

Saltos del Duero

Aprovechamiento de aguas del río Esla

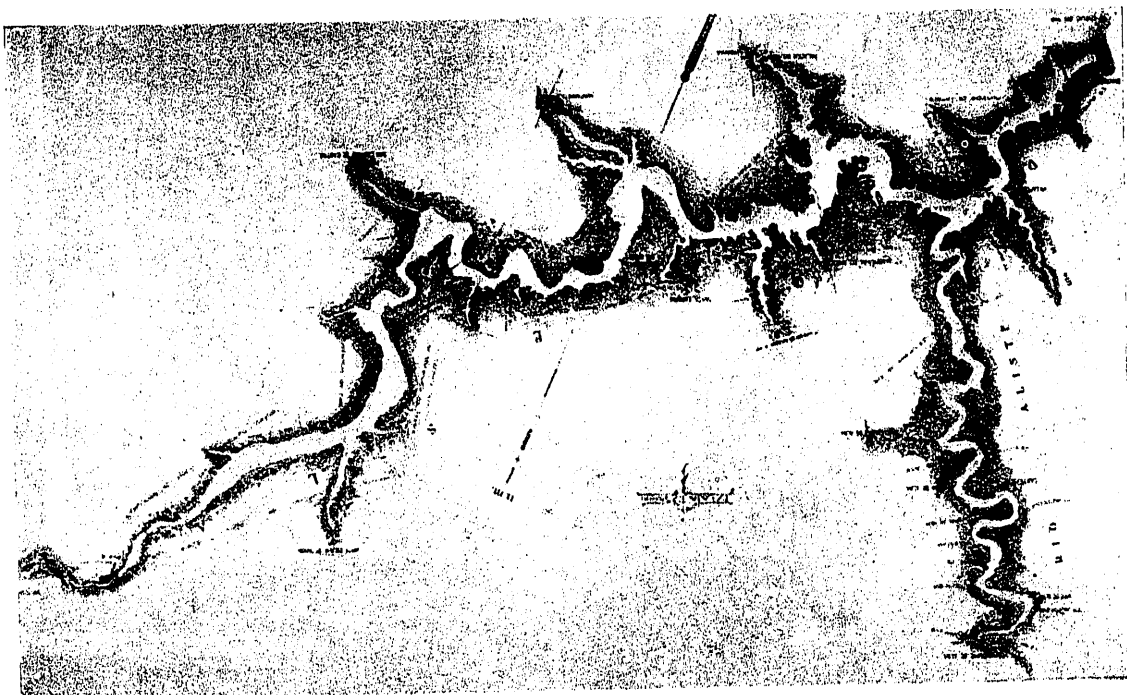
II

Características del proyecto

El aprovechamiento de aguas del río Esla, afluente del Duero, con el que se ha iniciado el período de ejecución del gigantesco plan de las concesiones otorgadas a la «Sociedad Hispanoportuguesa de Transportes eléctricos—Saltos del Duero, S. A.—», consiste en esencia en la creación, mediante una presa de altura, de un embalse de gran capacidad y la utilización,

en menos de un tercio de su total población de 1 636 habitantes.

En planta, el embalse forma una Y, cuyo pie es un tramo del Esla, de 9,7 km de longitud, estando constituidos sus brazos por el tramo inmediatamente superior del mismo río, con 52,5 km de longitud, y por el tramo del río Aliste, de 31,5 km entre Vegalatrave y su desembocadura en el Esla. Con el embalse lleno se podrá, por lo tanto, navegar a lo largo de más de 90 km. El lago Lemán tiene 72 km de longitud. Junto al punto de encuentro de ambas ramas está situado



Fotografía del plano del embalse

en salto creado por la presa, del caudal regulado en el embalse.

Características del embalse.—El río Esla, antes de su confluencia con el Duero, corre por un valle, de formación casi exclusivamente siluriana, limitado al Norte, en término de Bretó, por el valle terciario en que está enclavado Benavente, y al Sur por la cerrada granítica de Ricobayo, en las proximidades de Zamora, que lo separa del valle del Duero. El valle así definido constituye el vaso del embalse que se pretende crear, y su posición geográfica en la cuenca es tal, que recoge la totalidad de las aportaciones de la cuenca del río Esla.

Las condiciones geológicas del vaso, constituido todo él por terrenos primarios, son inmejorables; las condiciones topográficas son tales, que con una presa de 90 m de altura y 240 m de cuerda en coronación se consigue un embalse de mil millones de metros cúbicos; y en cuanto a las circunstancias demográficas, baste decir que en una superficie ocupada de 5 000 Ha se inundan por completo tres pueblos con una población total de 410 habitantes y se afectan otros ocho

el poblado de San Pedro de la Nave, que se inunda totalmente. Este hecho no es insignificante, por la circunstancia de ser su iglesia parroquial una joya del arte visigótico de fines del siglo VII.

Precisando cifras, señalaremos que la cota de máximo embalse es la 681 sobre el nivel del mar, y que el fondo del río en el punto de ubicación de la presa está a la cota 593, siendo la capacidad del vaso entre las cotas indicadas de 995,7 millones de metros cúbicos. Ocupa, pues, este embalse por su capacidad el primer lugar entre los construidos y en construcción en Europa.

Recursos hidráulicos de la cuenca.—Trece años de aforos continuados, cuyo detalle conocen los lectores de la REVISTA ¹, han permitido adquirir un perfecto conocimiento del régimen hidráulico del Esla. La aportación media del río es de 5 750 millones de metros cúbicos de agua en el año astronómico, y el cau-

¹ Véanse los dos artículos publicados por el ingeniero de Caminos D. Víctor de Nô en los números de 15 de noviembre y 1.º de diciembre de 1925, págs. 514 a 519 y 541 a 547, respectivamente.

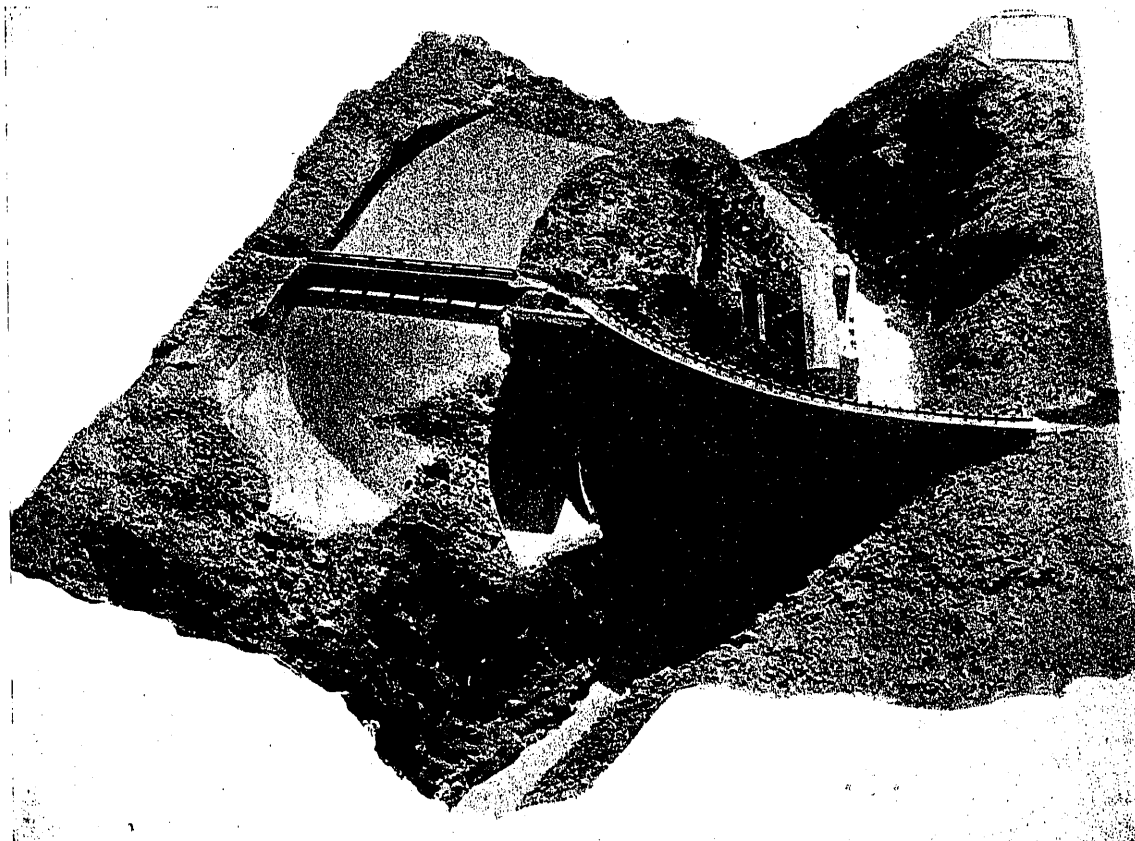
dal medio diario resulta ser de 182,33 m³/seg. Referidos estos datos a los 17 020 km² de extensión de la cuenca, dan un caudal específico de 10,7 l/seg. y km² de cuenca. Los mismos aforos han conducido a la conclusión de que la riqueza hidráulica del Esla es superior a la del Duero, antes de su confluencia, a pesar de tener una cuenca tres veces menor.

La distribución de aguas en las distintas épocas del año coincide con la de los restantes ríos españoles, lo cual avala en mayor grado el poder regulador del embalse. El caudal desciende en pleno estiaje a la cifra inverosímil de 500 l/seg. y las máximas avenidas alcanzan, en cambio, valores del orden de 5 000 m³/seg. El régimen de primavera es abundan-

igual a la presión hidrostática en el paramento de aguas arriba y nula en el paramento de aguas abajo; la carga máxima de trabajo, en el caso de no existir subpresión y con la densidad indicada, resulta ser de 21,50 kg/cm² para los 90 m de altura de presa. El procedimiento de cálculo seguido ha sido el de Pigeaud, y para determinar la anchura en coronación con radio de 250 m se ha hecho uso de las fórmulas de Jacobsen.

El cubo que resulta para la presa, en el caso de peores condiciones de cimentación, asciende a 360 000 m³ de fábrica de hormigón de una dosificación media de 200 kg de cemento por metro cúbico.

Comparadas las características de altura y cubo



Fotografía de la maqueta de la presa y central del Esla y de sus obras accesorias

tísimo en aguas y garantiza que el vaso se llene aun en los años de más fuerte sequía.

La regulación media que puede alcanzarse mediante el embalse del Esla es de 96 m³/seg, o sea unas doscientas veces el caudal de estiaje del río y unas siete veces el caudal de estiaje del Duero a su entrada en Portugal.

Presa de embalse.—En el punto que la toponimia local designa con el nombre de «Lamas Frías», términos de Ricobayo y Muelas del Pan (provincia de Zamora), se proyecta cerrar el valle, mediante una presa de hormigón de 90 m de altura sobre el fondo del río y 240 m de longitud de cuerda de coronación.

La planta de la presa es curva, con radio de 250 m, y el perfil adoptado es triangular, con talud de 0,80 en el paramento de aguas abajo y de 0,05 en el paramento de aguas arriba; el espesor en la coronación será de 9 m y se consigue añadiendo un triángulo invertido al perfil del cálculo.

Las hipótesis de cálculo suponen una densidad de la fábrica de 2 450 kg y una subpresión de intensidad

de presa con el volumen de embalse creado, resultan las siguientes relaciones:

$$\frac{\text{Volumen de embalse}}{\text{Altura de presa}} = 11,06 \text{ millones}$$

$$\frac{\text{Volumen de embalse}}{\text{Cubo de hormigón}} = 2\,765$$

Es decir, que a cada metro de altura corresponde un embalse medio de 11,06 millones de metros cúbicos, y que cada metro cúbico de presa permite almacenar 2 766 m³ de agua; si adelantando cifras de probable costo de las obras de embalse, incluyendo los costos de expropiaciones, variantes de caminos, etc., y separando los correspondientes a las instalaciones de producción de energía, aceptamos un costo total aproximado de 30 millones de pesetas, el precio del metro cúbico de embalse resulta ser de 0,03 pesetas.

La variación del volumen de embalse con la altura, se hace patente con decir que mientras los cinco pri-

meros metros crean 100 000 m³, al último metro de altura corresponde una capacidad de 52 millones de m³.

Como accesorios de la presa, se prevé un muro de guarda, cuya importancia será determinada por los datos que revele la excavación de la zanja de cimentación y una serie de pozos de inyección a lo largo de la cimentación del paramento de aguas arriba. En el interior de la presa se proyecta una galería de inspección y drenaje que corre paralelamente a la cimentación, del lado del paramento de aguas arriba, y provista de pozos de inyección y drenaje.

Como precauciones para la retracción del hormigón, se preven, asimismo, juntas de contracción que se proyecta rellenar, después de pasado un año de la construcción de los macizos adyacentes en la época más fría compatible con la fabricación de hormigón. La distancia entre juntas varía, de la parte inferior a la superior, de 40 m a 10 m, y es probable que se modifique, reduciendo más la distancia en la parte baja y aumentándola en la superior.

El desagüe de fondo se establece en una de las galerías de desviación de aguas recientemente terminadas, cuya sección es de 26 m², y en ella se instalará un juego de tres compuertas dobles manejables desde un pozo con acceso lateral por la ladera.

Aliviadero.—El aliviadero se proyecta en un pequeño puerto que forma la ladera izquierda, a unos 40 m de distancia del estribo de la coronación; la anchura del canal es de 110 m, y la altura de desagüe en las compuertas, de 8 m. La excavación del aliviadero, todo él en roca, representa un cubo de 375 000 m³, que se proyecta utilizar como cantera de la obra.

El vano de desagüe se distribuye en siete de 14 m de luz, que se equiparán con compuertas Stoney o de sector, según el estudio económico lo aconseje. De todas maneras, sea uno u otro el tipo que se adopte, no se proyecta hacerlas todas ellas con dispositivo automático.

La capacidad del aliviadero permite evacuar 4 500 m³/seg, que, habida cuenta del efecto retardador del embalse en la máxima avenida, es más que suficiente para el pico de 5 400 m³ en que se calcula

la intensidad del de la máxima crecida de los últimos cincuenta años.

Aprovechamiento hidroeléctrico.—El tipo de aprovechamiento que se crea es el de una central de pie de presa, que utiliza el salto variable del embalse. El nivel de aguas en el desagüe corresponde a la cota 593, y la variación en el embalse está comprendida por las cotas 640 y 681; el salto podrá, pues, variar entre 88 y 46 m brutos.

De la toma, proyectada en la ladera derecha, parten seis tuberías de 3 m de diámetro, alojadas dos a dos en túneles de 9 m de anchura y 5,50 m de altura en clave; las tuberías, antes de su salida al exterior, abocan en una batería de chimeneas de equilibrio, enlazadas de manera de poder dejar fuera de servicio cualquiera de ellas sin que se perturbe el régimen de unidades en marcha en la central. Las chimeneas de equilibrio, según el proyecto, tienen 50 m de altura y están formadas en su parte superior por tubería de 7 m de diámetro.

La longitud media de tubería entre toma y chimeneas de equilibrio es de 120 m, y entre chimeneas y central, de 60 m.

La central se proyecta a base de la instalación de seis unidades constituidas por turbinas de eje vertical de 25 000 CV en salto mínimo y alternadores de 30 000 K. V. A, que con el salto máximo podrán suministrar más de 180 000 CV.

Hecho el estudio del funcionamiento del embalse en el año más desfavorable de los aforados, que resulta ser el de 1923, por la duración del estiaje, se hubieran podido obtener, descendiendo el embalse hasta la cota 651 y contando solamente con la energía permanente, 360 millones de Kw-hora, medidos en bornas de salida de transformadores elevadores.

Los datos anteriores están extractados del proyecto, que probablemente, en la ejecución, sufrirá algunas modificaciones en las chimeneas de equilibrio, en el número de grupos hidroeléctricos, en la situación de las tuberías, etc., con arreglo a las condiciones que últimamente se determinen con toda precisión; pero la esencia del embalse del Esla será la indicada.

Pedro MARTÍNEZ ARTOLA
Ingeniero de Caminos

Un puente en los Alpes Bávaros

Actualmente está en construcción en un pintoresco barranco de los Alpes Bávaros una importante obra de hormigón armado, que tuve ocasión de visitar este verano, acompañando a los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Munich en viaje de estudio.

Un par de días antes de la excursión tuvo lugar en una de las aulas un acto preparatorio, en el cual el distinguido Prof. Spangenberg (quien me facilitó la visita, recordándome, con elogio, el nombre de nuestro profesor Sr. Ribera) hizo un cuidadoso análisis de las obras análogas más importantes, construidas y en construcción, sirviéndose del aparato de proyecciones, y explicó el proyecto y proceso de construcción del nuevo puente, proyectándose finalmente una película que mostraba distintos aspectos del montaje de la armadura. También se leyó un pro-

grama detallado de la excursión, que, además, comprendía principalmente la visita de la Iglesia parroquial de Rottenbuch, característica muestra del arte rococó popular bávaro.

La antigua carretera Augsburg-Oberammargau-Innsbruck, que corre por la meseta suabo-bávara, necesita bajar entre las villas de Schongau y Oberammargau (donde tienen lugar las célebres Representaciones de la Pasión), el barranco del Ammer, de un centenar de metros de profundidad, produciendo grandes molestias y peligros al tráfico, siempre intenso. Para evitarlos totalmente decidió hace algún tiempo el Estado de Baviera la construcción de un puente al mismo nivel de la meseta, convocando en la primavera del año pasado, por medio de la Oficina de Obras de Carreteras e Hidráulicas, de Weilheim