....	12.400	33.906,55
Febrero 1870 & Junio 1878.....	Cal común, toneladas.	3.000	113.494
Julio 1873 & Agosto 1879.....	Sillería y sillarejo, metros cúbicos.....	3.044	300.256,57
Julio 1874.....	Compuertas de los desagües de fondo....	21.961,27	52.907,02
Agosto 1878.....	Compuertas para dos túneles de desagüe..	27.300	
Enero 1880.....	Compuertas para un túnel de desagüe...	3.645,75	
Total.....			1.040.792,40

El importe de las obras ejecutadas por administración ha sido el siguiente:

AÑOS	Importe. Pesetas.	AÑOS	Importe. Pesetas.
		Suma anterior...	457.330,63
1869.....	55.758,48	1876.....	56.607,61
1870.....	63.868,03	1877.....	63.234,38
1871.....	62.173,13	1878.....	77.671,39
1872.....	89.853,87	1879.....	93.322,98
1873.....	68.163,25	1880.....	84.132,46
1874.....	67.213,40	1881.....	86.829,67
1875.....	50.300,42	1882.....	45.839,43
Suma y sigue....	457.330,63	Total.....	965.018,53

Por la expropiación de terrenos se pagó el 20 de Diciembre de 1875 la cantidad de 40.756,94 pesetas, y en Junio de 1877, por rentas atrasadas de los molinos expropiados para la construcción de la presa del Villar, la cantidad de 4.103,20 pesetas, ó sea en junto 44.860,14 pesetas por este concepto.

En resumen, el coste total de la presa del Villar ha sido el siguiente:

	Pesetas.
Expropiación de terrenos (en 1875 y 1877).....	44.860,14
Materiales adquiridos por contrata (1869 & 1880).....	1.040.792,40
Trabajos ejecutados por administración (1869 & 1882).....	965.018,58
	<hr/> 2.050.671,12

40. La presa del Villar desempeña un servicio importantísimo en el abastecimiento de Madrid; sin ella en la Corte de España escasearía el agua durante cuatro meses del año, desde Julio á Octubre, precisamente en la época de mayor consumo. La razón es evidente; Madrid consume por término medio al día en esa estación unos 140.000 metros cúbicos, para lo cual es preciso (teniendo en cuenta un 20 por 100 por pérdidas por evaporación, filtraciones, etc., en un trayecto de 100 kilómetros que recorre el agua desde el Villar hasta el depósito de Madrid) que conduzca el río Lozoya unos 175.000 metros cúbicos cada veinticuatro horas, ó sean unos 2.000 litros por segundo. En 1904 sólo ha conducido el río, por término medio, el caudal siguiente en los mencionados meses:

Río Lozoya.—Año de 1904.

	Julio.....	Agosto.....	Septiembre.....	Octubre.....	Litros por segundo.
Caudal medio en Viñaderos, ó sea en el Villar.....	1.184	255	461	816	
Término medio.....					684

Contándose un mínimo de 176 litros por segundo en seis días de Agosto y en cinco días de Septiembre. Por consiguiente, sólo ha conducido el río Lozoya por término medio en los cuatro meses citados unos 59.000 metros cúbicos de agua al día en el Villar, que se reducen á unos 47.000 en Madrid, y en los días mínimos tan sólo 15 y 12.000 metros cúbicos respectivamente. Era indispensable, por lo tanto, almacenar un volumen considerable del agua sobrante de la primavera y del derretimiento en el mes de Junio de las nieves acumuladas en las elevadas sierras origen del río Lozoya, para abastecer á Madrid durante el prolongado estiaje y casi sequía de esta corriente fluvial. La obra ejecutada ha satisfecho por completo esta importantísima necesidad. Con ella quedan almacenados á la altura de 42,60 metros á que se halla el vertedero ó aliviadero de superficie 21.904.860 metros cúbicos, suficiente para unos ciento diez días, á razón de 200.000 al día; pero en ese tiempo ha conducido el río á razón de 59.000 al día, unos 6.490.000 metros cúbicos, ó sea para treinta y dos días (siempre á razón de 200.000 al día), y en resumen, al cabo (110 + 32) = 142 días aún habrá almacenados tras la presa por lo menos (32 X 59.000) = 1.888.000 metros cúbicos en la época en que el caudal del río excede al del consumo.

41. Después de un detenido y minucioso reconocimiento del cauce del río Lozoya, fué elegido para el emplazamiento de la presa de embalse que se trataba de construir la estrecha y profunda garganta de cerca de medio kilómetro de longitud que existe inmediatamente agua abajo del antiguo puente del Villar. El terreno es una formación de gneis metamórfico de una dureza muy superior á la del granito. Dicho emplazamiento se halla unos 22 kilómetros más río arriba que la presa de Navarejos, cabecera entonces del Canal de Isabel II. El eje de la obra se halla 90 metros agua abajo del eje del mencionado puente del Villar.

(a) Presa.—Su forma en planta es un arco de circunferencia (con la convexidad hacia agua arriba) de 130 metros de radio y 106^m,50 de desarrollo por el eje á la altura del piso de la coronación. Á esta altura, el ancho libre entre pretilos es de 4,35 metros, y cada pretil tiene 1^m,25 de altura por 0^m,65 de grueso. La altura de la coronación de la presa sobre la solera de las galerías de desagüe de la torre central es de 45,55 metros; por debajo de esta solera está el cimientó de la obra, que tiene 6 metros de altura en el paramento de agua arriba y 10 metros en el de agua abajo. El espesor de la presa en la coronación es de 5,65 metros, de 39^m,20 en la solera de las galerías de desagüe y de 46^m,10 en el fondo del cimientó. El paramento de agua arriba es vertical en 25 metros á partir de la coronación; sigue un arco circular tangente á la vertical de 27,80 metros de radio y 17° de amplitud (que equivale á un desarrollo ó longitud de 8,25 metros y una altura vertical de 8,13 metros), y termina siguiendo la tangente de salida de este arco hasta la base del cimientó. El paramento de agua abajo es vertical en un metro á partir de la coronación; sigue un arco circular tangente á la vertical de 22,30 metros de radio y 32°,30 de amplitud (que equivale á un desarrollo de 12^m,65 y una altura vertical de 11,93 metros); continúa otro arco circular tangente al anterior de 107,10 metros de radio y 8° de amplitud (que equivale á un desarrollo de 14,95 metros y una altura vertical de 12 metros), y termina siguiendo la tangente de salida de este segundo arco hasta la base del cimientó.

(b) Aliviadero.—Cuando se llena el embalse corren las aguas del río por el aliviadero de superficie, establecido en un desmon-

te abierto en roca dura en la ladera derecha, á 42,60 metros sobre la solera de las galerías de desagüe de la torre central; con esta altura, la cantidad de agua embalsada es de 21.904.860 metros cúbicos, formándose agua arriba de la presa un lago de más de 10 kilómetros de longitud. Sobre el aliviadero se halla construído un puente de fábrica, compuesto de ocho arcos rebajados al noveno, de 6,30 metros de luz cada uno, y, por consiguiente, con 0,70 de flecha; cada pila tiene 0,70 metros de grueso, 6,50 de largo y 1,50 de altura; la longitud total del puente es de 56 metros y el de ancho entre barandillas de 5,65.

(c) *Desagües*.—Los principales desagües del embalse (además del aliviadero de superficie) son los cinco siguientes, empezando á contar desde la margen derecha hacia la margen izquierda:

1.º Túnel de fondo de la ladera derecha, con la solera á 45,55 metros por debajo de la coronación de la presa. Longitud, 138 metros. Sección, un rectángulo de 2,20 metros de base por 1,40 de altura, coronado por un semicírculo de 2,20 de diámetro; sobre la entrada del túnel se halla la torre de compuertas, cuyo piso de maniobra está á 19,25 metros sobre la solera; las bocas de entrada al túnel son cuatro, de sección rectangular, ante las cuales se hallan las compuertas; las dimensiones de cada boca son de 0,80 metros de ancho por 1,50 de alto.

2.º Torre central, adosada al paramento de agua arriba de la presa, con toda la altura de ésta; su planta en el plano de la coronación de la presa tiene 12,80 metros de longitud y 5,20 de saliente; en su parte inferior se hallan los desagües de fondo, cuyas soleras están á 45,55 metros por debajo de la coronación de la presa; cada una de estas dos galerías de desagüe se compone de las siguientes partes, á contar del paramento de agua arriba: 1.ª, un trozo de 3,50 metros de largo, 3 de ancho y 2 de altura; 2.ª, otro trozo de 1,50 metros de largo, 1,35 de ancho y 0,85 de altura; el ancho se halla dividido en dos partes iguales por un bastidor de fundición, quedando libres dos huecos de 0,60 metros cada uno, ante los cuales se hallan las compuertas correspondientes; 3.ª, otro trozo final de 34,20 metros de largo, 1,60 de ancho y 1,70 de altura en el origen y 2,70 al final.

3.º Túnel de fondo en la ladera izquierda, con la solera á 45,55 metros por debajo de la coronación de la presa. Longitud, 140,50 metros. Sección, un rectángulo de 2,20 metros de base por 1,40 de altura, coronado por un semicírculo de 2,20 de diámetro; sobre la entrada del túnel se halla la torre de compuertas, cuyo piso de maniobras está á 12,50 metros sobre la solera; las bocas de entrada al túnel son cuatro, de sección rectangular, ante las cuales se hallan las compuertas; las dimensiones de cada boca son de 0,80 metros de ancho por 1,50 de alto.

4.º Túnel intermedio en la ladera izquierda, con la solera á 15,55 metros sobre las soleras de los dos túneles de fondo y de los desagües de la torre central. Longitud, 102,40 metros. Sección, un rectángulo de 2,20 metros de base por 1,40 de altura, coronado por un semicírculo de 2,20 de diámetro; sobre la entrada del túnel se halla la entrada de compuertas, cuyo piso de maniobras está á 14,35 metros sobre la solera, y, por consiguiente, á 30,40 sobre la solera de los túneles y desagües de fondo; las bocas de entrada del túnel sólo son dos, de sección rectangular, ante las cuales se hallan las compuertas; las dimensiones de cada boca son de 0,80 metros de ancho por 1,50 de alto.

5.º Túnel superior en la ladera izquierda, con la solera á 28,55 metros sobre las soleras de los dos túneles de fondo y de los desagües de la torre central. Longitud, 94 metros. Sección, un rectángulo de 2,20 metros de base por 1,40 de altura, coronado por un semicírculo de 2,20 de diámetro; sobre la entrada del túnel se halla la torre de compuertas, cuyo piso de maniobras está á 17 metros sobre la solera, y, por consiguiente, á 45,55 sobre las soleras de los túneles y desagües de fondo, ó sea á la altura de la coronación de la presa; las bocas de entrada del túnel son cuatro, de sección rectangular, ante las cuales se hallan las compuertas; las dimensiones de cada boca son de 0,80 metros de ancho por 1,50 de alto.

(d) *Tubos de desagüe*.—Empotrados en el macizo de la presa y atravesándola en todo su espesor en la margen derecha se hallan tres series de dos tubos cada una, ó sean seis tubos de 0^m,30 de diámetro interior, cuyos centros tienen las siguientes alturas sobre las soleras de los dos túneles de fondo y de los desagües de la torre central:

Primera serie.—Tubos inferiores... { 1.º Su centro á 24^m,45.
2.º Idem id. á 25^m,00.

Segunda serie.—Tubos intermedios. { 3.º Idem id. á 30^m,05.
4.º Idem id. á 30^m,60.

Tercera serie.—Tubos superiores... { 5.º Idem id. á 35^m,65.
6.º Idem id. á 36^m,20.

IMPORTANCIA DE LA HIDRÁULICA APLICADA

POR

D. HERMENEGILDO GORRIA

La hidráulica del antiguo empirismo es hoy una ciencia cuyo adelanto es tal, que si en el orden rigurosamente científico falta aún campo que recorrer, tiene suficiente extensión para solventar, hasta donde es preciso en la práctica, todos los problemas usuales y que interesan por sus aplicaciones. Y este gran camino recorrido en corto tiempo, relativamente á otras ciencias, es debido al análisis matemático, que especialmente ha sido y es la base para la investigación de fórmulas y soluciones teóricas exactas, en las condiciones físicas que les sirven de base, y que por eso tienen el carácter de generalidad, aplicándoles con acierto los resultados que demuestran sabias experiencias y prolijos trabajos de tantas notabilidades ilustres como se han dedicado á esta ciencia.

Las fórmulas empíricas no basadas en las teorías analíticas no merecen más confianza que en los mismos casos ó condiciones especiales en que se dedujeron; al contrario las teóricas y en las que se han aplicado los resultados de verdaderas experiencias, éstas tienen una gran generalidad y aplicación exacta. Es necesario, pues, en los procedimientos de la hidráulica aplicada, la unión de la teoría y la experiencia, ó sean los estudios de la investigación teórica y los trabajos de la experimentación, para poder obtener los medios de resolver prácticamente y con la exactitud precisa los problemas de la hidráulica en sus múltiples aplicaciones; es preciso el concurso del análisis matemático, la física y la experimentación científica, y ésta discretamente dispuesta para que sus resultados puedan dar lugar á justas interpretaciones y que no se les dé más generalidad que la que pueda alcanzar la extensión de aquellas experiencias.

La Hidráulica, como todas las ciencias físicas, ha pasado por periodos en que los conceptos, las bases para su estudio han sido muy diferentes; en un principio, el empirismo y algunas reglas prácticas resolvían los problemas constructivos que con la hidráulica se relacionaban; el estudio de la Física hizo entrar á esa ciencia en nuevos derroteros de observación y experiencia, sin que por eso adelantase lo que otras más desconocidas y lejos de las que tienen como la hidráulica usos tan inmediatos. La aplicación de las matemáticas hizo que en corto plazo de tiempo avanzase por camino cierto, desarrollando con el análisis las teorías físicas que servían de base á esa parte de la Mecánica. Sin embargo, esto no era suficiente en las aplicaciones; faltaba el último esfuerzo, que era el de la experimentación