

Viaje por Francia¹

II

Instalación de acumulación hidráulica de los lagos Blanco y Negro.

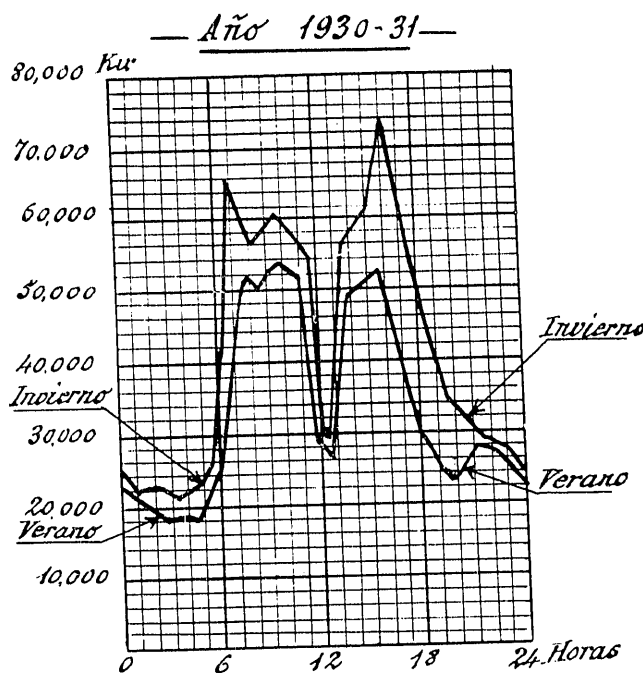
Como complemento a las visitas que efectuamos al primer trozo del Gran Canal de Alsacia (Salto de Kembs), y del que hemos dado cuenta en líneas generales en el número de 1.º de febrero de esta *Revista*, visitamos también en el viaje de ampliación de estudios, y en su último período de montaje, la instalación de la que vamos a dar cuenta.

Interés de la acumulación. — El ya en marcha salto de Kembs y los demás que hasta el número de ocho piensa construir la Sociedad de Energía Eléctrica del Rhin, saltos de los que los franceses llaman "au fil de l'eau", es decir, de pequeña altura y mucho caudal, y en los que además éste se mantiene casi constante, resultaría muy interesante que su marcha de consumo fuese también constante, con lo que el rendimiento de la potencia instalada sería máxima.

Esta condición no se cumple, sino muy al contrario, las variaciones de consumo, sobre todo las variaciones diarias llegan, sin que sea extraño, al cien por cien de la media. Como ejemplo publicamos un diagrama tipo de las jornadas de verano e invierno de "Forces Motrices du Haut-Rhin", filial de la antes citada Sociedad y en el que a pesar de servir una zona muy industrializada (cualidad que suaviza las irregularidades), vemos que tiene éstas bien acentuadas.

¹ Véase el número de 1.º de febrero, pág. 49.

Diagrama tipo de una jornada de invierno y de verano



La acumulación de energía salva este grave inconveniente, almacenando ésta en las horas en que el consumo es inferior a la producción y suministrándola sumada a la producida por la central principal al sobrepasar la demanda las posibilidades de ésta.

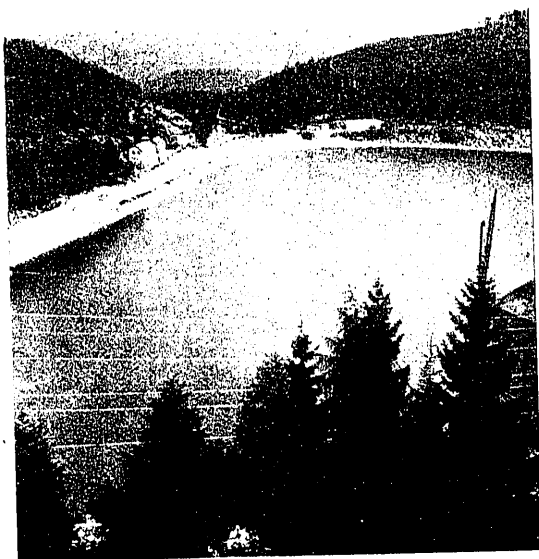
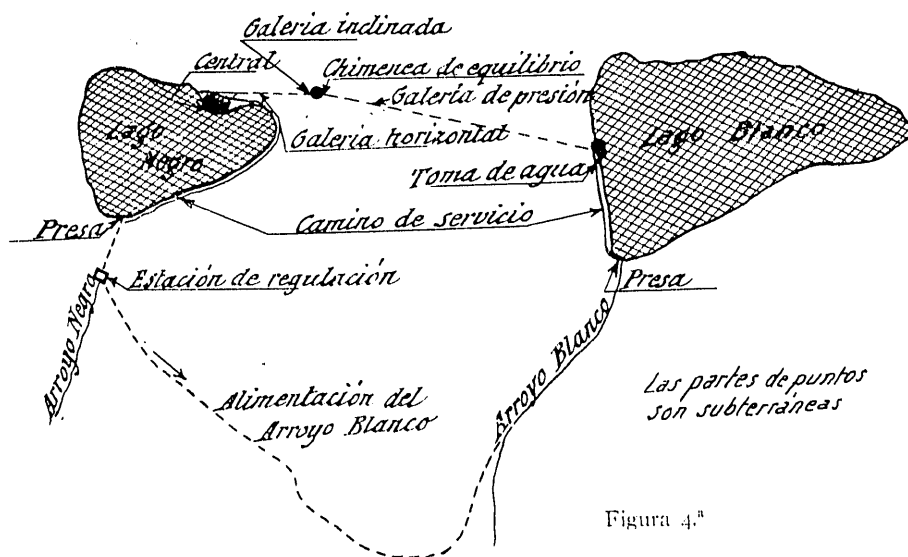


Fig. 2.ª — Lago Negro, visto desde la tubería de presión. A la derecha, la Central; al fondo, la presa.



Fig. 3.ª — Toma de agua en Lago Blanco.

— Plano de conjunto —

Figura 4.^a

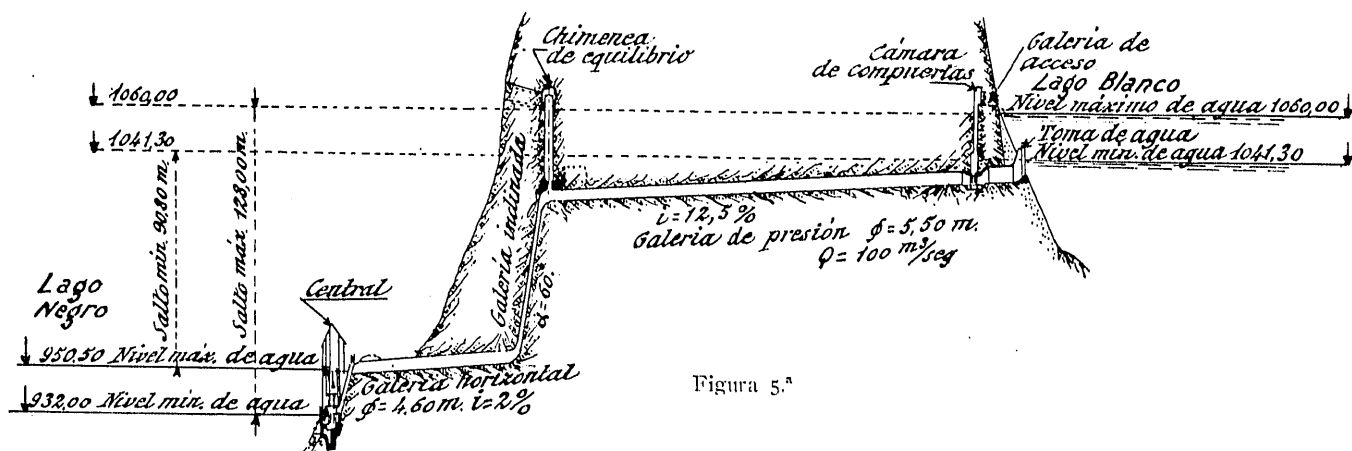
que como vemos en este juego tiene una marcha casi constante.

Desechadas en instalaciones de importancia las formas de acumulación por baterías de acumuladores, por calor y otras cuyo rendimiento y precios de instalación las hacen inservibles, no queda otro recurso práctico que la acumulación hidráulica que, como sabemos, consiste en dos depósitos situados a distinto nivel y una masa de agua que en caso de sobrar energía de la central es elevada del inferior al superior por medio de bombas que consumen esta energía y, caso de faltar, pasan del superior al inferior, moviendo las turbinas y produciendo la energía que falta.

Entre las instalaciones de este género realizadas en estos últimos años, son las más importantes:

	Capacidad del depósito superior, m. ³	Salto medio, m.	Potencia instalada (en C. V.)	
			Turbinas.	Bombas.
Niederwarta (Alemania).	2 000 000	134	120 000	100 000
Herdecke (Alemania).	1 600 000	155	104 000	136 800
Brinhausen (Alemania).	760 000	291	164 000	116 000
Lagos Blanco y Negro (Francia).	2 000 000	109	96 000	81 000

— Perfil longitudinal —

Figura 5.^a

Las tres primeras tienen principalmente como energía de central la térmica, y sus depósitos superiores son artificiales, así como el inferior de la primera.

Descripción de la instalación. La Sociedad Hidroeléctrica de los Vosgos, formada por la fusión de las de Energía Eléctrica del Rhin y Fuerzas Motrices del Alto Rhin, ha resuelto el problema que hemos dicho se le presentaba en el salto de Kembs mediante una instalación de acumulación hidráulica.

Para esta instalación se han utilizado las condiciones topográficas de los lagos Blanco y Negro. Los dos lagos están separados por una distancia horizontal de un kilómetro aproximadamente, y presentan una diferencia de nivel que permite realizar un salto máximo de 128 m.; el volumen de la reba-

nada de agua que se puede utilizar sobrepasa los 2 000 000 de metros cúbicos.

Los dos lagos, de formación glaciaria, habían sido provistos de sendas pequeñas presas para que sirvieran de embalses reguladores de los dos arroyos que de ellos parten. Las reservas anuales constituidas en cada uno de los lagos para la regulación de dichos arroyos, son hoy día reunidas en el lago superior (lago Blanco).

Los dos arroyos discurren por cuencas diferentes y como el desagüe del lago Blanco en su arroyo se suprime, se distribuirá el agua que ahora lleva el arroyo Negro entre él y el Blanco mediante una estación de regulación colocada aguas abajo del lago Negro; esta estación permitirá suministrar a los dos arroyos los mismos caudales que antes de la ejecución de esta instalación.

El agua destinada al arroyo Blanco discurre por una conducción de cemento que desemboca a unos 600 metros aguas abajo del lago Blanco en su arroyo correspondiente. Salvo en la zona del arroyo Blanco, entre el lago y la desembocadura de esta conducción, sus condiciones de gasto no están modificadas.

La instalación, en grandes líneas, comprende:

Una toma de agua construida en el lago Blanco,

al pie de la roca conocida con el nombre de Château Hans.

La embocadura de la toma, doble, puesto que las compuertas son dos, se observa en construcción en la foto, en la que se ven las viguetas horizontales dispuestas para soportar las rejillas. Desde esta embocadura parten dos tuberías que abocinan hasta la cámara de compuertas con 3,20 m. de diámetro, formadas de palastro soldado. La cámara de compuertas está establecida en pozo con galería de acceso; las compuertas son del tipo de mariposa, en número de dos por cada tubería, con manejo por motor eléctrico y a mano. Las compuertas de aguas arriba están provistas de un mecanismo de cierre rápido, mediante un contrapeso que está soportado por un electroimán que lo suelta, y hace funcionar en caso de accidente.

Se han proyectado dos tuberías en la toma, en primer lugar para reducir las dimensiones de las válvulas y también para obtener buenos resultados en los ensayos de bombas y turbinas, pues habiéndose proyectado el aforo de caudales mediante molinetes en una de estas tuberías, mientras la otra permanece cerrada se tendrán velocidades mayores y, por lo tanto, mejor medibles que en una toma única.

Las dos tomas se reúnen aguas abajo de la cámara de compuertas y se acuerdan con una galería revestida de hormigón de 5,50 m. de diámetro que conduce en línea recta y con pendiente uniforme de 12,5 por 1000 a la chimenea de equilibrio.

Esta chimenea de equilibrio está también construida dentro de la roca y revestida de hormigón, siendo de construcción especial, con estrangulación en la base del pozo y aliviadero en su parte superior, lo que permite un pozo de menor sección que si fuese corriente, pero a pesar de lo cual tiene un diámetro de 13 m. Se han hecho numerosos ensayos por las

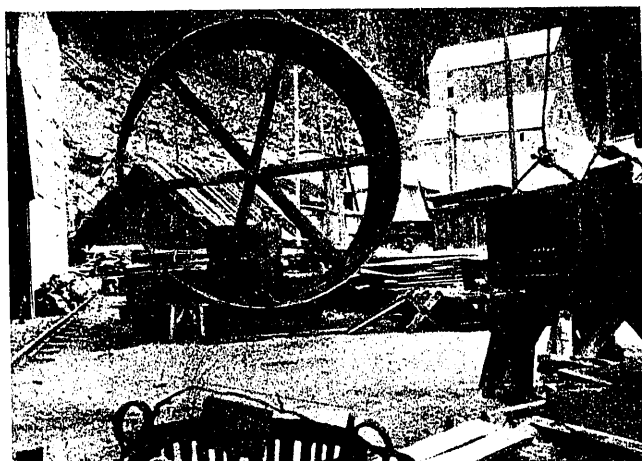


Fig. 7.ª — Tubería de presión: virola de 4,60 m. de diámetro y 2,75 m. de longitud.

casas Locher y C.ª y Escher Wyss en Zurich, sobre esta chimenea, los que han permitido renunciar al establecimiento de la cámara inferior, sin disminuir por ello la seguridad de la instalación.

Se habían previsto como *conducción forzada* en el primer proyecto cuatro tuberías sobre el terreno; siendo el lago Negro considerado por la "Comission départamentale des Sites" como centro turístico y creyendo que esta solución destruía la armonía del paisaje se reformó el proyecto con la solución de una sola tubería, empotrada casi enteramente en la roca, y como puede apreciarse en la fotografía de la central, casi disimulada entre la vegetación. Su diámetro es de 4,60 m., que produce una velocidad de 6 m. por segundo, para un gasto de 100 m.³ por segundo.

El perfil longitudinal consta de una parte rectili-

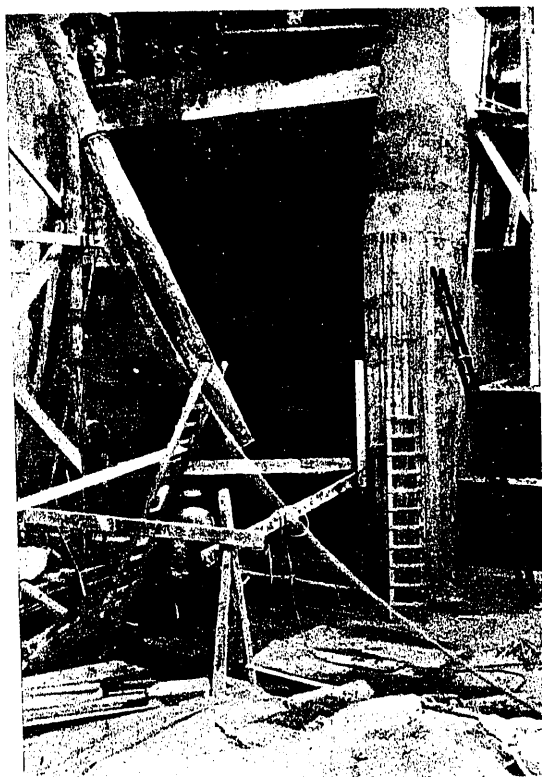


Fig. 6.ª — Embocadura de la toma de agua en el Lago Blanco.



Fig. 8.ª — Central. A la derecha, la tubería de presión.



Fig. 9.ª — Central, vista desde la presa del Lago Negro.

nea que partiendo de la chimenea de equilibrio forma con la horizontal un ángulo de 60° y acordándose mediante un codo con otra parte de pequeña pendiente (2 por 100) que conduce a la central.

Se han transportado a la obra en medias virolas de 2,75 m. de longitud, formándose por cuatro de éstas una virola de 5,50 m., mediante soldadura eléctrica en un taller a pie de obra y efectuándose en su emplazamiento las soldaduras entre unas y otras. En la adjunta fotografía se observa una de las virolas terminada y dispuesta para ser colocada en la parte próxima a la central, y en la foto de ésta, tomada desde la subida a la chimenea de equilibrio, se ve la parte de tubería ya construida cubierta para seguir efectuando la soldadura de las últimas virolas.

Entre la tubería de acero y la roca queda un espacio de 30 cm., salvo en su injerto en la chimenea y el codo en donde es mayor. Este espacio se rellena de hormigón, que en los casos de ir en túnel la tu-

bería también se inyecta, una vez acabada, a través de la chapa.

Se han tomado estas precauciones por haber confiado, mientras el espesor de roca sobre la tubería es superior a 60 m., que ésta resiste la mitad de la carga de agua, siendo la tubería sólo un revestimiento. Entre 60 y 20 m. de roca se va cargando más la tubería y a partir de este punto es ella sola la que resiste.

El colector es asimismo de chapa soldada, y de él parten las cuatro tuberías de 2,20 de diámetro que lo enlazan con los cuatro grupos de la central; otra pequeña turbina auxiliar se alimenta también por otra tubería más pequeña.

El proyecto de la central ha sido también aprobado por la citada "Comission des Sites" para su armonía con el paisaje, observándose en la adjunta foto, obtenida desde el extremo opuesto del lago, cómo efectivamente se ha logrado dicha armonía.

La Central comprende cuatro grupos compuestos de una bomba, una turbina y una máquina eléctrica, que puede funcionar como generador o como motor. Las características de esta maquinaria son:

4 alternadores de 25 000 K. V. A., cada uno a 12 000 V. de tensión.

4 turbinas Francis de 24 000 C. V., cada una con el menor salto de 85 m., pudiendo aumentar esta potencia al aumentar el salto, llegando a 40 000 C. V.

3 bombas centrífugas, de un gasto medio de 13 metros cúbicos por segundo, con una altura de elevación de 117 m., absorbiendo 27 000 C. V. cada una.

Una bomba centrífuga de 8 m.³/seg., con la misma altura de elevación y potencia de 17 000 C. V.

Todos los grupos giran a 272,7 vueltas por minuto.

Un detalle interesante de esta instalación es que, en vez de seguir la regla común de situar los motores eléctricos fuera del máximo nivel de agua, se ha situado el piso de éstos a 10 m. bajo el máximo nivel del Lago Negro; con esta cota queda bajo este má-

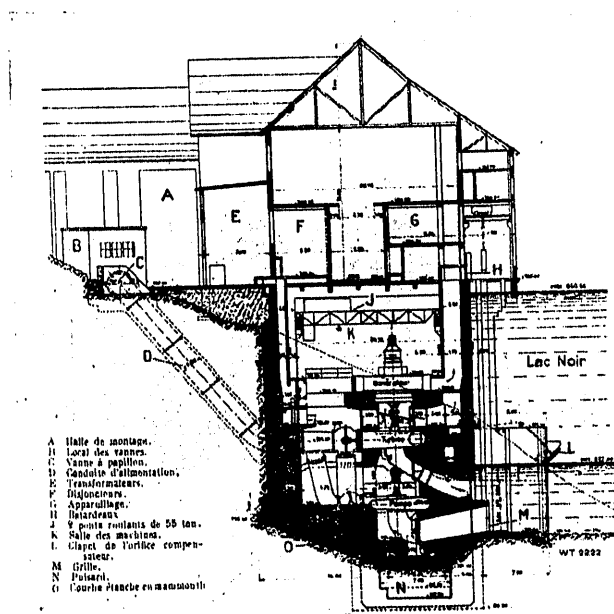


Fig. 10. — Corte vertical de la Central por el eje de un grupo.



Fig. 11. — Línea eléctrica.

ximo nivel hasta el puente grúa, y sólo sobre este nivel los transformadores, disyuntores, reccionadores y salida de líneas.

Gracias a esta situación de los alternadores, dado que para evitar el riesgo de corrosión en bombas y turbinas con el Lago Negro, a su nivel más bajo, ha habido que situarlas muy profundas, se ha logrado un ahorro considerable. Todo el recinto sumergible está protegido por una capa impermeable de un producto bituminoso denominado "mammoth", suministrado por la Société Alsacienne d'Emulsion, de Strasburgo, teniéndose cuidado donde los tubos atraviesan esta capa, de efectuar juntas impermeables. El cálculo de la estructura de la Central se ha efectuado para resistir los empujes del agua cuando esté sumergida al máximo, y ha sido anclada en la roca para evitar el peligro de que flotase.

Otro detalle interesante consiste en el acoplamiento de la bomba, que en la mayor parte se ha dispuesto con un acoplamiento de desembrague, ya mecánico, ya hidráulico, para aislarla cuando no trabaja. En este caso el acoplamiento se ha hecho rígido, con lo cual se hace la suspensión de todo el grupo sólo del pivote, situado en la parte superior del alternador, pudiendo éste ser fácilmente visitable y ahorrándose el de la bomba. Para evitar rozamientos en este caso, debe, tanto la bomba como la turbina cuando trabaja la otra, girar en el aire, para lo cual habría que cerrar su conducción y agotar la cámara; esta operación requiere tiempo, por lo cual la disposición adoptada es evacuar el agua de la unidad que no trabaja mediante aire comprimido, para lo cual cada grupo tiene su compresor, con motor eléctrico y dos depósitos de aire a 25 kg./cm.² Se podría pensar que este sistema carece de garantías de seguridad en su funcionamiento, pero con el número de compresores y su posible intercomunicación se ha evitado todo riesgo. Este funcionamiento de turbinas y bombas, ya en el agua, ya en el aire, ha hecho que se construyan de bronce, para evitar la oxidación que siendo de acero habrían sufrido.

La conexión eléctrica con el salto de Kembs se efectúa por doble línea trifásica a 150 000 voltios, observándose en la adjunta fotografía uno de los postes de la línea.

El mando de los grupos es automático, de manera que una simple operación en el tablero permite marchar los grupos, ya como bombas, ya como turbina, ya como compensadores de fase, marchando en vacío la bomba y la turbina. Todas estas operaciones están previstas para adaptarse más tarde, sin cambios de construcción, a un mando a distancia.

La energía anual que se puede, con el salto de Kembs, dedicar a las bombas es de 175 millones de kilovatios hora, que corresponde a una producción de energía de punta de 100 millones de kilovatios hora, con una potencia instantánea de punta que puede llegar a 100 000 K. V. A. Se ve por estas cifras el interés que presenta esta valorización de una cantidad considerable de energía, que, sin ella, se perdería en gran parte.

Los trabajos, resultado del concurso, se adjudicaron a un consorcio de tres grandes Sociedades (Société des Grands Travaux de Marseille, Société Fougères Frères y Société Générale d'Entreprises). El cálculo y proyectos de las partes metálicas de la conducción ha sido efectuado por la Casa Escher Wyss, de Zurich, la cual ha suministrado algunas piezas delicadas y tomado a su cargo los trabajos de soldadura, habiéndose suministrado todos los demás materiales por la Sociedad Alsaciana de Construcciones Mecánicas, de Mulhouse, bajo la dirección de Escher Wyss. Los alternadores y transformadores han sido suministrados por Alsthom.

Y sólo nos resta rendir el agradecimiento en general a la Sociedad de Energía Eléctrica del Rhin, y, en particular, al arquitecto de la misma, M. Renaud, e ingeniero M. Lafage, a cuyas atenciones debemos las visitas a tan interesantes obras y numerosos datos sobre las mismas.

Raúl CELESTINO y Rafael UREÑA,
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Ni plan ni nacional

Antecedentes. — Decía el Sr. Nicoláu en su último artículo¹ que muchas de las victorias del Sr. Lorenzo Pardo se deben a sus dotes de brillante polemista, y algunas veces también a la falta de contradictores que osen combatir sus juicios contundentes.

Porque he tenido esa osadía, dimanada del cumplimiento del deber, y porque es preciso aun contrarrestar el efectismo que el plan con su propaganda deslumbradora creó, mando a nuestra REVISTA lo que por no haber tenido publicidad encaja en ella, con la intención de ensalzar a compañeros que con suficiencia y serenidad han tratado del plan, en ocasiones poco propicias para ello.

El trabajo es pequeño e incompleto, por la falta de relaciones y datos que de estos asuntos puede tener un pobre ingeniero de Diputación, dedicado a estudiar a destajo caminos vecinales y abastecimientos de agua.

Pido benevolencia a mis compañeros y lectores,

porque al lado de los grandes trabajos de los profesionales figuren los pequeños de los aficionados.

Consideraciones. — He dicho que es preciso aun contrarrestar la opinión callejera del plan, porque de nada servirá el concepto que muchos ingenieros tenemos de él para la opinión pública, mientras no se haya corregido o preparado otro como programa, en cuya necesidad todos estamos conformes, aun viendo diferentemente el problema hidráulico.

Pues si un buen día la política quiere repentizar, rellenar o realizar respectivamente proyectos, discusiones parlamentarias u obras de trabajos hidráulicos, al plan acudirá para ganar tiempo o indemnizarse del coste de su confección.

Un suceso que aclara lo anterior. — Recientemente, en una reunión para solicitar la construcción de unos grandes saltos, traté de demostrar lo que entre ingenieros no hubiera sido preciso: de que en

¹ REVISTA de 15 de enero de 1936.