

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

APROVECHAMIENTOS PERTENECIENTES

Á LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE CATALUÑA (1)

Canal de conducción.

El canal conductor mide 4,70 metros de ancho y 16 metros de pérdida de carga; llevará las aguas del sistema hidrológico descrito desde el confín del lago Estangento, sito á la cota 2.021

al inferior ó de Estangento, el contingente del riachuelo llamado Coma de Espós, digno de ser utilizado, como lo será mediante un tubo de cemento armado dispuesto bajo el camino de servicio y cuyo desagüe se hallará 9 metros por encima del zampeado del canal.

Depósito de alimentación.

El emisario conductor del agua de las distintas procedencias aporta el caudal á una cámara de agua, cuyo recipiente mide 8.000 metros cúbicos de capacidad; estará ahuecado en la roca

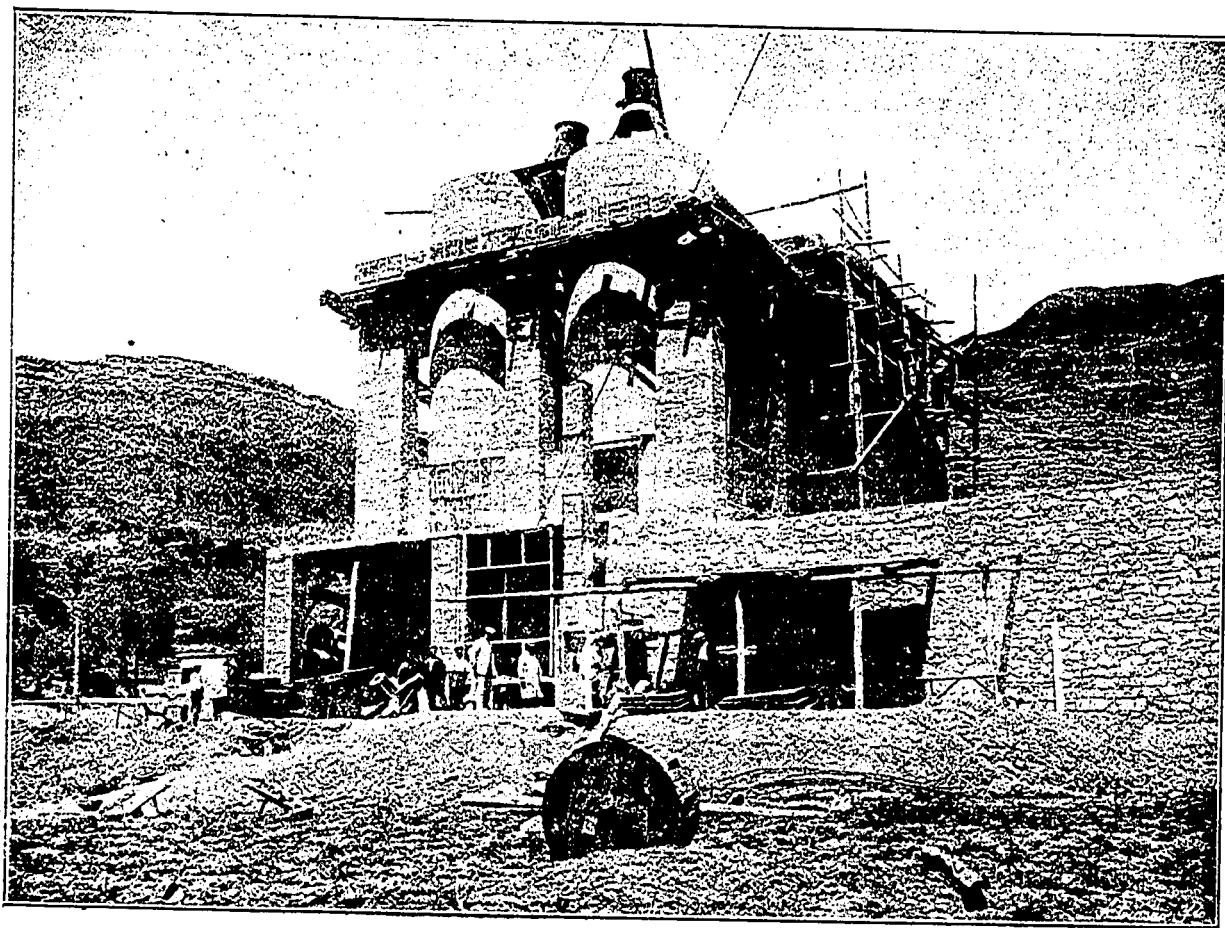


Fig. 1.ª

metros, al comienzo de la tubería de bajada, el cual se halla á la altura de 2.005 metros.

Además de las aguas purísimas, de derretimiento de hielos y nieve que en su mayoría formará el caudal de los lagos, afluirá

y se utilizará para la arrancada ó demarraje de las unidades que sucesivamente deban ser puestas en marcha, hasta que se establezca en el desagüe la normalidad de su régimen; además, á fin de poder limpiar el depósito de alimentación sin afectar á la permanencia del gasto del canal procedente de los lagos de referencia, las aguas del riachuelo Coma de Espós pasan á la cámara de

(1): Véase el número 1.964.

alimentación y de ella al canal mediante un vertedero, y con ello al mismo tiempo se impide que el descenso del nivel de la cámara de alimentación por bajo el vertedero altere la carga en el canal; es una disposición muy ingeniosa dibujada en la figura para proteger el depósito de alimentación de los efectos de las heladas; sus paredes se forman de hormigón revestido con enlucido impermeable y éste á su vez va recubierto por una solera de cemento armado, protegida con una capa de tierra de un metro de espesor. La limpia del depósito se practica mediante un vertedero y una compuerta de descarga. Al extremo de las cámaras de alimentación parten cuatro tuberías forzadas, mediante una disposición con compuerta automática sumamente interesante.

Conducciones forzadas.

Serán en número de cuatro las conducciones forzadas, mediante las que se obligará el agua á pasar por los mecanismos que recibirán la elevada presión de 85 kilogramos por centímetro cuadrado, correspondiente á la enorme diferencia de altitud de ambos extremos de la tubería que es de 836,90 metros, la cual exige el anclaje especial de la tubería mediante un bloque colosal de hormigón ondulado para resistir el empuje de todas las canalizaciones. La tubería mide en realidad 2.060,64 metros y en proyección 1.870 de longitud, y desciende desde la cota 2.005,90 metros á la de 1.169; la pendiente oscila entre las cifras de 17,1 por 100, que es la menor á la máxima, ó sea la de 82,50 por 100. La tubería lo mismo va en desmonte ó en terreno natural que en el resto de la misma se apoya en macizos de fábrica, que en sentido de la máxima pendiente miden un metro de ancho en la coronación y tienen asatzados al quinto sus paramentos; en sentido transversal estos zócalos ó pilas miden 5 metros de ancho, siendo de 0,60 metros el espacimientto entre los tubos de 0,80 centímetros de diámetro.

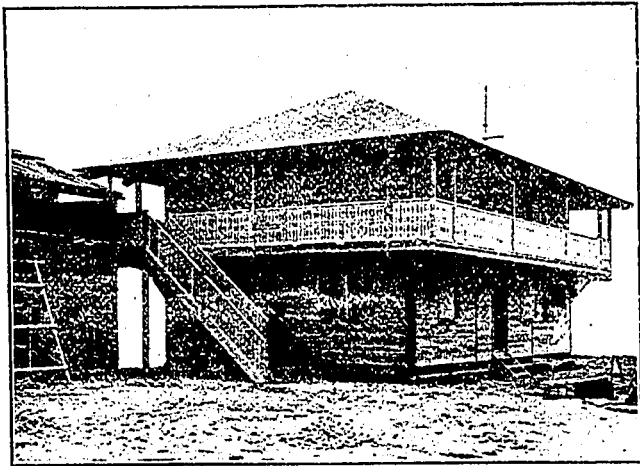


Fig. 2.^a

El espesor del palastro de los tubos se ha calculado empleando la siguiente fórmula:

$$e = \frac{D \times p}{2 K}$$

- en la cual representan:
- e el espesor del palastro.
 - D el diámetro interior de la tubería.
 - p es la presión estática expresada en metros.
 - K expresa la tensión de tracción del material en kilogramo por centímetro cuadrado, la cual es de 800 kilogramos por centímetro cuadrado para tubos soldados.

De dicha fórmula se obtiene también la presión que puede resistir un palastro de grueso y calidad conocidos.

El resultado de los cálculos aplicados al caso presente nos revela que, siendo el diámetro de cada uno de los tubos en la parte alta de 800 milímetros, el espesor correspondiente es de 7 milímetros; en tanto que abajo el diámetro se reduce á 650 centímetros y el espesor del palastro de acero soldado se aproximará á 40 milímetros.

La pérdida de carga debida al rozamiento en la conducción se ha calculado en dos condiciones, ó sea en el caso del gasto normal y en el supuesto del máximo caudal.

HIPÓTESIS DE GASTO NORMAL		Litros por un segundo.
Para tres turbinas generatrices, consumiendo cada una 750 litros por segundo y en total.....		2.250
Para una turbina excitatriz.....		54
TOTAL		2.304

CASO DEL GASTO MÁXIMO		
Para tres turbinas generatrices, consumiendo cada una 920 litros por segundo.....		2.760
Para una turbina excitatriz.....		54
TOTAL.....		2.814

Y en ambos supuestos corresponde una mitad á cada tubo. Conocida la velocidad del agua se aplica la siguiente fórmula, que da la pérdida de carga $\frac{C}{L}$ para cada una de las zonas:

$$C = \frac{0,02 \times V^2}{2 G \cdot D}$$

- en la cual
- V es la velocidad del agua en metros por segundo.
 - L la longitud de la zona examinada.
 - D el diámetro; y
 - G = 9,81 la aceleración de la gravedad.
- Aplicando en la fórmula los datos del presente caso se obtienen los resultados siguientes:

ZONA	Diámetro interior.	Longitud de la zona. — Metros.	Con gasto medio.		Con gasto máximo.	
			Velocidad. — Metros.	Pérdida de carga. — Metros.	Velocidad. — Metros.	Pérdida de carga. — Metros.
1	800	586,90	2,30	3,95	2,80	5,87
2	750	463,54	2,62	4,31	3,19	6,30
3	700	629,20	3,01	8,30	3,67	12,30
4	670	133,70	3,28	2,18	4,00	3,26
5	630	116,30	3,70	2,58	4,52	3,84
6	600	131,00	4,10	3,72	4,98	5,53
TOTALS.....		2.060,64		25,04		37,10

De lo expuesto se desprende que la pérdida de carga por la tubería es al 3 por 100 de la fuerza bruta cuando se trata de un gasto medio, y sube á 4.42 por 100 al referirnos al caso del gasto máximo.

En los pliegos de condiciones para el suministro de los tubos se impondrán, entre otras, la de que cada uno de ellos se ensa-

yará á una presión mitad mayor de la correspondiente á su servicio; igualmente se prescribe la construcción de numerosas amarras de sondaje, para impedir el corrimiento de la tubería, y se establecen entre cada uno de éstos juntas de dilatación.

Para facilitar la práctica de tales operaciones se dispondrá un funicular que se utilizará, primero para la instalación de las canalizaciones, y luego para procurar la conservación de las mismas.

El transporte de los materiales destinados á llevar á la práctica los canales de conducción, así como para las obras de los lagos, se verificará por medio de un cable aéreo que será desmontado á la terminación de las obras de las instalaciones antes reseñadas, para cuya práctica se ha construido una pequeña estación hidroeléctrica provisional de 200 caballos de fuerza, á fin de tener la bastante para el funcionamiento del funicular, del cable aéreo, del alumbrado, de las perforatrices y de las distintas máquinas útiles.

las turbinas adoptadas son del tipo Pelton, el más apropiado para el caso por ser muy grande la altura de caída.

Su regularización se obtiene por movimiento de los álabes, accionados por servomotores de aceite á presión, gobernados por el regulador. La corriente trifásica es generada por los alternadores directamente acoplados á las turbinas á la tensión de 11.000 voltios. Pasando al examen de los detalles consignaremos que el cuadro de distribución de la central del Flamisell permite las diversas combinaciones convenientes y dirige la corriente á los cables, llevándola á una torre de transformación aislada de la central generatriz y semejante á las torres de transformación de la línea.

Al propio tiempo se dispondrán servicios completos de redes telefónicas, funiculares para subida de materiales y algunos accesorios que describiremos para dar idea de la organización especial de los servicios.

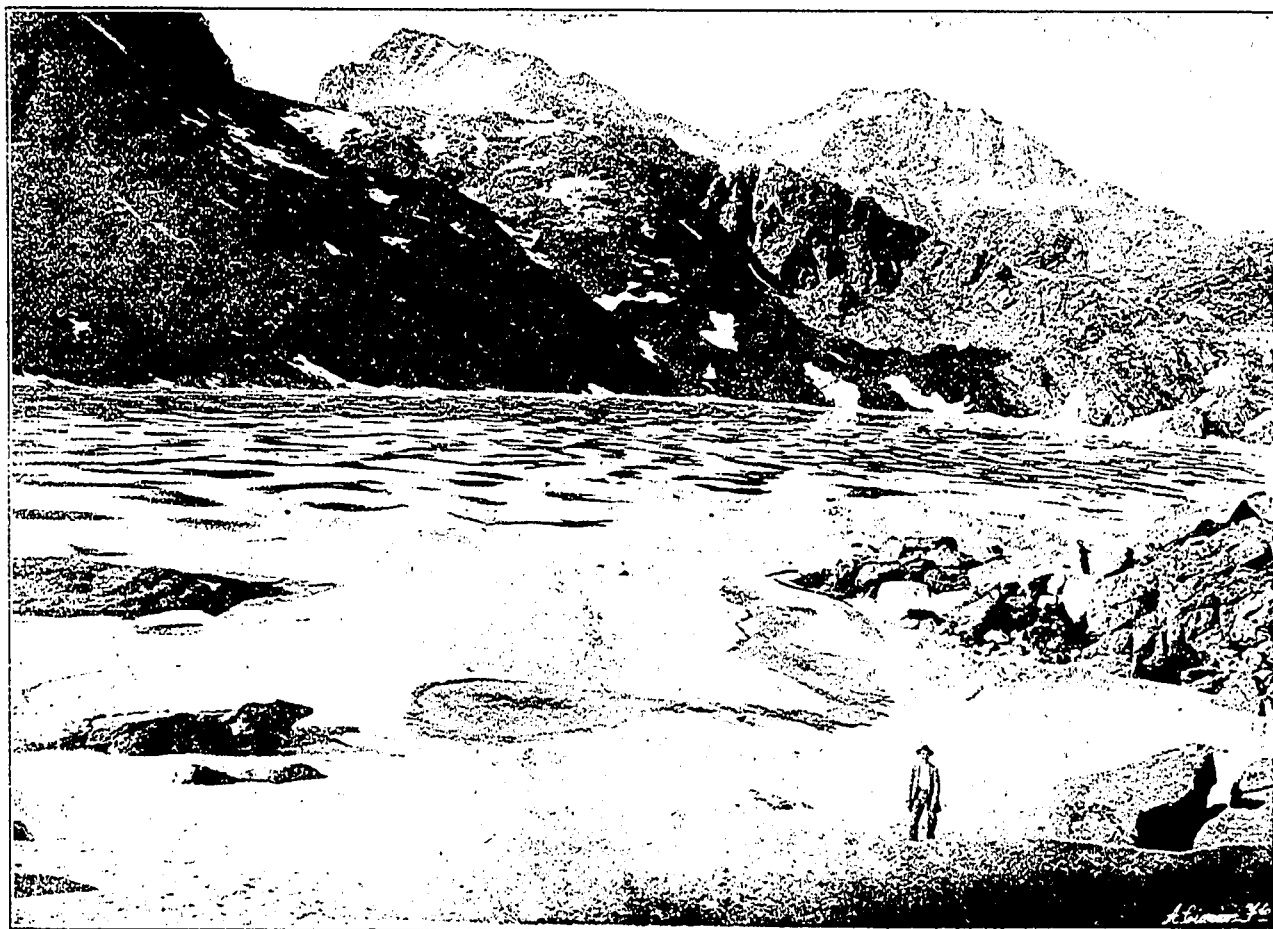


Fig. 3.ª--Lago Mar, de 33 hectáreas, á 2.325 metros de altura y de más de 6 millones de metros cúbicos. Es uno de los cinco lagos del Este (de los 24 lagos pirenaicos) que verterán sus aguas en el lago Colomina. (Véase el número 1.964 de esta REVISTA.)

Las tuberías de conducción de aguas cruzan por encima del río Flamisell, mediante un puente de cemento armado, formado por viguetas embebidas en el cemento portland; en la ladera derecha del Flamisell se dispone un pequeño edificio para maniobras de las compuertas; después se unen dos á dos las cuatro tuberías y de cada una de las dos tuberías de enlace parten las derivaciones alimentadoras de las diversas generatrices.

Central hidroeléctrica.

La casa de máquinas estará formada por dos grupos para la excitación por ocho unidades de 6.600 HP. con una potencia total de 52.000 HP., dada la enorme altura de carga disponible;

Viviendas de empleados y agentes.

Es siempre problema importante el de procurar la habitabilidad de los locales que han de ocupar las personas que deban cuidar del funcionamiento de un servicio que requiere un esmero y regularidad extraordinarios.

Entre las construcciones adicionales interesantes para el complemento del proyecto, debemos mencionar la fábrica de cemento portland, la cual tiene por objeto fabricar *in situ* ese material que ha de emplearse en grandes cantidades en la obra.

Con objeto de que pueda el lector formarse una idea de la importancia de esa construcción, presentamos una fotografía de la misma, la cual acusa el estado de la obra en Septiembre últi-

mo, viendose con bastante claridad las partes principales de la fábrica de referencia (fig. 1.^a).

Las viviendas y la misma central del salto pequeño auxiliar, son, en casi su totalidad, de madera, habiéndose dispuesto de este material con objeto de que fuera fácil su montaje, teniendo ese elemento constructivo la ventaja de ser un aislador muy conveniente, dado lo reducido de las temperaturas que en aquellas se experimentan: las paredes son de doble tabique, con capa de aire de aislamiento; los suelos están elevados sobre el terreno, á fin de protegerlos del frío y humedad, y los techos tienen fuertes voladizos para impedir que la lluvia y nieve lleguen á las paredes del local. La fotografía que presentamos es la de la dependencia, llamada de los Ingenieros por estar destinada á los mismos, la cual consta de dos altos, teniendo en la planta superior una amplia galería de comunicación (fig. 2.^a).

Líneas de alta tensión.

De la generatriz de Capdella partirá una línea de transporte á la tensión de 80.000 voltios, siendo la cantidad de energía á transmitir, de-de luego, de 20.000 kilovatios. Aquel transporte se verificará mediante dos líneas de tres conductores de cobre, de 10 milímetros de diámetro cada uno de ellos.

Los citados conductores serán soportados por pilones ó apoyos de acero de 19 metros de altura, colocados á una distancia media de 170 metros, y calculados convenientemente con arreglo á las prescripciones reglamentarias en España, no sólo para los esfuerzos de tracción que deban soportar, sino los relativos á las acciones del peso de la nieve, vientos tempestuosos, etc.; además se ha establecido en cada kilómetro un apoyo de anclaje mucho más resistente y empotrado en fuertes macizos de mampostería enterrados casi totalmente, para no perjudicar á las propiedades en que se instalaren.

Para el debido aislamiento de la línea se emplearán aisladores suspendidos, de múltiple campana, de cinco elementos en general y seis en casos excepcionales.

Torres de transformación.

La corriente trifásica, de 80.000 voltios de tensión, será recibida en las torres de transformación, y sale de ellas á 11.000 voltios, lo cual se verificará gracias al empleo de seccionadores, con contactos bajo aceite y los correspondientes pararrayos relacionados con tierra mediante resistencias de baño de aceite.

De las barras ómnibus parten derivaciones que van á los transformadores destinados á bajar la tensión á 11.000 voltios, mediante los seccionadores, interruptores automáticos y bobinas Self.

Dispónense limitadores de tensión en el punto neutro de los transformadores trifásicos, adaptados á la elevada tensión que deben soportar; los enrollamientos todos se hallan bañados en aceite especial, que gracias á una bomba se halla siempre en movimiento; en una parte del cual atraviesa un serpentín donde se le enfria gracias á una corriente de agua á baja temperatura.

Para el servicio propio de la torre de transformación se ha instalado un transformador especial que produce la corriente para el alumbrado de la misma y para accionar los motores de las bombas, así como un convertidor dispuesto para la carga de una batería de acumuladores y cuya corriente se utilizará para accionar á distancia los diversos interruptores, asegurando al mismo tiempo un alumbrado supletorio.

Con objeto de evitar cortocircuitos de consecuencias deplorables, los diversos aparatos mencionados se han aislado entre sí

mediante células de cemento, en el modo y forma prescritos en las centrales en que se adoptan las máximas garantías de seguridad.

Las obras de carácter hidráulico y de construcción general las ha realizado como contratista la Sociedad colectiva fundada por la casa Locher y Compañía, de Zurich, denominada «Trabajos hidráulicos de los altos Pirineos», en tanto que son debidos á la casa Siemens Schuckert, Industria eléctrica, los transformadores y las torres de transformación.

Queda por describir una parte importante de la instalación, ó sea la totalidad de los trabajos comprendidos en provincia de Barcelona, tanto para la conducción como para transformación de la distribución de la corriente eléctrica, de la cual no podemos ocuparnos por vedárnoslo razones de delicadeza, á causa de habernos sido confiado un cargo oficial en la citada provincia después de iniciado este trabajo.

P. GARCÍA FARIA.

CANAL DE ISABEL II

PRIMERA PARTE

En nuestra época de turismo y de *sport* no es difícil el tropezar con madrileños que han visitado los *fjords* de Noruega, los lagos suizos é italianos, la Costa Azul ó los embalses del Nilo, siendo, sin embargo, mucho más escaso el número de aquellos que han explorado el curso del Canal de Isabel II, que con 76 kilómetros de recorrido trae á Madrid el agua de sus viviendas y de sus calles.

Nuestra especialísima idiosincrasia nacional hace el que, obra de tanta magnitud, de tanta utilidad, con la que estamos en diario é ineludible contacto, sea completamente desconocida para la inmensa generalidad de los madrileños, que la ignoran en su historia, en su forma, en su funcionamiento y en la organización de los servicios que de ella se derivan.

Este canal, tan desconocido como calumniado, no ha sido aún revelado á nuestros conciudadanos, y ni siquiera la popular industria de las tarjetas postales ilustradas se ha apoderado de sus obras monumentales para vulgarizar su conocimiento entre propios y extraños.

A ello es debido el que el pueblo de Madrid, que se siente orgulloso de su Parque del Retiro, de sus paseos de Recoletos y Castellana, que considera muy suyos, no extienda su cariño al Canal de Isabel II, cuyos servicios, sin embargo, les son tan necesarios, porque ignora su existencia é ignora, sobre todo, el que para su exclusivo servicio se han realizado y se están realizando tan importantes obras.

Sólo así se explica el que tengan acogida comunicados en los que se acusa á la Administración del Canal de convertir en codiciosa y avara explotación industrial el servicio de abastecimiento de aguas.

Deploramos sinceramente el carecer de condiciones para poder divulgar entre el pueblo de Madrid el conocimiento exacto de los servicios de abastecimiento de agua y de llevar á todos los ámbitos de nuestra capital el convencimiento de que el Canal de Isabel II no es una Empresa industrial sedienta de beneficios y cuyos dividendos tengan que buscarse en los bolsillos de nuestros convecinos, sino una Administración desinteresada que, en nombre del pueblo de Madrid, por cuenta del pueblo de Madrid y en