

cuenta y un mes, ó sea para el mes de Abril de 1908. En Marzo de 1907 se tenía abierta la galería de avance en 4.153,6 metros en el lado Norte y 3.677 metros en el lado Sur; en total, 7.830,6 metros, es decir, el 93 por 100 de la longitud; cuando se produjeron importantes desprendimientos de grisú, que tomaron, sobre todo en la parte Norte, proporciones inquietantes, se resolvió inflamar el gas y esperar para proseguir en el avance de la galería, pero continuando sin embargo los trabajos de ensanchamiento y de revestimiento.

Después de un largo período de interrupción se emprendió nuevamente poco á poco, y tomando extremadas precauciones, el avance, sin que por eso dejaran de producirse obstáculos á consecuencia de desprendimientos más ó menos importantes de gas. Así, el 16 de Febrero último se encontró todavía una bolsa de grisú en el kilómetro 4.198, pero pudo reanudarse el trabajo el 18.

En 29 de Febrero de 1908 se tenía perforada la galería de avance en 8.442,1 metros, ó sea el 98 por 100 de la longitud; no quedaba, pues, por perforar más que 162 metros, y el encuentro de los dos frentes de ataque tuvo lugar el 30 de Marzo á las cuatro y cuarto de la mañana.

Resta por terminar el ensanche y el revestimiento. El cubo extraído alcanzó, en 29 de Febrero de 1908, 93,8 por 100 del total, del cual 48,6 es del lado Norte y 45,2 del lado Sur. Se puede, pues, esperar que la terminación del túnel no tendrá ahora retrasos muy considerables, pero los gastos realizados en la construcción de las obras han rebasado con mucho los previstos en el proyecto.—O.

EXPOSICIÓN HISPANO-FRANCESA

CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA

Al describir en las columnas de esta REVISTA la instalación de la Escuela de Ingenieros de Caminos en la Exposición de Zaragoza, dijimos que nos ocuparíamos otro día con detalle de la del Canal de Aragón y Cataluña que figura en el mismo pabellón del Ministerio de Fomento. Notable es dicha instalación y merece que nos ocupemos de ella especialmente, y como no podríamos intentar mejor reseña que la que se hace en la Memoria que reparte la Dirección del Canal, lujosamente editada por cierto, de ella copiamos las siguientes líneas y felicitamos entusiastamente á la expresada Dirección por esta gallarda manifestación pública de los progresos que ha realizado la Ingeniería en tan vasta labor como representa esa obra grandiosa del Canal de Aragón y Cataluña.

EXPOSICIÓN MURAL

Zona del trazado.

En el plano general topográfico situado en el paño mural de la derecha, entrando, se representa en escala de $\frac{1}{50.000}$ la zona en que está enclavado el Canal.

Claramente se distinguen en él la forma y extensión de aquella y pueden observarse sus principales accidentes; mencionaremos la gran depresión central conocida con el nombre de la Clamor Amarga, cuna en que sin bordes definidos se asienta la Litera y límite en gran parte de las provincias de Huesca y Lérida, y las dos divisorias, constituidas en parte por extensas mesetas, situadas entre ella y los ríos Cinca, Noguera Ribagorzana y Segre.

El Canal de Aragón y Cataluña, parte del río Esera, corriente la más elevada de todas las que limitan la zona, atraviesa la

comarca literana, cuyas distintas mesetas y marcadas depresiones fertilizan con la red de sus canales derivados y acequias, y llegando al Noguera Ribagorzana y al Segre lleva sus corrientes de agua á la enorme superficie de 149.000 hectáreas, permitiendo esperar en plazo no lejano la desaparición de la triste diferencia hoy existente entre la superficie que ha de beneficiarse y la de las fértiles huertas que la circundan, representando sólo de $\frac{1}{6}$ de la superficie total.

Conocimiento detallado de la zona se adquiere examinando el plano general situado frente al anteriormente citado en el muro lateral de la izquierda; este plano se ha levantado por curvas de nivel distantes entre sí cinco metros, y en él, por medio de signos convencionales, están representados cuantos pormenores cabe desear. Su escala es igual á la del anterior.

Trazado general del Canal.

Con todo detalle aparece en el plano últimamente citado.

En la escarpada cuenca del río Esera, á cinco kilómetros de su desembocadura en el Cinca y enclavada en el término de La Puebla de Castro, está situada la presa; de ella arranca el canal principal, con 35 metros cúbicos por segundo de dotación, y después de recorrer accidentados cinco kilómetros dentro de aquella cuenca, penetra en la abierta y amplia del Cinca para empezar á poco su misión fertilizadora. Pasa en su kilómetro 10 por el mismo Estado, que no ha de echar de menos su casi desaparecida huerta, deja á su izquierda los altos del Estadilla y de Fonç, y salvando victoriosamente los seis kilómetros del tramo yesoso de Valfria, aparece en el término de La Almunia para llegar en el kilómetro 31 de su trazado al Sosa, cuya importante depresión cruza con el puente sifón de este nombre.

Al recobrar de nuevo su sección, atraviesa el Canal principal los altos de La Menudilla, y poco después se detiene para sufrir en el partidor de Zaydín la sangría de 15 metros cúbicos por segundo, dotación del canal de Zaydín, primer canal derivado, que al cabo de sus 48 kilómetros muere en la Clamor de Zaydín, después de haber fertilizado 30.000 hectáreas.

Continúa con los 20 metros cúbicos restantes de dotación el Canal principal, atravesando por los términos de Binéfar y de San Esteban, y llega en su kilómetro 52 á la ciudad de Tamarite, que por largo tiempo le dió su nombre y cuya vista general aparece en la parte superior del paño lateral derecho.

Salva después el Canal la depresión de Albelda con el sifón de este nombre y cruza por fin Coll de Foix, penetrando en la región catalana, término de Alfarrás, y llegando en el kilómetro 82 á término de Alguaire, donde muere, dando nacimiento en su continuación al canal de Escarpe, segundo de los canales derivados de 13 metros cúbicos por segundo de dotación; simétrico casi del de Zaydín, respecto á la Clamor Amarga, tiene 42 kilómetros de longitud y llega en su desagüe al Segre.

De los canales anteriores, siguiendo la dirección de las divisorias secundarias, arrancan las distintas acequias de riego que el Estado construye. San Sebastián, Olriols, La Mola, La Magdalena, Coll de Foix, Vilanova de Alpicat y Alguaire toman sus aguas del canal principal; Valcarca, Esplús y Ripoll derivan del canal de Zaydín, y Monreal y Valmaña, del de Escarpe. Esta red de acequias de dotaciones variables, llegando á ser en alguna de 3.500 litros por segundo, componen una longitud de canalización de 120 kilómetros.

Por último, las exigencias que la regulación del agua en red tan extensa (292 kilómetros entre canales y acequias) lleva consigo, así como la necesidad imperiosa de hacer frente á cualquier entorpecimiento ó avería, limitando su campo todo lo posible, han obligado á la construcción de cauces artificiales de desagüe necesarios para alcanzar los naturales existentes en toda la comarca. El Ciego, La Mesa, Valfria, Sosa, Ribabona, Faleva, Olriols, La Almunia y Coll de Foix, este último uniendo el Canal principal al Noguera Ribagorzana, juntos á los de Bi-

naced, Casasnovas y demás desagües finales de los canales derivados y acequias componen una longitud total de próximamente 100 kilómetros.

Para completar el estudio del Canal principal y sus derivados pueden examinarse los perfiles longitudinales que de los mismos aparecen junto al plano general examinado; al mismo objeto, por lo que respecta á la zona regable, se ha creído conveniente la presentación de un perfil transversal de la misma, desde el río Cinca, en Albalate, hasta el Noguera, pasando por Rafales, Alguaire y La Portella.

En el longitudinal del Canal principal se ven las longitudes de los 32 túneles que en él existen, siendo 1.700 metros la del mayor, y el gran número é importancia de sus obras de fábrica, pudiendo examinarse las rasantes adoptadas; sólo existe un salto denominado de Agua Salada, cuya altura es de 3,50 metros y el desnivel total del perfil es de 36,13 metros.

Las longitudinales de Zaydín y Escarpe salvan un desnivel total de 174 y 296 metros, respectivamente; bien de manifiesto se ven los descensos bruscos de las divisorias en que ambos se asientan, que han obligado á la construcción de los diferentes saltos y rápidos en ellos existentes,

Zona regable.

En el plano general aparece ésta perfectamente definida. Siendo de 149.000 hectáreas la superficie total encerrada entre el Canal y los ríos, y elevándose á 23.000 el número de hectáreas regadas actualmente por tomas en los mismos y á 21.000 hectáreas la extensión que naturalmente no puede regarse con los canales y acequias resulta para la superficie regable la cifra de 105.000 hectáreas.

¿Puede el Canal de Aragón y Cataluña hacer frente á las necesidades que tan enorme riego suponen?

Á demostrar la afirmación de este punto importantísimo, y, como consecuencia, á poner en evidencia la inmensa utilidad que el Canal ha de reportar, vienen los gráficos 1, 2 y 3 que aparecen en el testero de entrada y que han servido de base al estudio «Potencia de riego del Canal de Aragón y Cataluña», presentado en folleto aparte. Á éste nos referimos, y aquí, recogiendo sus conclusiones, consignaremos que, suponiendo desarrollado el cultivo intensivo y de rotación en un 25 por 100 de la superficie total, destinando 15.000 hectáreas á olivares y viñas y 60.000 hectáreas á cereales de invierno, y admitiendo verdadera amplitud en el cómputo de los riegos, sólo existe déficit real en el caudal utilizable, sin obras de regulación, en el Esera, durante el mes de Agosto y principios de Septiembre; este déficit, evaluado en unos 25 millones de metros cúbicos, no es de temer, aparte de otras soluciones económicas, por la gran facilidad que ofrece el Pirineo para formar embalses laterales libres de los aluviones y cuya potencia es superior al volumen citado. En consecuencia, puede estimarse asegurado el riego de toda la zona.

Seguridad mayor arroja el examen del estudio que aparece en el apéndice situado al final.

Suministro de riegos.

Á 12.000 asciende el número de hectáreas hoy día suscritas y gozando, por consiguiente, de los beneficios del riego, inaugurado en 1906.

Evidente está la importancia que el servicio del Canal ha otorgado al desarrollo de los riegos; á este fin principalmente ha obedecido el levantamiento del plano general, base para la redacción de los planes de riego que el personal del Canal lleva á cabo, los que sirven de fundamento á la concesión de las tomas de agua en los canales y acequias. Estos planes de riego se entregan gratuitamente á los Sindicatos á quienes interesan y en ellos encuentran éstos las líneas generales á que por su propia

conveniencia deben ajustar la ejecución de sus acequias privadas y azarbes; un conjunto de algunos de estos planes figura en el lado derecho del testero de entrada.

Típica en el Canal es la forma en que se suministra el agua, dividiéndose los usuarios en suscriptores y de libre consumo. La dotación por hectárea es igual para todos los regantes suscritos y se determina en cada caso dividiendo el caudal de agua disponible en el Canal por el número de hectáreas abonadas; determinada, sirve para asignar los caudales á las distintas acequias de comunidad y los volúmenes de agua sobrantes se reparten por prorrateo entre los abonados con arreglo á sus pedidos. Una vez servidos éstos se procede al reparto del caudal sobrante entre los no abonados, marcando los tipos de dotación y prorrateando los sobrantes de análoga manera.

El precio del agua que satisfacen los suscriptores, fijado ya para los diez primeros años, es:

Por cada 1.000 metros cúbicos durante el primer año, 0,20 de pesetas.

Por idem id. id. segundo idem, 0,25 idem.

Por idem id. id. tercer idem, 0,30 idem.

Por idem id. id. cuarto idem, 0,40 idem.

Por idem id. id. quinto idem, 0,50 idem.

Por cada 1.000 metros cúbicos durante los cinco años siguientes, 0,50 de pesetas.

Los usuarios libres abonon por el agua precios escalonados en forma análoga é iguales á cuatro veces los anteriores.

El agua es aforada por un vertedero á la salida de cada toma, cuyo tipo ha de tallarse después; los usuarios pueden, si lo desean, comprobar por medición directa el caudal servido.

El recibo de los pedidos de agua, vigilancia y manejo de las compuertas de tomas se efectúa directamente por personal de la Administración, clasificado en fieles de aguas, acequeros y guardas obreros.

Las obras del Canal.

Conocimiento de las mismas y de su ejecución proporciona la exposición fotográfica que en el salón aparece.

Paso á paso puede seguirse en las fotografías del friso el Canal principal desde la presa (testero de entrada á la izquierda) hasta los últimos límites del canal de Escarpe; obras de Zaydín y de las acequias y cauces aparecen en el biombo que cubre la entrada. En el recuadro situado al fondo pueden verse algunas otras.

Alargáramos demasiado esta reseña si intentáramos hacer la descripción detallada de las 130 fotografías de $0,18 \times 0,24$ colocadas; lo haríamos clasificándolas convenientemente si no existiera la exposición de modelos de que bien pronto hemos de ocuparnos.

Para apreciar mejor la importancia de algunas obras se han dispuesto 12 ampliaciones fotográficas que aparecen en la parte superior de los muros. Citaremos entre ellas las del Partidor de Zaydín, situada en el testero de entrada, y en la que claramente se ve la disposición dada á esta obra; la repartición del agua entre el Canal principal y el de Zaydín se consigue por medio de 11 compuertas metálicas de un metro de ancho, agrupadas en número de 6 y 5, respectivamente, á la entrada de cada uno de aquéllos.

Con objeto de hacer resaltar la naturaleza de alguna obra, que casi podemos llamar típica, se ha representado en dos acuarelas (muro lateral derecho) el rápido y salto de la Muzola situado en el canal de Zaydín y cuya longitud es próximamente de un kilómetro.

Idea de lo accidentado del terreno, y de las dificultades que hubieron de vencerse para la ejecución del tramo del Esera, dan las dos acuarelas colocadas en el testero del fondo; en ellas aparecen los voladizos, caminos construidos como su nombre indica, en vuelo sobre el río Esera, sostenidos por redondos de hierro empotrados en la roca que forma el acantilado de las már-

genes. Por su medio se salvaban, durante la ejecución de los túneles, los macizos en que éstos se perforaron y se han utilizado para la ejecución y servicio de las obras, hasta fecha reciente, en que se han sustituido por los 3,5 kilómetros de pasarelas construidas en el interior de los túneles.

Figuran, finalmente, en la exposición mural (paño lateral de la derecha), dos bastidores con algunos tipos de revestimientos usados en el interior del Canal.

Siete es el número de los presentados; en unos se aprecia la especial naturaleza del material empleado, en el núm. 6 el sitio de su empleo, terraplén de gran importancia ejecutado de antiguo con tierras yesosas, y, por último, en alguno se ve la sección elíptica adoptada para el Canal en 3 kilómetros de su paso por Valfria.

EXPOSICIÓN DE MODELOS

Materiales y tiempo en gran escala hubiera exigido la representación completa de la ejecución y obras del Canal en todos sus diversos períodos: no podría intentarse siquiera la exposición aislada, y quizá en su misma variedad confusa, del gran número de obras que en él existen. Por último, debiendo pasar á la Escuela de Caminos todos los modelos expuestos, esta ulterior aplicación no debía perderse de vista al elegirlos y ejecutarlos.

En consecuencia, sólo cabía la elección entre todas las obras, de las que por su disposición ó naturaleza pueden considerarse como tipos, de las que en su unidad llevan el sello de la excepción, de las que por las comparaciones que proporcionan sirven para demostrar las ventajas que los progresos de la construcción han reportado á las obras.

No entraremos en la detallada descripción de los modelos; consignaremos sólo las circunstancias especiales de ellos que han justificado su elección y aquellas otras que no siempre del examen de las obras se deducen, y, sin embargo, son exclusivamente la razón de su existencia.

EL HORMIGÓN ARMADO Y LAS OBRAS DEL CANAL

La rapidez con que en el último período de ejecución del Canal se han llevado á cabo la mayor parte de las obras de fábrica, y desde luego todas las más importantes, débese, en gran parte, á la adopción en ellas del hormigón y del hormigón armado; siendo forzoso confesar que la carencia de materiales de construcción excepto de gravas y arenas, en casi todo el trazado hubiera hecho casi imposible económicamente la obra, si en ésta no se hubieran aprovechado, siguiéndolos, los progresos de la construcción.

No se vea, sin embargo, exclusivismo alguno en los juicios anteriores; los pocos acueductos de fábrica de mampostería y sillarejo, algunos pasos superiores de la misma naturaleza y otras obras construidas en la proximidad de excelentes canteras, constituyeron soluciones acertadas, y testigos de mayor acepción son más modernamente la construcción de la presa, y, sobre todo, la de los muros de Agua Salada, donde con las circunstancias excepcionales que concurrían se hicieron en pocos meses cerca de 25.000 metros cúbicos de mampostería.

Justificada se encontrará ahora la colección de modelos de hormigón armado que se presenta y en todos los cuales se ve, visiblemente, la estructura metálica como su parte más importante y esencial; á ellos, considerados como tipos, pueden referirse todas las demás obras que de aquel material se han construido.

Sifones.

Entre los modelos figuran el del Puente Sifón del Sosa, puesto en servicio desde 1906, y el sifón de Albelda, actualmente en construcción: constituyen ambos las obras de hormigón armado más importantes. Sus longitudes son de 1.090 metros y de 720

metros respectivamente, y soportan una carga máxima de 25 y 30 metros; el sifón del Sosa se compone de dos tubos de 3,80 metros de diámetro inferior y 0,20 de espesor, y el de Albelda está formado por un solo tubo de igual espesor, de 4 metros de diámetro en su interior, guardando estas secciones relación con sus gastos: éstos son, para la pérdida de carga normal, de 35 y 17 metros cúbicos por segundo, respectivamente.

Difieren ambos sifones en su disposición general. El del Sosa, compuesto de dos ramas, salva las depresiones de ambas por medio de puentes-sifón construidos en los cauces del Sosa y Ribabona; el sifón de Albelda, de una sola rama, se apoya directamente sobre el valle, quedando enterrado en el fondo del mismo.

Proyectados bajo principios distintos, difieren esencialmente en su estructura interior; en uno se persiguió la impermeabilidad absoluta desde el primer momento, adoptando para conseguirla la camisa metálica (chapa de acero de 0,003 de espesor) y ejecutando el tubo de hormigón armado por trozos unidos con juntas especiales; en Albelda el tubo será de estructura metálica discontinua, y se ejecutará sin juntas, alcanzándose la impermeabilidad por colmatación de los poros del hormigón; pueden existir, entre tanto, filtraciones que serán recogidas en drenes convenientemente dispuestos.

Visibles en los modelos correspondientes están las armaduras metálicas, observándose en el del Puente-Sifón del Sosa la disposición de las juntas de los tubos y camisa de palastro, en la unión de cuyas placas, por dificultades de construcción, se sustituyó la soldadura por el remachado. En este modelo aparece uno de los cinco arcos de 15 metros de luz que componen el puente del Sosa, ejecutado de hormigón en masa material que, con exclusión de otro distinto, entra también en la cimentación de los estribos y pilas.

En el modelo de la sección transversal de Albelda se ve la disposición dada á los drenes lateral é inferiormente al sifón para recoger sus filtraciones en la galería general colectora que á todo su largo se establece.

Ambos modelos citados dejan ver la disposición de las llaves de desagüe de los tubos; en esta parte y en sólo tres metros de longitud lleva el Sifón de Albelda camisa metálica.

Completa lo relativo á ambos sifones, el modelo que representa la cabeza de entrada del Sifón del Sosa, ó sea su unión con el Canal principal. En todo análoga es esta parte en el de Albelda, con la simplificación que impone el tener éste sólo un tubo. La supresión de los desagües del Canal existentes en estas partes, es la sola modificación introducida en las cabezas de salida de ambos sifones.

Llamamos la atención sobre el sistema de cierre empleado, tanto para los tubos como para los desagües; está formado por viguetas metálicas de doble T que entran en ranuras practicadas en las pilas de los claros y provistas de pitones en sus extremos para el manejo. Con tal disposición para los cierres se hizo frente á los temores de accidentes que una falsa maniobra pudiera ocasionar en los tubos.

Tanto el muro divisorio de las dos cámaras de entrada á éstos como la pasarela y piso sobre ellas existentes, son de hormigón armado, cuyo empleo explica el reducido espesor de aquél.

Gran número de enseñanzas ha proporcionado el Sifón del Sosa en los pocos años que lleva de existencia; algunas se han utilizado ya en la construcción del Sifón de Albelda, y la comparación del comportamiento en el tiempo de ambos sifones ha de dar lugar á conclusiones prácticas de verdadera importancia; impropio de esta reseña consideramos entrar en la exposición de aquéllas, pero si diremos que la expectación en el mundo entero es grande, y aparte de algunas visitas de Ingenieros extranjeros que han venido expresamente á realizarlas, recientemente se han recibido comunicaciones de los Estados Unidos consultando puntos especiales y solicitando datos para tenerlos presentes en la ejecución de las obras que van á emprenderse para el abastecimiento de la ciudad de Nueva York.

Mencionaremos entre el grupo de obras que se examina el cruce del Canal principal con la carretera de Binéfar á Benabarre, cerca de Tamarite.

Cajeros y acueductos.

Á tres tipos pueden referirse el gran número de obras de esta clase construidas en el Canal: cajeros apoyándose sobre fábricas ordinarias (muros y bóvedas), cajeros con solera sobre palizadas, constituyendo los verdaderos acueductos de hormigón armado, y cajeros-vigas sobre apoyos de fábrica.

Del tipo primero es el construido en el Canal principal, kilómetro 70, para salvar la coma de Capdevila, obra cuyo modelo se presenta; bóvedas de hormigón en masa, paramentadas con sillares artificiales, sostienen el cajero cuya estructura metálica puede al detalle examinarse. Á este tipo pertenecen el cajero de la Cueva del Moro, construido sobre muros cuya cimentación sustituyó en 20 metros airoso arco de esta luz; el de Perera, apoyado en cinco arcos de hormigón en masa de 15 metros de luz que forman el hermoso puente de este nombre; el de Coll de Foix, cuyo modelo corona el biombo de entrada; el construido sobre el paso superior del ferrocarril de Zaragoza á Barcelona, en el canal de Zaydín, etc., etc. En este grupo puede comprenderse también el cajero de Agua Salada, sobre muros laterales en cuyos bordes interiores se apoya la solera de hormigón armado.

Como modelo de acueductos de hormigón armado se presenta el del Nou, Canal principal, kilómetro 54. La sencillez y economía de este tipo de obras son evidentes y su aplicación ha de extenderse cada día más. Claramente aparece en el modelo la estructura metálica de los apoyos, solera, cajero, pasarelas, y no se ha de entrar en su descripción. De igual tipo son el acueducto de la sexta hondonada de Valfria, el de Faleva, el de Pirla, actualmente en construcción en Zaydín, etc., etc.

Se representan en el modelo que examinamos los paraboloídes de enlace del acueducto con el terreno; ejemplo de la gran importancia que debe siempre otorgarse á estas uniones.

En el tercer grupo de obras que se estudia está el acueducto de Montreal (canal de Escarpe, kilómetro 21), que puede examinarse en el modelo correspondiente.

El cajero todo, paredes laterales y solera, está calculado para resistir á la flexión originada por su peso y el del agua al salvar la luz de las pilas de fábrica en que se apoya. Típica en este acueducto es la disposición de verdaderas juntas de dilatación constituidas por chapas metálicas en forma de fuelle empotradas por sus extremos en la parte interior del cajero; en estas partes se aumenta algo el espesor de las pilas.

Pasos superiores y obras para desagüe.

Cuatro tipos de los primeros, y á ellos pueden referirse los en crecido número existentes en toda la extensa red del Canal, aparecen entre los modelos expuestos, dejando ver al descubierto sus estructuras metálicas.

Tablero recto con vigas sostenidas por apoyos contruidos sobre arcos aislados cuyo modelo reproduce el ejecutado en Zaydín, kilómetro 2.

Tablero sobre vigas con apoyos intermedios, pilares ó pilas.

Tablero sobre vigas sin apoyos, y

Pasos de arco.

Con objeto de hacer resaltar la sencillez y economía á que el empleo del hormigón conduce, se han representado en modelos aparte el paso superior de Aguinalú y el de La Almunia, ambos de fábrica.

Modelo de desagüe de hormigón armado proporciona el que representa la alcantarilla elíptica de tres metros de luz construida en el canal de Escarpe, y cuyo tipo fué primeramente aplicado reducido de escala en el de Zaydín.

Túnel artificial de Gorgafonda.

Especial y única esta obra en el Canal, proporciona un ejemplo de lo que con el hormigón armado puede llegar á alcanzarse.

Al ejecutar las excavaciones para la apertura del Canal principal en el sitio denominado Gorgafonda, kilómetro 5, se vió la naturaleza detrítica del terreno, compuesto de grandes bloques desprendidos de la parte superior de las laderas envueltas en sus corrimientos por las tierras y productos detríticos; la inestabilidad del conjunto, causa de algún accidente tristísimo, impulsó como solución el construir un túnel artificial, siendo necesario hacer frente á los temores de la probabilidad de corrimientos que determinarían socavaciones parciales. Se recurrió á este fin al hormigón armado, adoptando la solución que en el modelo de esta obra aparece y en el cual se ven la estructura y dimensiones de las armaduras metálicas; éstas responden á la idea de que toda la obra resista como un puente tubo para luces de 10 metros, longitud de socavaciones parciales que sin peligro alguno puede en consecuencia sufrir la solera.

Otras aplicaciones del hormigón armado.

De este material son todas las pasarelas que proporcionan el paso sobre los puentes y acueductos, habiéndose construido con igual fin en el interior de los túneles varios kilómetros de aquéllas; aplicación del hormigón armado se ha hecho; en la ejecución de revestimientos y zampeados, siendo el más importante de éstos el ejecutado aguas abajo de la presa; en la construcción de los estribos y pilas situados en el interior del Canal y cuyos espesores conviene reducir á un mínimo; en los pisos de las casas y casillas; y por último, en los 4.000 postes hectométricos que mide la red general.

Alguna de estas aplicaciones pueden verse en los distintos modelos presentados.

MODELOS DE OBRAS ESPECIALES

Presa de derivación y toma de agua.

La naturaleza especial de esta obra, cuya construcción fué precedida de controversias y detenidos estudios al tratar de fijar su emplazamiento, justifica la excepcional importancia que al modelo correspondiente se ha otorgado. No se ha vacilado en proporcionar un perfecto conocimiento del terreno de la cuenca del Esera, representándolo con toda la mayor exactitud posible; puede apreciarse así la naturaleza del mismo y basta su examen para comprender la conveniencia de no someterlo por la obra á presiones de agua exageradas, en armonía con el carácter de simple presa de derivación, que limita su altura sobre el cauce del río á la indispensable para asegurar la de la lámina de agua en el Canal.

La sección de la presa es trapezoidal en todos los 30 metros de su longitud, siendo su altura máxima de 4,50 metros, y llegando hasta cifra análoga la profundidad de sus cimientos; ejecutada en su interior y cimientos de hormigón en masa, se ha coronado y paramentado de conglomerado calizo, verdadero mármol, procedente de canteras próximas. La cimentación se hizo sobre roca caliza, aprovechando en algún punto la existencia de grandes bloques desprendidos de las laderas, que han quedado sepultados en el interior de la presa, formando parte de ella.

En su estribo derecho se apoya la presa sobre un desprendimiento de la ladera, llegando á empotrarse en ésta; los huecos de aquél proporcionaron durante la construcción camino rápido á los obreros para elevarse desde el cauce á la parte superior de las márgenes.

La construcción de la presa por el encajonamiento del río y naturaleza de su corriente proporcionó verdaderas dificultades; repetidas veces fueron rotas y arrastradas las ataguías y presas provisionales, y á pesar de estar establecido servicio especial para el aviso de las crecidas del Esera, la rapidez y mag-

nitud de éstas fueron en algún momento tales, que sólo hubo lugar á la salvación del personal de trabajo, quedando sepultadas en el agua las bombas y algún otro material de agotamiento, cuyo paradero, á pesar de todas las pesquisas realizadas, nunca más ha podido averiguarse. Crecida hubo cuyo volumen se apreció en 1.800 metros cúbicos por segundo.

Poderosos auxiliares de construcción fueron los cables metálicos con torno y canales de madera, por cuyo medio se efectuó el descenso por la ladera escarpada de todo el material necesario. El trabajo se hizo día y noche, proporcionando la luz eléctrica dos dinamos movidas por los mismos motores de gas de los trenes de agotamiento.

En el estribo izquierdo de la presa está la toma de agua, que se realiza por medio de seis compuertas metálicas, cuyos mecanismos de maniobra van alojados en la casa de compuertas representada en el modelo y actualmente en construcción; la altura de su piso es de 5 50 metros sobre la coronación de la presa, nivel que en época reciente, durante avenida verdaderamente aterradora y nunca hasta el presente vista, llegaron á alcanzar las aguas.

Á la entrada del agua en el Canal existen dos compuertas formando un desagüe de fondo que sirven además para la limpieza de aquélla, evitando el consiguiente aterramiento; inmediatamente después se esconde el Canal en el primer túnel de su trazado, con cuya longitud de 1.070 metros llega á Agua Salada, donde por la imposibilidad de un emplazamiento anterior se ha dispuesto el

Vertedero regulador de agua salada.

Ninguna particularidad ofrece en su disposición general; sólo haremos notar el salto ya mencionado de 3,50 metros que en esta parte del Canal principal existe, único en todo él é impuesto por la necesidad de alcanzar el emplazamiento fijado como el más conveniente para la presa.

La cabeza del salto se ha utilizado para establecer un cierre transversal de viguetas, que permite, con ayuda del vertedero y compuerta de fondo establecidos, regular perfectamente la cantidad de agua que ha de continuar por el Canal; este tipo de desagües, con ó sin vertedero, y con mayor ó menor número de claros en el cierre transversal, se encuentra repetido en el arranque de todos los diferentes cauces de desagüe.

Rápidos de agua.

Solución es esta para salvar descensos del terreno que supone una gran economía de establecimiento respecto á las demás que pueden aplicarse, consideración importantísima tratándose de obras que pudieran resultar inútiles el día de mañana por el aprovechamiento posterior de las energías que en ellas se pierden. Ello junto á que merced á la disminución en lo posible de la lámina de agua y á la excelente naturaleza de los cementos artificiales empleados puede aumentarse sin grandes temores de degradación, la velocidad del agua ha sido la causa de su franca adopción en el Canal, siendo muy grande el número de rápidos existentes en los canales derivados y acequias cuyas longitudes sumadas suponen muchos kilómetros; algunos llevan además en su abono la simplificación de las obras de cruce con carreteras y demás vías.

Como tipos de estas obras se han expuesto los modelos del salto y rápido de Alfages (Canal de Zaydín, kilómetro 10), y del que ha de construirse sobre el paso del ferrocarril en el canal de Escarpe, kilómetro 8. En ellos aparece el estrechamiento dado al Canal en su arranque, aprovechado para la división en tramos del mismo por medio de cierres de viguetas; su objeto es impedir el descenso de la lámina de agua con relación á la altura necesaria para régimen normal de la corriente.

Derivaciones.

La disposición para estos casos adoptada aparece en el modelo que representa el arranque de la acequia de Valcarca en el kilómetro 5 del canal de Zaydín; la elección de este modelo se debe al conjunto de obras que en él aparecen representadas. Los caños de desagüe, sencillos tubos de hormigón situados debajo de la acequia y del canal, dan en sus cortes longitudinales los tipos de estas obras en todo el canal; la toma de riego y el paso superior de la carretera de Monzón á Binéfar son un modelo más de esta clase de obras, y por último, se ve la disposición dada al paraboloide de enlace de la sección rectangular de este paso con la trapecial del canal. Dicho paraboloide es de hormigón armado y se apoya sobre caballetes de igual material que lo hacen independiente de los asientos del terraplén que recubre.

La doble misión de la acequia de Valcarca, que en su desagüe vuelve al canal de partida, justifica el cierre transversal de viguetas que existe en el canal de Zaydín á su arranque, obra existente también en algunas derivaciones correspondientes á otras acequias.

Cauces artificiales de desagüe.

Modelo especial de éstos representa la disposición dada á estas obras en la mayor parte de su longitud, allí donde las pendientes del terreno hacen imposible la simple zanja y antieconómicos los rápidos; una sucesión de tramos de escasa ó nula pendiente se unen entre sí por saltos de poca altura. La obra de fábrica que éstos suponen redúcese en muchos á simples revestimientos de mampostería, y generalmente es aprovechado en la ejecución de las servidumbres de paso. El tramo de cauce representado pertenece al de Binaced, que desagua Zaydín en su kilómetro 14, y en él figura el paso de la carretera de Binéfar á las casas de Ripoll, ejecutado, como casi todos los de su género, de hormigón armado.

Ejecución de las obras.

Atención merece la ejecución de los terraplenes hecha en este último período de obras; la perfecta consolidación á que en los mismos se ha llegado obedece al empleo de rodillos metálicos, compuestos de una serie de discos de fundición dispuestos en dos ejes paralelos, de modo que se corresponden los discos del uno con los claros existentes entre los del otro; ambos ejes sostienen un cajón de madera en que se acumula la sobrecarga que aumenta á voluntad el peso y que obliga al empleo de cuatro ó cinco caballerías para el arrastre. Modelo de estos rodillos se ve sobre el biombo de entrada y en una de las ampliaciones fotográficas (pañó lateral de la izquierda).

La consolidación obtenida en los terraplenes ha sido superior siempre á la del terreno natural de los préstamos, como lo demuestra la comparación de ambos volúmenes, y en aquélla se ha llegado, puede decirse, al límite, reduciendo á cero el espesor de los mantos sucesivos, verificándose la incorporación de las tierras por medio de palas y actuando el rodillo compresor de un modo continuo.

Modernamente, en la apertura de los desmontes, se están empleando máquinas excavadoras, cuya extremada sencillez y buen rendimiento parece han de acreditar su tipo; una de ellas aparece fotografiada en el recuadro del fondo, entre la colección de fotografías verticales en él existentes.

Los enormes cubos de tierra que se han removido se han transportado merced al considerable material auxiliar existente, compuesto de algunos kilómetros de vía y más de 100 vagonetes.

La adopción del hormigón armado con la consiguiente reducción de espesores, que supone ha hecho innecesario el me-

pleo de mecanismos para la ejecución de los hormigones, sólo en determinadas obras del Canal existen grandes masas de hormigón, y en una de ellas, en el puente de Perera, todo él de hormigón en masa, se usó una hormiguera mecánica que contribuyó al corto plazo en que fué ejecutado. En cambio, la importancia que el empleo de los cementos ha adquirido en estas obras, ha obligado á la creación de un laboratorio funcionando continuamente, y en el que todas las partidas son ensayadas antes de su empleo.

Debemos consignar el excelente resultado que desde el punto de vista económico ha supuesto para las obras el sistema de concurso y destajos, con arreglo al cual se han ejecutado la mayor parte de ellas; y es innegable la beneficiosa influencia que desde varios puntos de vista ha ejercido sobre la ejecución de las obras la regularidad con que se ha dispuesto de los créditos para las mismas. Por último, idea de la marcha de los trabajos da el saber que, incautado el Estado del Canal en 1896, satisfizo como importe de las obras ejecutadas desde 1864, 1.600.000 pesetas; en 1903, el valor de las obras alcanzaba ya 5 millones de pesetas, y al finalizar el año 1909, se habrá elevado á 32 millones de pesetas.

Obras para el riego.

Dos partes principales deben distinguirse en ellas: la toma de agua propiamente dicha, única obra que afecta al canal ó acequia en que se construye, y la disposición para el suministro y comprobación del agua. Esta penetra en las alcantarillas ó acueductos de las tomas mediante el manejo de las compuertas metálicas ó tajaderas que cubren sus bocas.

Tres son los tipos de compuertas de riego existentes en el Canal, mas naciendo uno de ellos de la duplicidad dada á otro, sólo dos aparecen representados entre los modelos expuestos; en éstos se ven perfectamente los mecanismos de maniobra.

En modelo aparte se han representado las disposiciones idénticas en todas las tomas, que sirven para el suministro del agua; ésta pasa del acueducto de toma á un primer depósito, de donde, por medio de un vertedero, situado en la pared opuesta, cae á la cámara de comprobación y de aquí pasa libremente á las acequias de riego. Una escala graduada, cuyo cero coincide con el nivel del umbral del vertedero, da por simple lectura el espesor de la lámina vertiente; esta escala va fija á una de las paredes laterales del primer depósito.

Los interesados pueden, en consecuencia, con una simple inspección, juzgar del modo cómo les es servido el suministro; pero si tuviesen algún temor ó creyesen notar irregular funcionamiento, ya por mala colocación de la escala, ya por otras causas, pueden exigir la comprobación directa del caudal que reciben, á cuyo fin se hace uso del depósito ó cámara de comprobación, cuyo volumen es igual al gasto por la toma durante un cierto tiempo. Una canal de palastro montada sobre unos carriles permite suspender en un momento determinado, desviándola, la entrada del agua en el depósito, y restablecerla instantáneamente á voluntad; de esta forma puede determinarse exactamente el tiempo que tarda en llenarse el depósito, y en consecuencia el gasto del vertedero.

Las obras de las tomas son costeadas en una ó diez anualidades por los concesionarios, pero su ejecución se hace por la Administración. Actualmente existen construídas 54 en el Canal principal, derivados y acequias.

Instalaciones complementarias.

En alguno de los modelos expuestos se ve la instalación telefónica, extendida hoy á gran parte de la red del Canal; la considerable extensión de ésta, y la multiplicidad de las estaciones que han de servirse, hacen adquiera esta instalación gran importancia; sólo por su medio podrá llegarse á un buen servicio

de explotación, y ella ha facilitado poderosamente la vigilancia y buena marcha de las obras.

Consignaremos, y la colección de fotografías bien lo demuestra, la atención que se ha otorgado al arbolado; muchos miles de plantas han sido puestas á todo lo largo de la canalización hecha, y se han establecido en diferentes sitios viveros, siendo de más importancia los situados en Perera, donde se ha hecho una instalación especial para su riego.

Modelo de postes kilométricos y hectométricos se presentan en el del acueducto del Nou; los primeros son de hormigón y en los segundos este material se refuerza con un sencillo recuadrado metálico que permite reducir su espesor á 0,05 metros.

Y no terminaremos sin consignar el gran número de casas-almacenes y casillas construídas por imposición de las condiciones de la zona en que la mayor parte del trazado se desarrolla. Su utilización ha de ser grande en la explotación de las obras, y diferentes de ellas se ven en las fotografías expuestas, mencionándolas en este lugar por estimar injusto que la carencia de modelo impusiera la ausencia al reseñar las instalaciones complementarias de una de las más importantes.

Hemos ya de concluir esta reseña. El bosquejo general que de la obra del Canal se ha hecho, la consideración del gran número é importancia de sus obras, la de la enorme escala en que todo el conjunto ha de ser realizado, seguramente no sugerirán á nadie ideas de despilfarros en los 32 millones de pesetas á que ascenderá el coste total del Canal de Aragón y Cataluña, incluyendo los gastos de explotación que desde 1906 exigen los riegos; merced al Canal pueden beneficiarse 105.000 hectáreas.

Vivamente deseamos se acorte todo lo posible el período de tiempo necesario para ello. La comarca literana habrá alcanzado entonces gran prosperidad y riqueza, saliendo para siempre de la miseria en que ha estado sumida, y España entera, al contemplar su desarrollo y gozar de sus ventajas, ha de sumar á la satisfacción del capitalista, que ve remunerado su dinero, la del cumplimiento de su deber de madre, no abandonando para siempre en la desgracia á uno de sus hijos.

APÉNDICE

El cuadro núm. 11 del folleto «Potencia de riego del Canal de Aragón y Cataluña», es resultado de un gran número de tanteos para determinar tipos medios que corresponden á diferentes condiciones de cultivo. Para que se comprenda mejor la justificación de esas hipótesis, se presenta á continuación el cuadro bajo otra forma que se presta más á la crítica razonada y permite modificar fácilmente los volúmenes de agua necesarios, cuando se entiende que proceden modificaciones de detalle.

Se admite que la superficie total regable—105.000 hectáreas—se rebaja en 7.000 hectáreas por pueblos, caminos, cauces, azarbes, terrenos de malas condiciones, etc., limitando el riego efectivo á 98.000 hectáreas.

Estas se distribuyen del modo siguiente.....	Cultivo de cereales.....	68.000
	Olivar y viñedo.....	15.000
	Huertas, cultivo intensivo.....	15.000
		98.000

Se supone que de las 68.000 hectáreas, se siembran anualmente 55.000 de *cereales de invierno*, dejando en barbecho 13.000 que se preparan para *cereales de verano, hortalizas y forrajes tempranos*. De éstas 13.000 se siembran 10.000, y una vez hecha la siega se preparan y siembran otras 10.000 de las que han dado cereales para *hortalizas y forrajes tardíos*, lo cual supone un cultivo anual de 105.000 hectáreas con los riegos que expresa el cuadro siguiente:

CULTIVOS	Superficie. — Hectáreas	Enero.	Febrero.	Marzo.	Abril.	Mayo.	Junio.	Julio.	Agosto.	Septbre.	Octubre.	Novbre.	Diciembre.	Número de riegos	Caudal de cada riego: m ³	Volumen necesario en millones de m. ³
Cereales de invierno.....	47.000	"	"	1/2	1/2	"	"	"	"	1/2	1/2	"	"	2	700	65,80
Cereales de terrenos espe- ciales.....	8.000	1	"	1/2	1/2	"	"	"	"	1/2	1/2	"	"	3	600	14,40
Olivar y viñas.....	15.000	"	1	1	1	"	"	"	1/2	1/2	"	"	"	3	500	22,50
<i>Rotación de cultivos.</i>																
Cereales, forrajes y hor- talizas tempranas.....	5.000	"	"	1	1	2	3	2	"	"	"	"	"	9	500	22,50
Maíz y judías.....	5.000	"	"	"	"	2	2	2	3	"	"	"	"	9	500	22,50
Cereales, forrajes tardíos y hortalizas tardías....	10.000	"	"	"	"	"	1	2	3	1	"	"	"	7	500	35,00
<i>Cultivo intensivo.</i>																
Alfalfas.....	9.000	"	"	"	1 1/2	2	2	3	2	1	1	"	"	12 1/2	500	56,25
Hortalizas y legumbres..	6.000	"	"	2	3	3	4	5	5	4	2	"	"	25	500	84,00
	105.000	4,8	7,5	21,35	44,60	28,00	38,50	48,50	50,25	44,10	29,35	"	"			322,95

Si se cree necesario algún riego más, se puede aumentar fácilmente en el cuadro anterior, y determinando el aumento de agua que supone, llevarlo al cuadro resumen que aparece a continuación y en el que se comparan los volúmenes de agua necesarios y los disponibles en el Canal durante los últimos años, evaluados en millones de m.³

MESES	Volumen necesario.	CAUDAL QUE PUEDE RECIBIR EL CANAL		
		1906	1907	1908
Enero.....	4,80	41,81	25,53	26,1
Febrero.....	7,50	29,89	19,70	17,36
Marzo.....	27,35	37,72	36,27	20,88
Abril.....	44,60	60,25	44,36	40,44
Mayo.....	28,00	81,17	80,15	86,86
Junio.....	38,50	88,78	87,01	
Julio.....	48,50	83,00	73,31	
Agosto.....	50,25	38,10	30,75	
Septiembre.....	44,10	46,65	45,85	
Octubre.....	29,35	53,24	93,41	
Noviembre.....	"			
Diciembre.....	"			
	322,95			

Dedúcese de este cuadro que dentro de sesenta ó más años, cuando se cultive la zona con 80.000 habitantes, se podrá encontrar algún pequeño déficit en casos especiales por primaveras frías que retrasen los mayencos, estiajes anticipados, etc., pero que verosimilmente pueden evitarse con una reserva de regulación de 20 ó de 25 millones (1).

MAREÓMETROS Y MAREÓGRAFOS DE SIFÓN

POR

EDUARDO MIER Y MIURA

PRIMERA PARTE

TEORÍA DE LOS MAREÓMETROS Y MAREÓGRAFOS DE SIFÓN

(CONTINUACIÓN)

Y observaremos, aunque sea de paso, que la solución que damos es general, porque la más usualmente admitida, ó sea la del disco giratorio, resulta de aquella haciendo

$$\alpha = 0^\circ; (r = l; p \cdot \cos \alpha = p; p \cdot \sin \alpha = 0),$$

y á ella no hay imposibilidad de acudir, aunque en el caso presente no nos parezca la preferible.

Dejando eso á un lado, conviene observar que, por la solución adoptada, está en nuestra mano, dentro de ciertos límites, disponer de las dos componentes del peso del contador, repartiéndole entre ellas en la forma que mejor nos plazca. En aumen-

tar ese peso, claro es que no hay dificultad alguna ni tampoco ventajas; en disminuirle sí debe haber empeño, ya que de este modo decrecen también los perjudiciales efectos de la inercia.

Claro es que las exigencias prácticas de construcción imponen un límite mínimo al peso de los contadores; pero este mínimo es suficientemente pequeño.

Hemos pesado un aparato de éstos, de la casa Schaeffer und Budenberg, de cuatro cifras, y encontrado el peso de 155 gramos; pero es de advertir que ese contador, bien hecho para el objeto á que le destinábamos al adquirirlo, consiente importantes reformas al aplicarlo á los mareómetros.

El mecanismo que, en rigor, constituye el contador de que hablamos, está montado dentro de una caja metálica, que pesa más de las dos terceras partes del peso total; así es que, sin cometer en ello exageración alguna, bien puede afirmarse que, sin gran esfuerzo ni gasto, pueden obtenerse contadores de cinco á seis cifras, cuyo peso sea de unos 100 gramos.

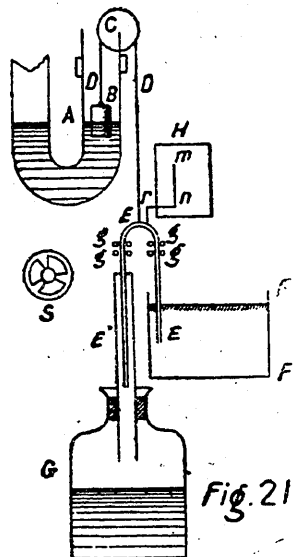
Aceptando este número y para α el valor de 45° , por ejemplo, resultará que la componente de adherencia valdrá unos 50 gramos, y otros tantos la de tracción sobre la cuerda C , habiendo de aumentarse á esta componente el peso de las varillas huecas de aluminio gg' y resultando una tracción para la cuerda ó alambre que, seguramente, no excederá de 200 gramos.

Aun cuando la cuerda PC sola y el flotante P pesaran otros 250 gramos, resultara que la masa que ha de moverse, $P_{covRr'}$, será la correspondiente á medio kilogramo, y sus efectos de inercia podrán desprejarse desde luego sin poderse comparar jamás á los que se desarrollan en el mareógrafo de Reitz.

Ofrécese, desde luego, al curso de cualquiera, infinitas variaciones que el aparato descrito puede experimentar, sin que resulte alterado su esencial modo de ser, y, solamente como ejemplos, citaremos el suprimir, cuando haya miedo ó excesivo peso, las varillas gg' , reemplazándolas por guías, entre las que resbale el contador, directamente sujeto por la cuerda, así como el poderse reemplazar el cono por otras superficies, ó bien por un disco rotatorio paralelo á la dirección gg' , etc., etc.

Otro totalizador más barato aún que el precedente y más práctico, á juicio nuestro, es el que representa la figura 21.

(Continuará.)



(1) A continuación se publican en la Memoria esmeradas fototipias de los planos y modelos premiados.