

Las obras hidráulicas de la Cuenca del Ebro¹

Labor de la Confederación

Regularización capital

El defecto común a la generalidad de los ríos españoles, la gran variabilidad de su caudal, se manifiesta en el Ebro de una manera muy acentuada. El establecimiento de embalses reguladores es por esto



Páramo de la Virga en la parte más encañada del vaso que ocupará el embalse

base obligada para toda mejora sustancial de su aprovechamiento. Aunque pueden colaborar mucho a este fin los embalses laterales que se construyan en los afluentes, es indudable la necesidad de regular el río principal. No es menos evidente la conveniencia de que las obras de regulación estén emplazadas hacia la cabecera, con objeto de que sus beneficios alcancen a la mayor zona posible. En este aspecto puede decirse que se ha llegado en el Ebro al límite de lo posible. Los entusiastas y meritisimos esfuerzos del director técnico de la Confederación, D. Manuel Lorenzo Pardo, se vieron coronados por el más completo éxito al descubrir en la propia cabecera del río, cuando apenas éste empieza a formarse y donde su cuenca es todavía muy inferior a la centésima parte de la total, un lugar de circunstancias excepcionales en el que poder construir un embalse de amplitud proporcionada al problema que se trataba de resolver. La singular topografía del emplazamiento del llamado pantano del Ebro permite que con una altura de embalse de unos veinte metros se logre una cabida de 540 millones de metros cúbicos. Un embalse de esta magnitud es, desde luego, susceptible de modificar muy apreciablemente el régimen del río, pero su influencia será naturalmente distinta, según el tramo que se considera y según el régimen que se adopte para el funcionamiento del pantano. En el proyecto, tras un detenido estudio, se adoptó como

finalidad principal de la obra la de asegurar en la zona central del Ebro, en la parte comprendida entre Lodosa y Sástago, un caudal permanente tan elevado como fuera posible. En esa zona se encuentran los importantes canales de Tauste, Imperial de Aragón y Lodosa. El de Tauste, por ser su toma la primera, dispone de toda el agua necesaria; en cambio, el Imperial, con zona regable de 28 000 hectáreas y capacidad de conducción de treinta metros cúbicos por segundo, ha llegado a ver reducido su caudal de estiaje a ocho metros cúbicos por segundo; en cuanto al de Lodosa, tendría que limitarse a asegurar cosechas de invierno si, mediante obras de regulación, no se suplementa el caudal de estiaje, ya que, como acabamos de ver, éste dista mucho de atender los preferentes derechos del Canal Imperial. La acción reguladora del Pantano del Ebro permitirá asegurar ampliamente la alimentación de estos canales; contribuye también a este fin la acción de embalses laterales, como el de Alloz, en el río Salado, cuya colaboración permitirá exten-

tender a otras zonas de regadío los beneficios derivados de la regulación del río principal.

Fijado el propósito de la regulación en la forma que se ha indicado, cabe todavía el desarrollarlo de muy diversas maneras. Se podía haber adoptado para el pantano el régimen de funcionamiento más corriente, o sea el de regulación anual. Los caudales que se podían haber asegurado en los diversos años serían entonces los siguientes:

AÑOS	Caudales
	M ³ por segundo
1906	59
1907	77
1908	91
1909	107
1910	126
1911	81,5
1912	49,5
1913	56
1914	69
1915	121
1916	69,6

En la figura 1.^a la línea quebrada número 2 representa gráficamente estos resultados; la línea 1 representa los caudales de estiaje en Zaragoza sin existir ninguna obra de regulación. Comparándolas se observa una mejora considerable, pues el caudal mínimo de estiaje ha subido de 12 a 49,5 m³; sin embargo, la regulación dista todavía mucho de ser com-

¹ Véase el número anterior, página 273.

pleta, pues los estiajes varían entre 49,5 y 126 m³ por segundo. Esto se remedia ampliando la misión reguladora del pantano de manera que funcione como hiperembalse de regulación por grupos de años, es

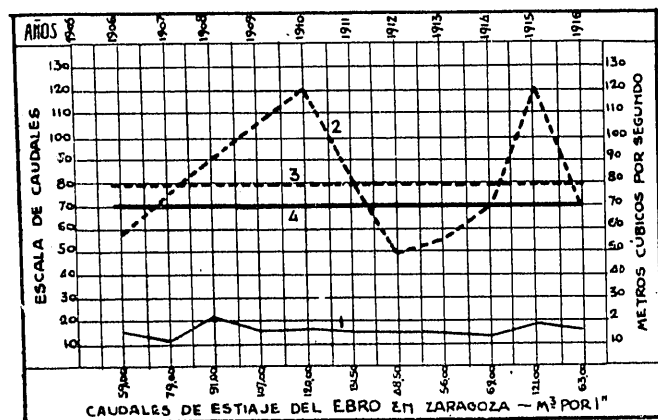


Fig. 1.ª

decir, acumulando los sobrantes de un ciclo de años abundantes para suplir las escaseces del ciclo siguiente de años secos. La línea 2 se transforma en-

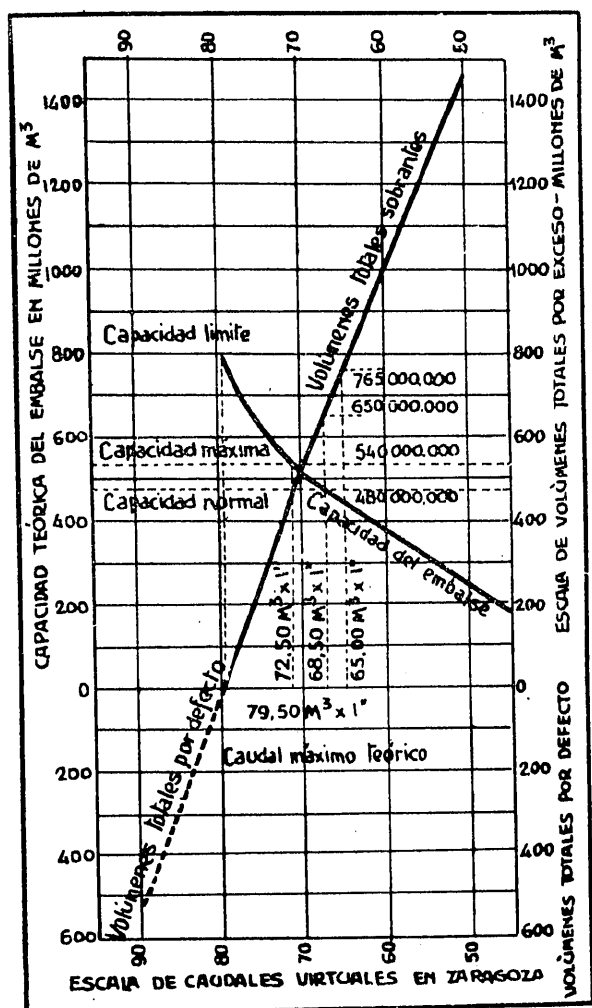


Fig. 2.ª

tonces en la 3, que corresponde a un estiaje teórico, es decir, a un aprovechamiento completo de los recursos disponibles; claro está, sin embargo, que habrá pérdidas, y para tenerlas en cuenta se ha reducido el

valor constante del estiaje al representado por la recta número 4, ó sea a 70 m³ por segundo.

Se ve, por tanto, que el máximo teórico del caudal constante de estiaje, el representado por la recta 3, es de 79,5 m³ por segundo. Para precisar cuál es el más conveniente en la práctica, se estudió la capacidad de embalse correspondiente a diversos caudales de estiaje, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Caudal estival en Zaragoza	Capacidad reguladora
m ³ por segundo	Metros cúbicos
40.....	190 000 000
45.....	220 000 000
50.....	250 000 000
55.....	358 000 000
60.....	380 000 000
65.....	450 000 000
70.....	525 000 000
75.....	640 000 000
79,5.....	800 000 000

Con los datos de este estudio se han dibujado las dos curvas de la figura 2.ª; una de ellas representa la

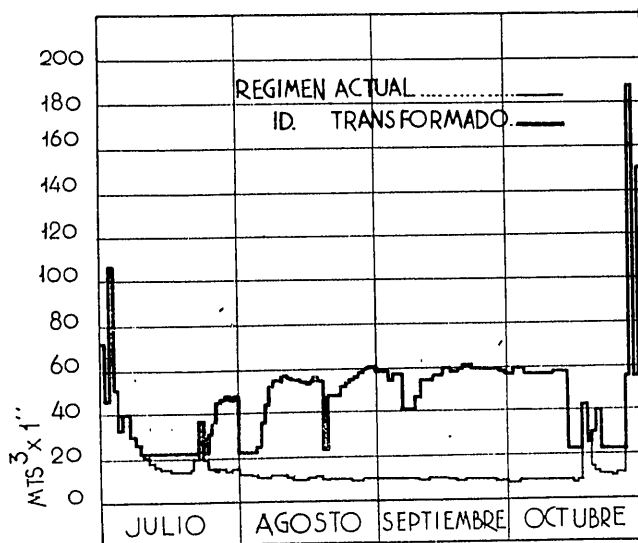


Fig. 3.ª Puente de Larrá. Estiaje 1914

variación de la capacidad del embalse, y la otra los volúmenes totales sobrantes, siendo en ambos casos las abscisas los caudales virtuales de estiaje en Zaragoza. La segunda se aproxima bastante a una recta; la primera lo es también sensiblemente entre los caudales de 50 a 70 m³, pero más adelante tiene marcada curvatura, que pone de manifiesto el rápido crecimiento de la capacidad de embalse necesario. Esto indica que no es ventajoso exceder el caudal virtual de 70 m³; también aconseja lo mismo la conveniencia de disponer de un volumen de aguas sobrantes que constituya un margen de seguridad para ciclos de años más secos que los considerados, pues indudablemente los habrá de condiciones más extremadas que las del reducido número de años a que ha podido extenderse el estudio. Teniendo en cuenta estas consideraciones y procurando tener ampliamente en cuenta las pérdidas o faltas de aprovechamiento del agua embalsada, se estimó que podría contarse en Zaragoza con un caudal virtual mínimo de 65 m³ por segundo. Del gráfico se deduce que la capacidad teóricamente necesaria es de 450 millones de metros cúbicos.

bicos, con un sobrante de 765 millones de metros cúbicos en todo el ciclo considerado. La cabida del

es relativamente más intenso, si bien no es aquel en que los rendimientos son mayores, y 4.º, trozo

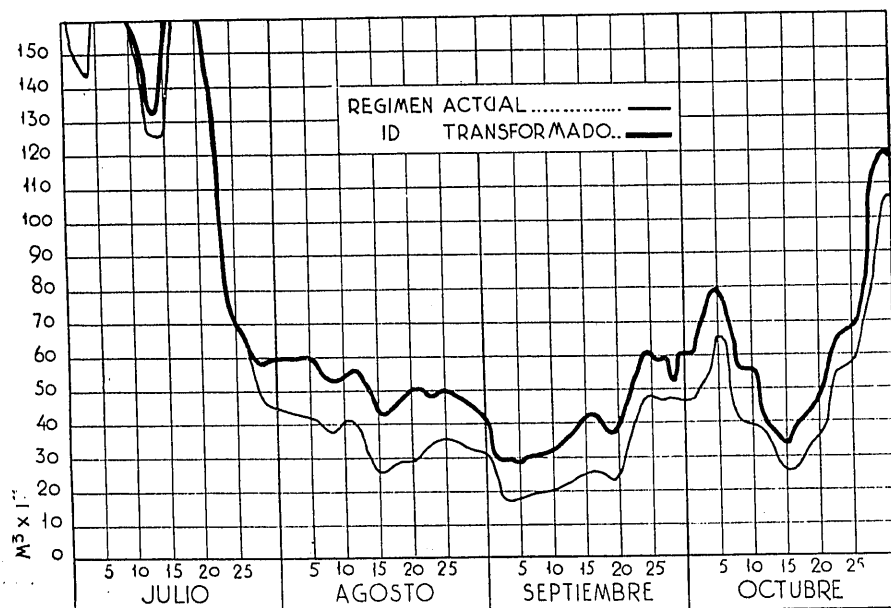


Fig. 4.ª Fayón. Estiaje 1914

embalse proyectado con las compuertas del aliviadero en su posición más alta es de 540 millones de metros cúbicos y el caudal asegurado $72,5 \text{ m}^3$ por segundo; queda, pues, un margen de $7,5 \text{ m}^3$ por segundo para hacer frente a las pérdidas y demás circunstancias desfavorables que en la realidad puedan presentarse. Asegurando así con holgura un caudal virtual de estiaje en Zaragoza de 65 m^3 por segundo, queda muy cumplidamente garantizada la alimentación de los canales de Tauste, Imperial y Victoria-Alfonso.

La regulación así concebida produce en el régimen del río una modificación apreciable a lo largo de la mayor parte de su curso, si bien, como es natural, con intensidad decreciente a medida que nos separamos del origen. Desde este punto de vista se puede considerar dividido el Ebro en cuatro tramos: 1.º, de caudal prácticamente nulo durante la época invernal o de acaparamiento, el comprendido entre el embalse y el primer afluente, que es el río Polla, cerca de Bárcena de Ebro; 2.º, tramo de mínimo invernal inferior al actual estiaje, el comprendido entre el río Polla y Polientes; 3.º, tramo de mínimo invernal superior al estiaje actual, que comprende el trayecto entre Polientes y las desembocaduras de los ríos Oca y Nela, muy próximas entre sí. En este trozo es donde el efecto regulador

cerca. En el valle superior del Ebro existen para este fin amplias posibilidades, a las que por el momento

en que la época de junio a octubre sigue siendo la de mínimo caudal, a pesar del suplemento recibido del embalse. En estas condiciones seguirá estando la mayor parte del curso del río, si bien con caudales de estiaje superiores a los actuales, en mayor o menor proporción, según cual sea la zona que se considere. Como ejemplos se acompañan en las figuras 3.ª y 4.ª dos gráficos correspondientes a Puentelarrá, cerca de Miranda de Ebro, y a Fayón.

Aunque el Pantano del Ebro constituya la base de la regularización del río, contribuirán a este fin otras diversas obras; aparte de la eficaz colaboración de los embalses laterales a que anteriormente se ha aludido, existe el propósito de construir en el propio Ebro obras complementarias del embalse de cabe-

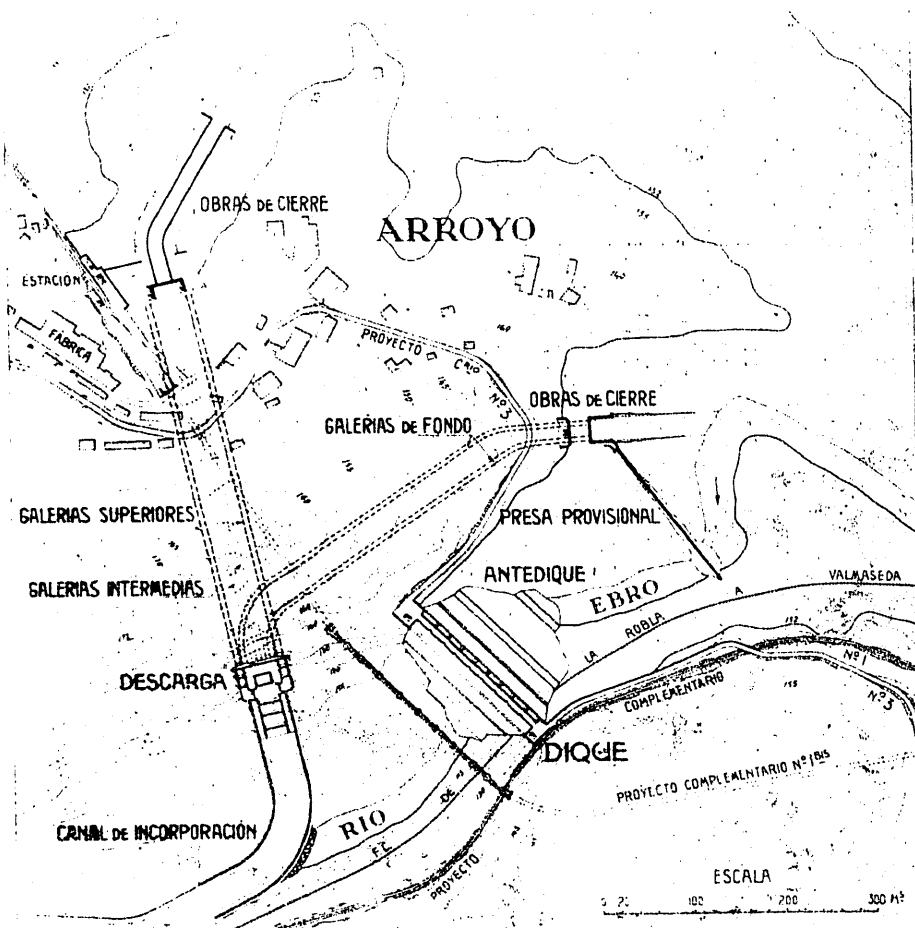


Fig. 5.ª Pantano del Ebro. Plano de conjunto de sus obras hidráulicas

no urge recurrir, pero que constituyen un recurso muy valioso para cuando la utilización de las aguas

se haya intensificado lo suficiente para justificar la ejecución de nuevas obras. Entre éstas forma ya parte

puede constituir un complemento muy estimable de este embalse, sobre todo para completar el aprovecha-

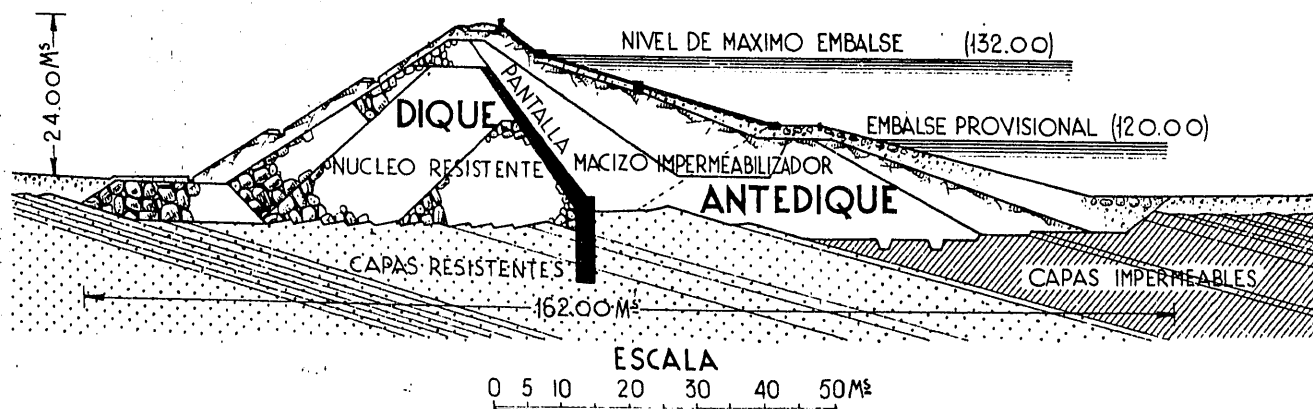


Fig. 6.ª Sección transversal del dique

de los planes de la Confederación la construcción de un embalse en Los Tornos de Colina. Esta obra, si-

nimiento industrial de la zona alta del río, que puede resultar muy interesante.

Expuestas a grandes rasgos las características principales de la regulación, vamos a dar una breve

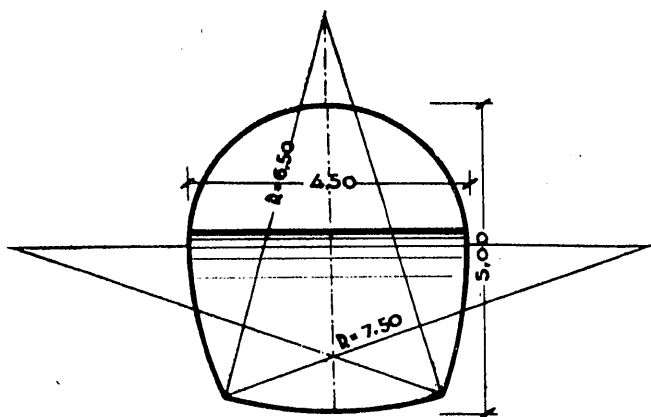


Fig. 7.ª Sección de las galerías laterales del desagüe de fondo y de los túneles superiores del aliviadero y de las tomas

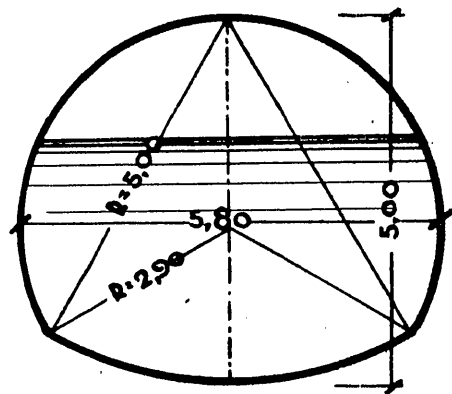


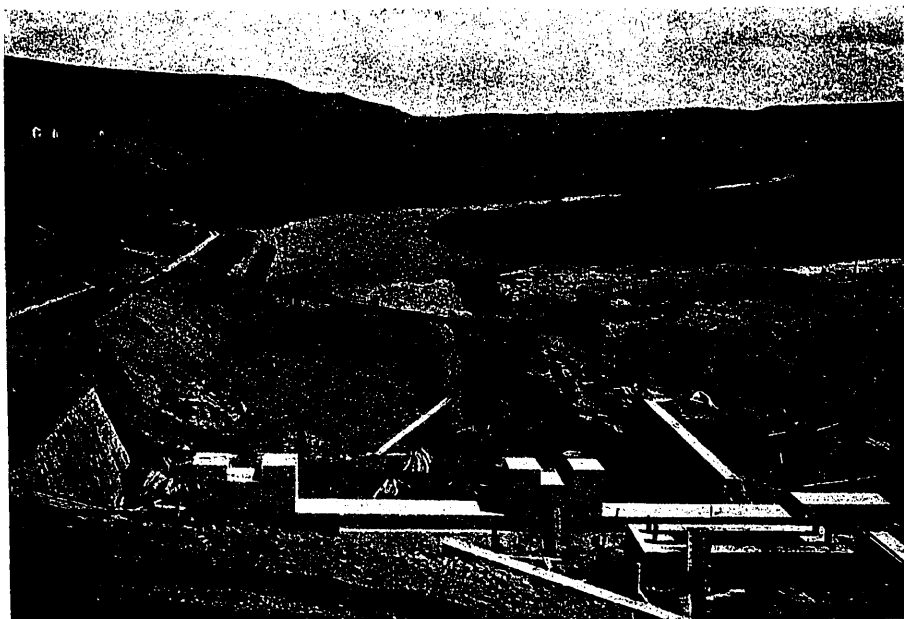
Fig. 8.ª Sección de los túneles inferiores del aliviadero y de las tomas

tuada en el tramo alto del Ebro, pero en sitio donde éste ha recibido algunos afluentes de relativa importancia no regulados por el pantano de cabecera,

noticia de las obras del pantano, constituidas por el dique, los desagües de fondo, las tomas de agua y el aliviadero de superficie (figura 5.ª).

El dique, cuya sección transversal se representa en la figura 6.ª, consta de dos macizos principales, el impermeabilizador y el resistente; el primero está constituido por tierras apisonadas y se apoya sobre las capas impermeables de margas, y el segundo está formado por escolleras de distintos tamaños que descansan sobre capas resistentes de calizas y areniscas; ambas zonas están separadas por un fuerte muro de mampostería cimentado sobre una pantalla de hormigón.

El desagüe de fondo está constituido en su origen por tres túneles; en el central van instaladas dos tuberías de un metro de diámetro, las cuales, pasada la cámara de compuertas, van a desembocar a la parte inferior



Pantano del Ebro, Desviación del río hacia el canal de acceso a los desagües de fondo

de las galerías laterales, de manera que en el resto del trayecto sólo continúan estos túneles laterales, cuya sección transversal es la representada en la figura 7.^a.

La toma de aguas lleva en su parte inferior cuatro compuertas y un poco más arriba seis tuberías. Esta parte de la obra está combinada con el aliviadero de superficie, constituido por ocho compuertas móviles de 2,50 m de luz. El agua procedente del aliviadero y de las diversas tomas va a parar a cuatro túneles, de los cuales los dos superiores tienen la misma sección que los de fondo y los otros dos la que se representa en la figura 8.^a. Las aguas procedentes de todos los túneles se reúnen en una



Entrada a los desagües de fondo

se llevan contruídos unos 100 m lineales, con una profundidad máxima de 6,50 m.

Se trabaja también en la perforación de los seis túneles de los desagües, de los cuales están calados tres, y se espera que los otros tres lo estén en plazo breve. Entre los seis suman 2 630 m, y las longitudes de obra ejecutada son: avance, 2 375 m; ensanche, 2 049 m; destroza de cunetas, 1 618 m; destroza de los estribos, 1 422 m; revestimiento de bóvedas, 1 994 m, y revestimiento de estribos, 1 418 m.



Obra de descarga

obra final de descarga, provista de una serie de escalones que tienen por objeto amortiguar la fuerza viva, y de allí arranca el canal de incorporación de las aguas al río.

Para desviar éste por los túneles de fondo durante la ejecución del dique, se ha proyectado una presa provisional de derivación, cuya situación puede verse en el plano de conjunto y cuya sección transversal se reduce a un núcleo de hormigón en masa, respaldado por el lado de aguas abajo por escollera y por el de aguas arriba por tierras apisonadas.

Actualmente se trabaja en la ejecución de este núcleo, del que



Obra de descarga y canal de incorporación

No se ha tropezado en la perforación con dificultades excepcionales; sin embargo, en unos sitios las condiciones naturales del terreno, y en otros los hundimientos producidos por antiguas labores de una mina de carbón allí existente, han sido causa de desprendimientos que han hecho el avance lento y penoso y han obligado a aumentar hasta un metro el espesor del revestimiento de hormigón, que normalmente es de 50 cm.

Se llevan también bastante adelantadas las excavaciones y revestimientos de los amplios canales de acceso al desagüe de fondo y a la toma de aguas, y asimismo se han ejecutado importantes volúmenes de excavaciones y hormigón en la obra final de descarga.

La cantidad total gastada en las obras hidráulicas

hasta el mes de abril asciende a 2 792 704 pesetas.

Como obras complementarias de las hidráulicas figuran algunas variantes de ferrocarril y carreteras afectadas por el embalse. De ferrocarril habrá que construir unos treinta kilómetros de vía de un metro; los trabajos todavía no han empezado, pero se espera comenzarlos muy en breve.

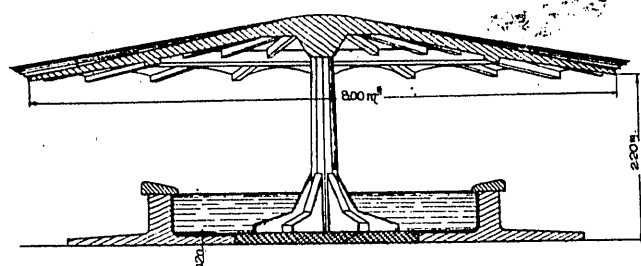
Las variantes de carretera comprenden las de Reinosa a Las Rozas, Reinosa a Cabañas de Virtus y Las Rozas a Cilleruelo, con una longitud total a construir de unos 35 km. Se trabaja en las dos primeras, que están bastante adelantadas.

La cantidad invertida en las diversas obras complementarias hasta el mes de abril asciende a pesetas 905 780,15.

José GONZÁLEZ LACASA
Ingeniero de Caminos

Un paraguas de hormigón armado en Oviedo, o el ojo clínico del ingeniero

Presiento el gesto indefinido del lector ante el desconcertante título de este artículo, que inevitablemente le llevará al recuerdo de la efígie de Muñoz Seca... Ya sé que el título se las trae; pero también puedo afirmar en descargo de mi conciencia que está puesto con toda honradez, y que, a diferencia de los



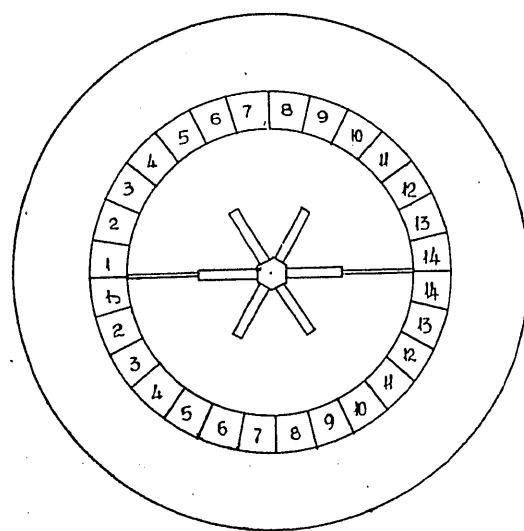
Corte y proyección vertical

que acostumbra a usar el regocijante autor, no hay otro que con más precisión indique lo que va a venir después... Indulgencia, lector; indulgencia para lo que va a venir después..., ya que sólo a título de ameno pasatiempo escribimos este artículo para la REVISTA. Porque somos de parecer (conviene dar una explicación) que en este mundo no es preciso tomar las cosas tan en serio, por considerar muy saludable que de vez en cuando dejemos a nuestro ánimo que se expanda libremente, para que pueda buscar, en la frivolidad oculta que todas las cosas de esta vida poseen en grado suficiente, un momento de goce espiritual, tan necesario para él. Y el tiempo no se pierde. De lo frívolo a lo serio no hay más que un paso, y como el ingenio no está reñido con lo primero, resulta que a veces se desprenden sabrosas enseñanzas. Esta obrita, ligera, pero tratada con el mimo singular que requiere todo lo frívolo, pone de manifiesto con maravillosa claridad la admirable docilidad constructiva del hormigón armado.

Es, por lo tanto, este trabajo como un ejercicio práctico que podría ponerse a los alumnos de la Escuela para familiarizarse con el hormigón armado y para ir formando lo que podría llamarse *el ojo clínico*

del ingeniero, al cual ojo le damos tal importancia que todo proyectista debe poseerlo en cantidad suficiente para que de golpe y con poco error pueda fijar las dimensiones de los elementos estructurales que luego el cálculo comprobatorio precisaría. Ya sé que en esta materia estamos completamente de acuerdo con nuestra Escuela, y que en las clases de trabajos gráficos es esto, en gran parte, lo que se pretende inculcar a los alumnos, preparándoles para este adiestramiento de la vista, y de tanta utilidad, que hasta me atrevería a proponer la creación de una sección con un gran letrero, para que no dejase lugar a dudas acerca del objeto de los ejercicios, que dijese: *Clase del ojo clínico del ingeniero*.

Recibimos el encargo de proyectar una cubierta



Planta

para la creación de un pequeño mercado, destinado exclusivamente a la venta de leche, que resguardase a las lecheras y al marfileño líquido del agua que por estas tierras con tanta prodigalidad nos cae del cielo. No quería nuestro alcalde que sucediese a las leche-