

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.

La presa-embalse de Eléphant Butte

(NUEVO MÉJICO, ESTADOS UNIDOS)

A causa de la aridez de la parte occidental de los Estados Unidos sólo está cultivada una pequeña parte de su territorio. Hasta hace poco tiempo la superficie regada no excedía de 4 millones de hectáreas de los 400 millones de hectáreas que representa la superficie total de la región occidental.

El papel de la Réclamation Service, encargada de las mejoras agrícolas, consiste principalmente en aumentar la superficie cultivable extendiendo la red de los riegos. Para esto construye, en las regiones propicias, presas-embalses tales como la presa Roosevelt, de 84 metros de altura máxima, que forma un embalse de 6.200 hectáreas de superficie, de una capacidad de 1.560 millones de metros cúbicos; la presa del Shoshone, de 95 metros de altura máxima, cuyo embalse tiene una superficie de 2.700 hectáreas y una capacidad de 570 millones de metros cúbicos; la presa de Pathfinder, de 60 metros de altura máxima, que forma un embalse de 9.700 hectáreas de superficie y una capacidad de 1.215 millones de metros cúbicos.

Vamos ahora á describir la presa-embalse de Eléphant Butte á de Engle, que acaba de terminarse, para lo cual resumiremos un extenso artículo publicado por el Ingeniero M. P. Caffas en *Le Génie Civil*.

La presa está situada sobre el Río Grande do Norte, á unos 20 kilómetros de la ciudad de Engle (Nuevo Méjico), en un punto en que el río corre por un valle estrechamente encajonado y cerca de un pico rocoso: el Eléphant Butte, del que ha tomado el nombre. El estudio de esta obra se emprendió en 1908, pero las obras no se empezaron hasta 1911, habiéndose terminado el pasado verano é inaugurado oficialmente el 14 de Octubre último.

La presa tiene una altura máxima de 80,50 metros sobre sus fundaciones y una longitud total de 366 metros, sin comprender el vertedero; su mayor espesor en la base llega á 71,65 metros, siendo en la coronación de 5,48. Su trazado es rectilíneo. En la base hay un muro contra las socavaciones que prolonga unos 4,50 metros el paramento de agua arriba.

La sección de la presa es sensiblemente triangular. El paramento de agua arriba es casi vertical, siendo el talud de 1 de base por 16 de altura; el de agua abajo es oblicuo, la parte inferior está inclinada en la relación de 1 de base por 1 de altura, por debajo del lecho del río; en la parte media, por encima del cauce, la inclinación es de 1 de base por 1,5 de altura, y, en fin,

la parte superior es sensiblemente recta, de manera de obtener en la coronación una anchura suficiente para el paso de un camino de 4,80 metros de anchura entre parapetos.

La obra se ha construido con hormigón macizo, al cual se han incorporado piedras gruesas, según el método habitualmente usado en América.

La presa propiamente dicha se continúa por un vertedero de superficie de 90 metros de longitud, próximamente, tallado en el terreno de la colina y sobre el cual sigue el camino por un puente de hormigón de cinco arcos.

Las cañerías para los riegos, que llevan el agua almacenada hasta las regiones que se trata de regar, están establecidas á dos niveles: á 25 metros y á 44 metros por debajo de la coronación de la presa. Debajo de éstas se encuentran las cañerías que abastecen á una fábrica hidroeléctrica colocada inmediatamente agua abajo de la presa; en fin, ligeramente por debajo del nivel primitivo del río, ó sea cerca de 60 metros por debajo de la coronación, se encuentran unas cañerías de descarga (fig. 4.ª).

A intervalos de 30 metros, próximamente, se han dispuesto en la obra unas juntas de dilatación.

El volumen total de la mampostería de la obra llega á 466.000 metros cúbicos, y su peso se calcula en un millón de toneladas. La construcción ha costado, próximamente, 5 millones de dólares.

El embalse formado por la presa se extiende en una longitud de más de 70 kilómetros, en el valle del Río Grande; su perímetro es de más de 320 kilómetros y su superficie de unas 17.000 hectáreas; la profundidad media es de 20 metros, próximamente, y la máxima de 60. El volumen de agua almacenado llega á 3.250 millones de metros cúbicos.

Los distritos beneficiados por esta abundante reserva de agua son principalmente: el valle de Las Palomas, á 10 kilómetros, próximamente, de la presa; el del Rincón, á 38 kilómetros; el de Mesilla, en su parte superior y en su parte inferior, hasta 130 kilómetros de la presa; en fin, una región importante del valle de El Paso, en la orilla mejicana del Río Grande.

Todas estas regiones son de una altitud media de 1.130 metros, siendo el clima relativamente dulce y la temperatura poco variable.

Una de las dificultades encontradas en la construcción de la presa ha sido el transporte á pie de obra de los materiales y de los víveres necesarios para los trabajadores. El lugar de la obra estaba, en efecto, desierto, encontrándose á 21 kilómetros, próximamente, del ferrocarril más próximo: el de Atchison, Topeka y Santa Fe. Fué, por tanto, necesario establecer una vía de en-

lace con este ferrocarril; la pendiente de esta vía llega en algunos puntos á 3,7 por 1.000. La mayor parte fué construida por la Réclamation Service, pues la Compañía del ferrocarril no construyó más que la cuarta parte y en la parte más fácil; en la sección hecha por la Réclamation Service se encuentran, en efecto, dos puentes que tienen, respectivamente, 135 y 110 metros de longitud y 24 y 18 metros de altura sobre el fondo de los barrancos que atraviesa. El material empleado en esta línea se compone de cuatro locomotoras de vapor, sistema Davenport, de 16 toneladas cada una, y de unos sesenta vagones. A pesar de los gastos que ha ocasionado la construcción de esta línea, se ha calculado que ha producido una economía de cerca de 700.000 pesetas en los gastos de transporte de los materiales y de los víveres.

Para alojar á los empleados y trabajadores, así como á sus familias, ó sea un total de 3.000 personas, se han creado dos pueblos: uno arriba, destinado á los Ingenieros y empleados, y que contiene también las oficinas, y uno abajo, destinado á los trabajadores y contra maestres.

El pueblo de arriba, situado sobre la colina que domina la

Gracias á estas diferentes medidas, el estado sanitario ha sido inmejorable.

Derivación del río y fundaciones.—El caudal del río Grande es muy variable; algunas veces llega á 1.000 metros cúbicos por segundo; las mayores crecidas se verifican en Mayo y Junio y en el estiaje, de Julio á Septiembre, el cauce del río se queda seco.

Para establecer en seco las fundaciones de la presa, se establecieron, agua arriba y agua abajo del emplazamiento de la obra, dos fuertes ataguías, que constituían presas auxiliares. Un canal de derivación ponía en comunicación el agua arriba de la primera ataguía con el agua abajo de la segunda (fig. 1.^a).

Este canal se excavó en parte en la ladera del valle y en parte se constituyó con una estructura de hormigón formada por un zampeado y por dos paredes; esta estructura formó parte en seguida de la presa en la parte en que ésta la atraviesa (figuras 1.^a y 3.^a).

Se construyeron principalmente las ataguías con los materiales excavados para establecer las fundaciones ó para abrir el canal de derivación.

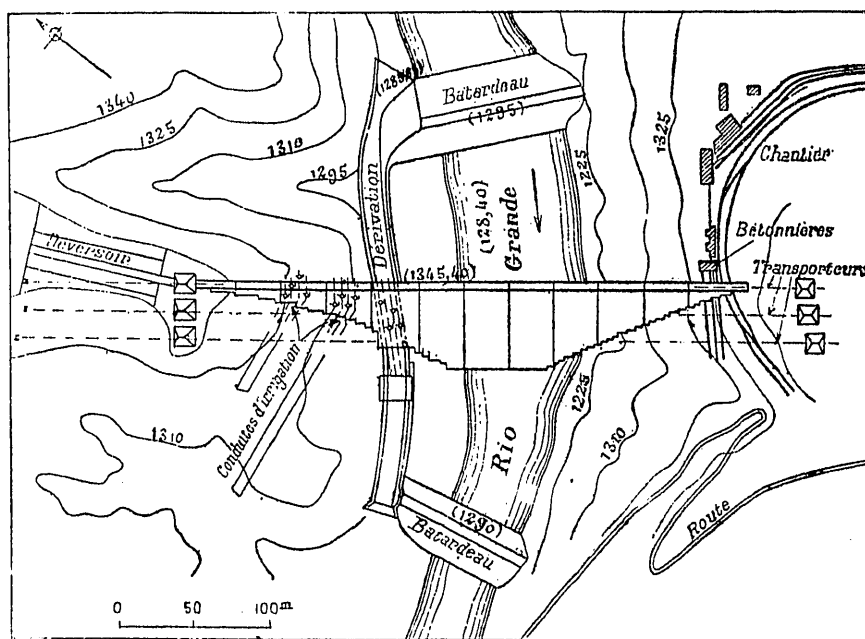


Fig. 1.^a

orilla izquierda del río, comprende unas oficinas centrales de 10 × 33 metros, un gran edificio de dos pisos, de 10 × 53 metros, donde pueden alojarse 50 empleados, y 14 casas destinadas cada una á una familia. Todas estas casas están provistas de salas de baños, luz eléctrica y alcantarillado.

En el pueblo de abajo se encuentra un gran edificio que sirve de fonda y para reuniones, y hay, además, iglesias, escuelas y numerosas casitas para los trabajadores. Un economato, administrado por la Réclamation Service, provee á los trabajadores de todo lo que necesitan. Un servicio sanitario muy severo vigila el estado sanitario del pueblo, verifica la calidad de los víveres, el estado de la distribución del agua potable y de la red de las alcantarillas, etc. También se ha construido un hospital en un punto tan sano como fué posible y aislado de las otras construcciones. Se han tomado toda clase de precauciones para evitar la propagación de las epidemias y se han tomado medidas especiales para evitar la multiplicación de las moscas. Las bebidas alcohólicas están prohibidas.

En fin, se han preparado medios de distracción para el personal: juegos y *sports* de diversas clases, conciertos, representaciones cinematográficas, etc.

El lecho del río está formado, principalmente, por arena y arenisca agrietada; á una profundidad que varía de 10 á 20 metros por debajo de la superficie, se encuentra una capa resistente de arenisca compacta, descubierta por los sondeos, y sobre la cual se decidió construir la presa.

Tan pronto como se realizó la derivación del río por el cierre de las dos ataguías, se comenzó la excavación de las fundaciones. Para esto se emplearon unas cubetas excavadoras maniobradas por medio de tres transportadores funiculares Lidgerwood, establecidos paralelamente á través del río. Estas cubetas tenían cada una una capacidad de 2,300 metros cúbicos; se maniobraban primero según la trayectoria que correspondía directamente á cada transbordador, excavando así tres trincheras paralelas. Para ensanchar su zona de acción, se instalaron sobre las dos ataguías unos tornos eléctricos, por medio de los cuales se halaba la cubeta á derecha ó á izquierda, hasta el punto en que se la quería hacer actuar. Descendida la cubeta hasta el nivel del suelo, unos trabajadores la sujetaban por un amarre especial al cable sin fin del torno transversal; puesto éste en movimiento, la cubeta era arrastrada lateralmente, y llevada al punto en que debía funcionar, después, una vez llena, girando el torno en sentido inverso

la volvía á llevar al eje del transbordador y entonces se la desenganchaba del cable lateral y se la levantaba.

Los escombros que resultaban de las excavaciones se recibían en vagones que circulaban por una vía paralela al río, y en los cuales se vaciaban directamente las cubetas. Los escombros de las primeras capas excavadas sirvieron para consolidar las ataguías ó se transportaban sencillamente. Se encontraron después unas capas de arena y de grava que podían utilizarse en la fabricación

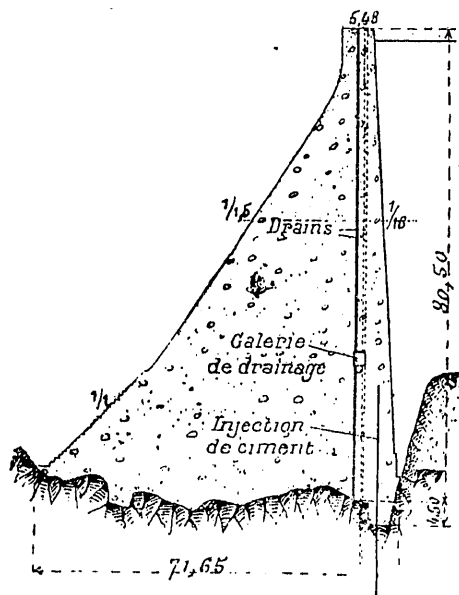


Fig. 2.ª

del hormigón; estos materiales se vertieron en unas tolvas establecidas bajo los transportadores y provistas de canalones que permitían en seguida cargar los vagones que transportaban la arena y la grava á los depósitos que abastecían á las hormigoneras.

Este método permitió excavar con facilidad el emplazamiento de la presa, no siendo necesaria la mano de obra más que para desembarazarse de las grandes piedras.

Una vez alcanzada la roca sólida, se excavó una trinchera correspondiente á la berma ó zarpa que debía prolongar el paramento agua arriba de la presa. Esta trinchera, abierta en un suelo resistente, tenía 3 metros, próximamente, de anchura y 4,50 de profundidad; se excavó en parte por medio de explosivos y en parte por medio de un excavador especial.

En el fondo de esta trinchera se abrieron unos agujeros de sonda que sirvieron para explorar el subsuelo y para inyectar cemento en los puntos de él en que se notaban grietas (fig. 2.ª).

Durante la excavación, las avenidas fueron muy pequeñas: dos bombas centrífugas aspirando en cañerías de 10 centímetros

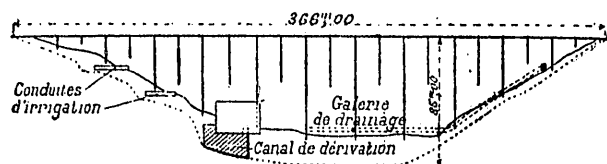


Fig. 3.ª

de diámetro bastaron para mantener seca la excavación, aun cuando, casi terminada, alcanzó una superficie de cerca de 4 hectáreas, una parte de las cuales se encontraba 30 metros por debajo del nivel del río.

La colocación de la mampostería comenzó antes de concluirse la excavación, á medida que estaba dispuesto el emplazamiento de uno de los bloques entre dos juntas de dilatación. Se evitaba así el dejar largo tiempo al aire la excavación terminada en los

puntos en que se empezó primero, y en donde, sin duda, se hubieran producido derrumbamientos.

Preparación y colocación del hormigón.—El hormigón empleado debía estar primitivamente, según el pliego de condiciones, en las proporciones de 1 de cemento por 3 de arena y 6 de guija-

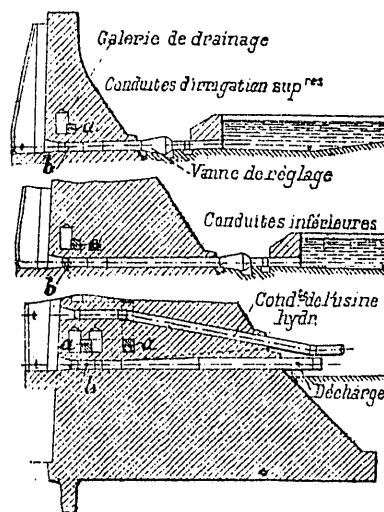


Fig. 4.ª

rras. Pero se decidió emplear, como mortero, una mezcla compuesta de partes iguales de cemento portland y de arena triturada muy finamente.

Al hormigón se incorporaron piedras, para las cuales el pliego de condiciones no preveía dimensiones máximas, con tal de que fuesen duras, de forma irregular y limpiadas cuidadosamente antes de incorporarlas al hormigón.

Dada la cantidad considerable de hormigón que había de emplearse, se estableció una instalación mecánica muy completa

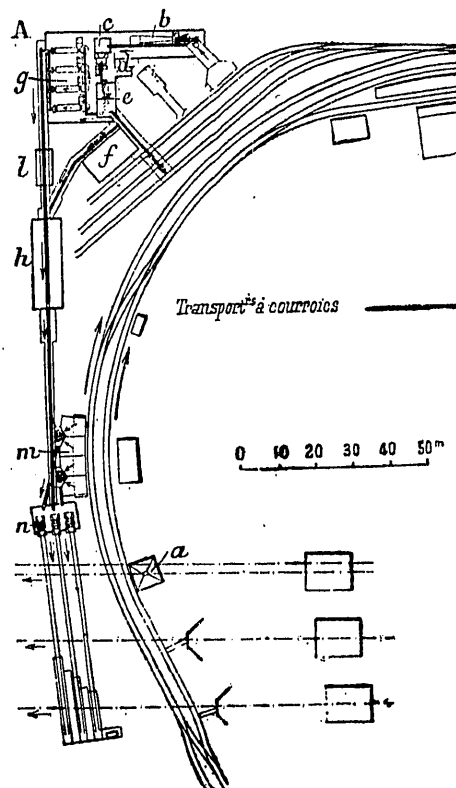


Fig. 5.ª

para el transporte de las materias y la confección del hormigón, á fin de reducir al minimum la mano de obra necesaria.

Como se ve en la figura 5.ª, que representa esta instalación, existía en ella un sistema de vías férreas que servían para el aprovisionamiento de cemento y para ponerla en comunicación

con la cantera que suministraba las piedras, situada á 1.800 metros, próximamente, y también con el depósito de arena, situado á un kilómetro, aproximadamente.

La arena excavada en el emplazamiento de la presa se recibía en la tolva *a*, de la que se enviaba en vagones al depósito donde se la tamizaba y mezclaba con la de las otras canteras.

La mezcla de arena y de cemento portland que constituía la masa hidráulica empleada se preparaba en el edificio A. La arena gruesa se llevaba á un primer triturador *b*, á cuya salida pasaba por una estufa, almacenándose después en una tolva *c*. Pasaba en seguida por un triturador *d*, se vertía luego en la tolva *e*, donde se mezclaba con el cemento procedente de la tolva *f*. Esta mezcla pasaba de nuevo por cuatro trituradores *g*, del tipo de tubo. El producto que salía de estos tubos se recibía, en fin, en un almacén especial *h*, que alimentaba las hormigoneras. Se estableció un laboratorio *l* para hacer periódicamente ensayos acerca de la resistencia del cemento.

La instalación permitía producir 1.600 barriles (de 172 kilogramos) de mezcla cada veinticuatro horas.

La arena y las piedras se llevaban á dos trituradores, insta-

metros y la de arena una de 2,13, su fondo era plano y su capacidad, respectivamente, era de 320 y de 195 metros cúbicos; la tolva de cemento de 1,20 metros de anchura estaba cubierta interiormente de palastro, y su fondo dispuesto según tres pirámides invertidas, que se prolongaban por canalones que atravesaban las tolvas de arena.

Cada hormigonera constituía una unidad independiente, á la cual correspondían unos órganos de abastecimiento y de dosificación particulares; sobre cada una de ellas se encontraban, en efecto, tres recipientes dosificadores: uno, para los guijarros; uno, para la arena, y uno, para el cemento; estos recipientes se llenaban por medio de trampas situadas en la base de las tolvas, cuya maniobra se conseguía por medio de cilindros hidráulicos; un cilindro de 25 centímetros de diámetro y 45 de recorrido abría la trampa de la tolva de guijarros, y un cilindro del mismo diámetro, con un émbolo de un metro de carrera servía para maniobrar á la vez, por el intermedio de manivelas, las otras dos trampas, la llave del depósito de agua y el vaciado de las hormigoneras. El agua de escape de los cilindros se empleaba en la confección del hormigón.

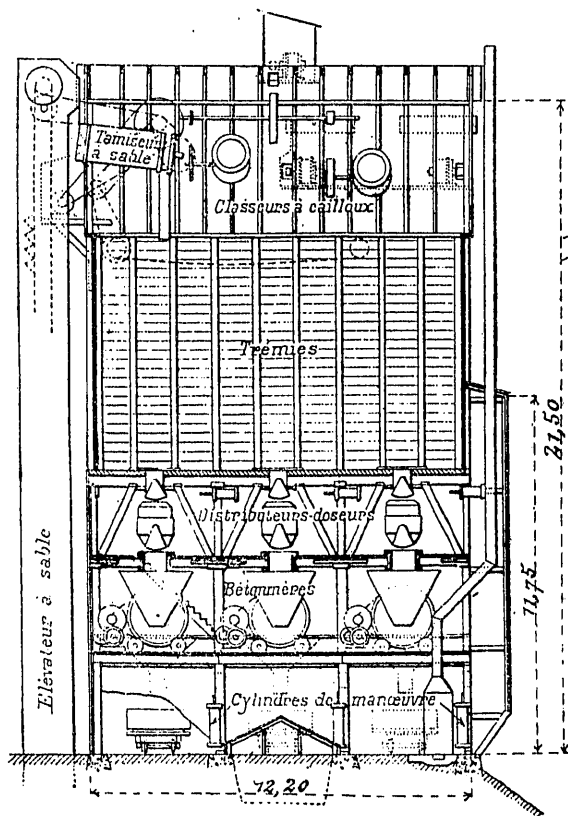


Fig. 6.ª

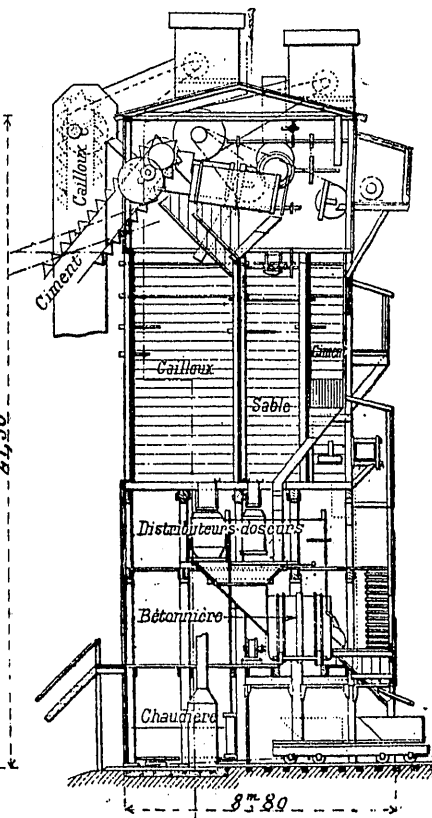


Fig. 7.ª

lados en un edificio *m*, que trataban, el uno la arena, y el otro los guijarros (fig. 8.ª). Las materias se llevaban, en fin, á las hormigoneras contenidas en el edificio *n*.

Estas hormigoneras, en número de tres, tenían cada una una capacidad de 2,265 metros cúbicos; estaban instaladas en un edificio de cuatro pisos (figuras 6.ª y 7.ª). En la base se encontraban las vías de servicio y la caldera; en el primer piso estaban colocadas las hormigoneras; el piso superior se reservaba para la maniobra y contenía los aparatos de gobierno de las diversas máquinas; el tercer piso estaba constituido por las tolvas; estaba dividido por dos tabiques longitudinales, que determinaban tres tolvas, para los guijarros, la arena y el cemento. En fin, el piso superior contenía los tamices para la arena y los aparatos de los diferentes transportadores.

Las tres tolvas tenían una longitud de 14,90 metros y una altura de 7,60; la tolva de guijarros tenía una anchura de 3,50

Cada hormigonera podía recibir 3 toneladas, próximamente, de materias en cada operación, y se hacían, próximamente, 30 operaciones por hora; se empleaban normalmente dos hormigoneras, sirviendo la tercera de reserva. Podían así prepararse 180 toneladas de hormigón por hora. Para maniobrar la instalación bastaba un mecánico y dos ayudantes, cuya función consistía simplemente en abrir las llaves de gobierno de los cilindros hidráulicos. Unos registradores automáticos registraban el número de operaciones, y, por consecuencia, el volumen de hormigón entregado.

La instalación de las hormigoneras se terminó en Junio de 1913, y la colocación del hormigón comenzó inmediatamente, con dos equipos servidos por un transportador funicular; se continuó en Marzo del año siguiente con dos y algunas veces con tres transportadores.

Se han tomado todas las precauciones para evitar las fugas de

agua bajo la presa ó las filtraciones á través de su estructura. Estas precauciones consistían en la ejecución de inyecciones de cemento en una serie de agujeros de sonda espaciados 3 metros, próximamente, y descendidos unos 15 metros por debajo del fondo de la trinchera. Estos agujeros se taladraron en el suelo de fundación á través de las primeras capas de hormigón ya colocadas, de modo que su profundidad total variaba de 30 á 45 metros; la presión con que se inyectaba el cemento en las fundaciones era, pues, considerable, puesto que á la presión del aire comprimido se añadía la de una columna de hormigón de esta altura.

Para recoger las filtraciones se han dispuesto, en el interior de la presa, unas cañerías de drenaje. Estas cañerías verticales,

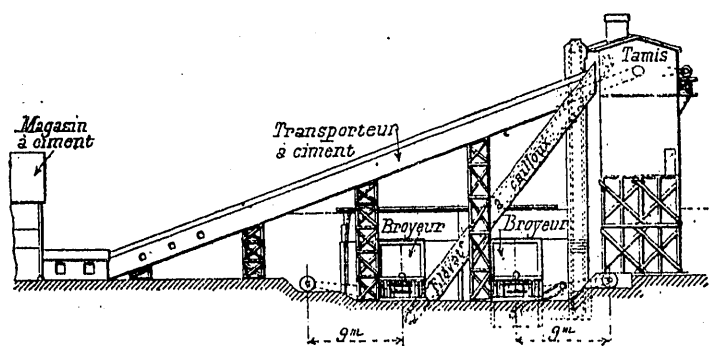


Fig. 8.ª

de 30 centímetros de diámetro, se han dispuesto de una manera análoga á la seguida en los agujeros de inyección del cemento, reduciéndose á 15 centímetros el diámetro en la base y elevándose en toda la altura de la obra. Se comunican con una galería transversal de drenaje (figuras 2.ª y 3.ª) que sirve al mismo tiempo para la inspección, gracias á un piso elevado dispuesto en toda su longitud, y á una distribución eléctrica que permitía su alumbrado. La galería desemboca, por sus dos extremos, en el paramento de agua abajo de la presa y se continúa por canalones para que corra el agua. El zameado de esta galería está colocado á 1,20 metros por lo menos sobre el lecho primitivo del río y se encontrará siempre sobre el nivel de agua abajo. La galería sube por sus extremos siguiendo la pendiente de la orilla.

Para reducir la permeabilidad de la presa se ha construido la parte de agua arriba con un hormigón más rico que la parte de agua abajo; agua arriba de las cañerías de drenaje, es decir, en un espesor que varía de 1,50 á 5 metros; la dosificación del hormigón es de 1 de cemento por 6 de arena y de guijarros, mientras que en el resto de la estructura es de 1 por 9. Además, para aumentar la impermeabilidad del paramento de agua arriba, se la ha revestido de mortero de cemento portland á la dosificación de 1 de cemento por 2 de arena, colocado con un aparato especial.

Termina el artículo que extractamos enumerando todos los aparatos del taller. Éste, como ya hemos dicho, se unió á la red del ferrocarril de Santa Fe por un ramal especial, á cuyo término se encontraba un haz de vías de servicio, de cochera y de depósito que comprendía, próximamente, 4.000 metros de vía.

Además de la instalación para la preparación del hormigón, que hemos descrito, el taller comprendía como máquinas principales tres transportadores funiculares Lidgerwood, dispuestos paralelamente con una separación de 18 metros, próximamente. Estos transportadores tenían, próximamente, 425 metros de longitud total; sus pilares 20 metros de altura poco más ó menos y se establecieron á un nivel ligeramente superior á la coronación de la presa, de modo que los cables se encontraban á más de 100 metros del fondo de la excavación. La fuerza de estos transportadores era de 15 toneladas, moviéndose cada uno por un motor de 300 caballos, y siendo la velocidad de halado de 240 metros,

próximamente, por minuto, y la de elevación de 60 metros por minuto.

Por otra parte, para la colocación de las grandes piedras; el traslado de los moldes, etc., se han empleado una decena de grúas derricks, que se desmontaban y trasladaban á medida que se elevaba la construcción.

Se suministraba la energía por una estación central de vapor que contaba con tres turboalternadores de 500 kilovatios cada uno y dos excitatrices de 15 kilovatios; se producía el vapor en cuatro calderas, abastecidas por cargadores mecánicos. La corriente se producía á la tensión de 2.200 voltios y se transformaba á 440, 220 y 10 voltios. Todos los aparatos, excepto las locomotoras, se movían eléctricamente.

El agua necesaria para la alimentación del taller se extraía con bombas del río y después de filtrada se almacenaba en dos depósitos que tenían, respectivamente, 1.200 y 350 metros cúbicos de capacidad. El aire comprimido necesario á las herramientas neumáticas se suministraba por dos compresores con una capacidad aproximada cada uno de 17 metros cúbicos de aire por minuto (medidos á la presión atmosférica), comprimidos á la presión de 7 kilogramos por centímetro cuadrado. Sobre cada uno de ellos actuaba un motor de 100 caballos.

La utilización del Nilo

POR

JEAN OTT

Ingeniero de Puentes y Calzadas.

(CONCLUSIÓN) (1)

En 1908 se nombró una Comisión especial con objeto de examinar las causas de la disminución del rendimiento. Además de la causa señalada consideró otras varias, todas reales: cambio de las condiciones climatológicas, peor calidad de las semillas, empobrecimiento de la tierra, multiplicación de los insectos y riegos mal combinados. Ahora bien, á los expertos pareció que la Comisión no supo clasificar todas estas causas según su importancia, y, por consiguiente, no sacar en conclusión la aplicación de un remedio para evitar la causa principal.

Las numerosas observaciones y experimentos que en resumen se publicaron en los informes de la Comisión de los Dominios (2),

(1) Véase el número anterior.

(2) La Comisión de los Dominios se creó en 1878, bajo la inspección internacional, para dar valor á los bienes cedidos al Estado egipcio por el Kedive Ismail, en garantía del empréstito hipotecario de 8.500.000 libras esterlinas (llamado empréstito Rothschild), que tuvo que contratar para liquidar sus deudas. A pesar de las dificultades con que tropezó la Comisión (en apariencia al principio sin solución), consiguió extinguir la deuda en 1913, antes de expirar el plazo fijado, y entregando al Estado un dominio de un valor considerable, gracias á su buena gestión, que servirá como modelo, y gracias también á la competencia técnica de sus Ingenieros. Estuvo colocada bajo la alta autoridad de tres administradores: un francés, un inglés y un indígena. Los administradores franceses fueron sucesivamente: Bouteron (1879-1900), Muller (1900-1913); los ingleses: Rowsell (1879-1885), Gibson (1885-1909), Birch Pachá (1909-1912); los indígenas: Roastem Pachá (1879-1884), Mohammed Chekib Pachá (1884-1906), Ali Pachá Helmi (1906-1910), Mustafa Pachá Mabey (1910-1913). Las Memorias presentadas á la Comisión por Audebeau-Bey (el Ingeniero-Jefe), correspondientes á los años 1909, 10, 11 y 12, son de grandísima importancia, tanto por los documentos de primer orden que facilitan como por los problemas que plantean y que resuelven. De ellas hemos tomado muchos datos para redactar lo que sigue.