



Fig. 5. Cimentación sobre pilotes de hormigón armado en la central de Ullals, España, efectuada por Casa Rodio. (Del folleto de dicha Casa)

miento de formación de pantallas de impermeabilidad con pilotes de hormigón hechos en los mismos aluviones.

En la presa de derivación de Persano, sobre el río Sele, en Italia (*Energia Elettrica*, 1931, páginas 765 y 904), presa móvil sobre zócalo fijo, elevando sólo el nivel normal de las aguas unos 9 m sobre el fondo del río, se creyó que los aluviones tendrían poco espesor y que se podría alcanzar el terreno impermeable, consiguiendo la impermeabilidad con una pantalla de tablestacas metálicas. No fué así; los aluviones alcanzaron 20 m de espesor en el centro del cauce.

Se recurrió entonces al empleo de pilotes de hormigón comprimido y armado tipo Wolfholz. A lo largo del rastrillo se practicó por medio de sondas una serie de agujeros de 0,30 m de diámetro, que se revestían con tubos de acero, distantes 0,40 m, y profundizados de 25 a 30 m. En estos tubos se introducía una armadura metálica central. Se inyectaban sucesivamente con lechada de cemento a la presión de 10 a 15 atmósferas. Esta lechada va rellenando los huecos de la capa aluvial, y, por efecto de la misma presión, el tubo se levanta y se extrae, permaneciendo en su puesto el pilote de cemento armado.

Las pilas (la presa tiene cuatro compuertas Taintor, de 17 m de luz y 6 m de altura) se apoyaban en sus cimientos sobre pilotes del mismo sistema, profundizados sólo unos 10 m.

El alma metálica de los pilotes sobresale sobre éstos unos 0,80 m, y se unía, englobándola, en la placa general de cimientos.

La Casa Agromán, en la consolidación de los cimientos de la Basílica de Nuestra Señora del Pilar y de una pila del puente del ferrocarril del Norte sobre el Ebro, cerca de Zaragoza, así como los Sres. Ribera y Peña en varios trabajos de consolidación de cimientos, han empleado y emplean para ello las inyecciones de lechada de cemento para aglomerar aluviones.

José LUIS GOMEZ NAVARRO
Profesor de la Escuela de Ingenieros
de Caminos

Una visita a Italia¹

III

Aprovechamiento del río Tidone

Con objeto del aprovechamiento integral de las aguas del río Tidone se constituyó en el Norte de Italia el Consorcio de Riegos del Valle del Tidone, con los propietarios del citado valle y bajo la dirección técnica del ingeniero Sr. Ballerio.

Con las obras e instalaciones que más adelante describiremos, el Consorcio ha puesto en regadío el fértil terreno comprendido entre los ríos Po y Trebbia (fig. 1).

Las dos obras principales del Consorcio son la presa sobre el río Tidone, completamente construida hoy día y en explotación, y la presa sobre el Tidoncello, afluente del anterior, dando origen a la creación de dos embalses, de capacidades respectivas

de 12 500 000 y 5 100 000 m³, destinados a la regularización de dichos ríos, obteniéndose un caudal medio continuo de 2 500 m³/s; la cuenca alimentadora total de ambos embalses tiene una superficie aproximada de 113 km².

Las dos presas son del tipo americano de bóvedas múltiples con generatrices inclinadas, apoyadas sobre contrafuertes; la presa del Tidone tiene una altura de 52 m sobre la cimentación, y la del Tidoncello, 45 metros; ambas son de hormigón armado.

El agua embalsada en estos pantanos no solamente se emplea para riego, pues el objeto de estos Consorcios es la utilización integral de las aguas del río o torrente, aprovechándose los saltos producidos por embalses y canales de derivación para la creación de energía mediante la adecuada intercalación de centrales. Así la presa del Tidone lleva una central de pie de presa ubicada en el interior de la misma y bajo el canal de descarga del aliviadero de superficie; tiene esta central tres turbinas de eje vertical direc-

¹ Véase el número de 15 de marzo de 1932, pág. 133.

tamente acopladas a los alternadores en un piso bastante superior al de las turbinas (fig. 2). Teniendo

gía, llamadas centrales de Lentino y de Argello, que aprovechan las aguas que vierte la central de pie de presa en el Tidone y además las del embalse del Tidoncello, uniéndose estas aguas a las del Tidone, en la central de Lentino. El conjunto de estas tres centrales aprovechan un salto medio de 170 m, produciendo anualmente 30 millones de kw/h. Siguiendo el plan trazado por todos los Consorcios (aprovechamiento del agua para riego, para energía, y, por tanto, entre ambos servicios un mecanismo que los regule y armonice, para la más perfecta utilización de los recursos de la cuenca), ha construido un embalse compensador de los servicios de riego y fuerza, llamado embalse de Nibbiano, y cuyo objeto es, como ya hemos dicho, la armonización de ambos servicios; este embalse está ubicado entre la central de pie de presa del Tidone y la central de Lentino (fig. 1).

El embalse creado por la presa del Tidone hizo variar el trazado de la carretera provincial del Tidone en una longitud de 3 475 m.

Con los dos embalses se riega una superficie de 4 000 hectáreas de terreno muy fértil, comprendido entre los ríos Po y su afluente Trebba, con un desarrollo de canales aproximado de 100 km.

Hemos tenido ocasión de apreciar la minuciosidad y cuidado con que estos Consorcios tratan todos los puntos del proyecto y, sobre todo, aquellos que, como los estudios hidrográfico y geológico de la cuenca y sitio de ubicación, tanto han de influir más tarde en el desarrollo normal y perfecto de todas las instalaciones y, en definitiva, del rendimiento del Consorcio.

Los datos de observaciones meteorológicas e hidráulicas proceden de estaciones perfectamente montadas, equipadas con personal especializado, y de cuyos datos no cabe dudar.

Los estudios geológicos son quizá de los más completos entre todos los que hemos podido

en cuenta, además, las excepcionales condiciones altimétricas de la cuenca y su especial topografía, están en servicio otras dos estaciones generadoras de ener-

ver; el Consorcio, a pesar de poseer ya datos, planos, gráficos y memorias oficiales, generalmente del Real Cuerpo de Minería, llama a especialistas para el estu-

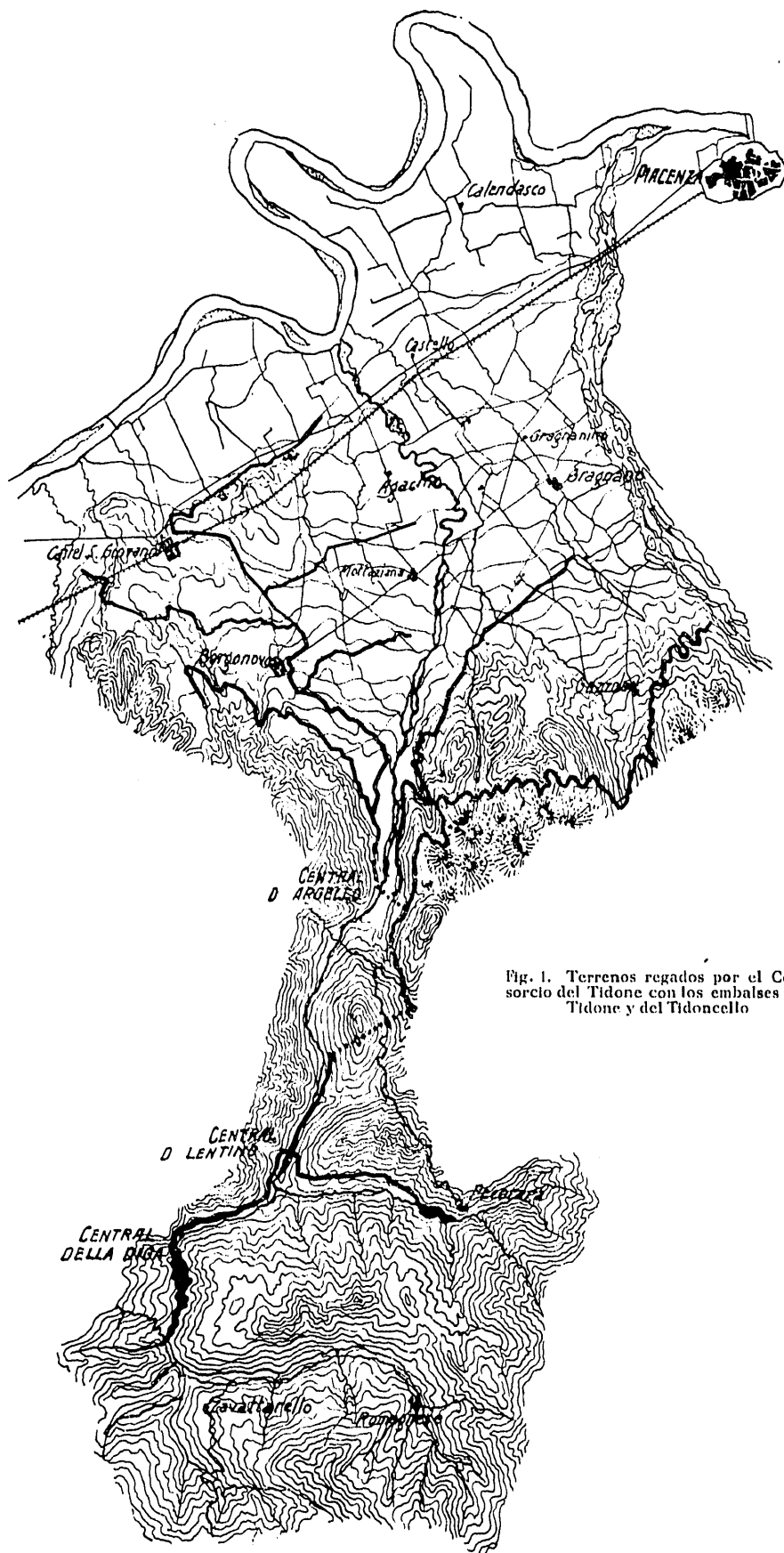


Fig. 1. Terrenos regados por el Consorcio del Tidone con los embalses del Tidone y del Tidoncello

dio geológico del lugar de ubicación, de la cuenca, de los terrenos afectados por el embalse y canales, etcé-

ter, o, a falta de esto, que tenga efectuados trabajos semejantes, o sea de reconocida competencia en

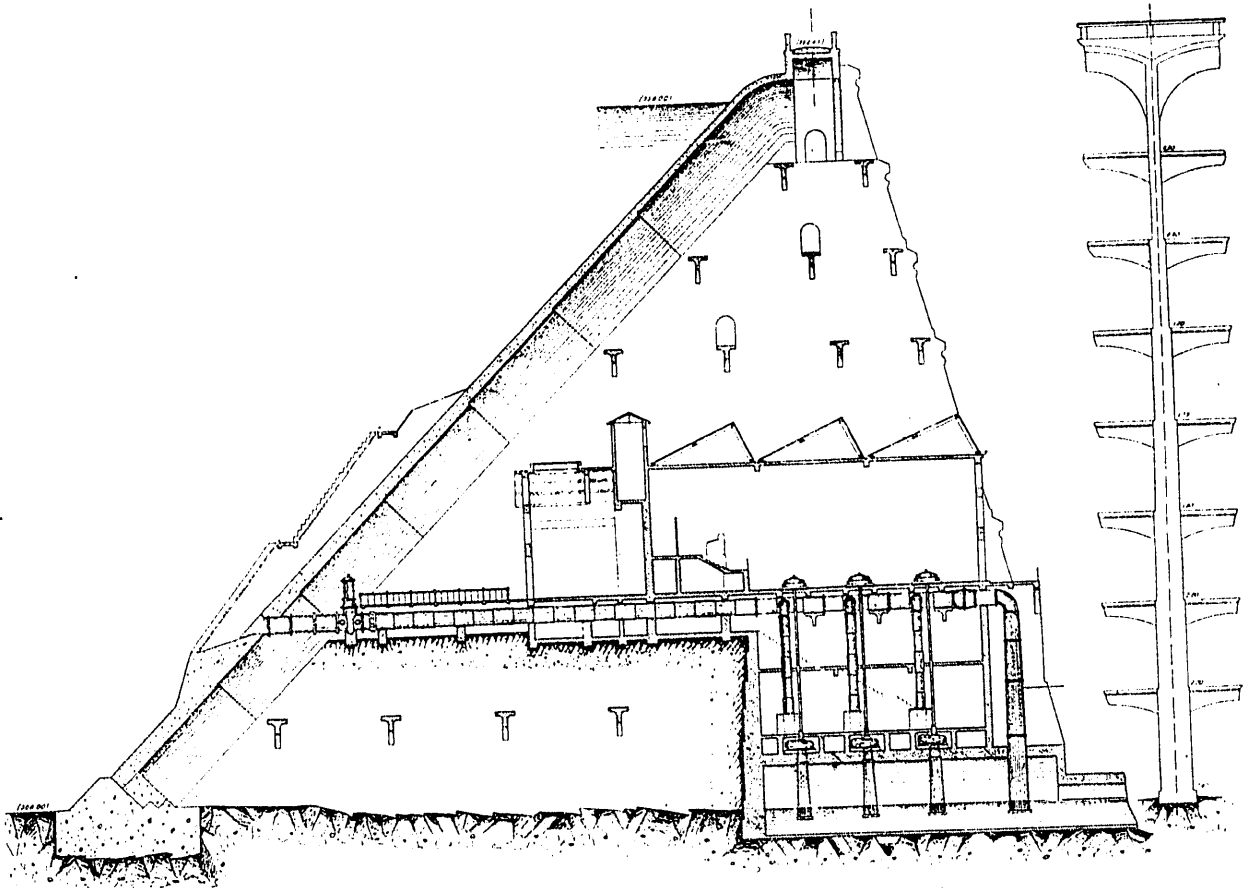


Fig. 2. Corte transversal de la presa sobre el Tidone por el eje de la central eléctrica

tera, etc. : además de que la Instrucción italiana para el cálculo de las presas de embalse ordena terminau-

ellos". El estudio geológico para el valle del Tidone está hecho por el profesor Segré, y consta, como siem-

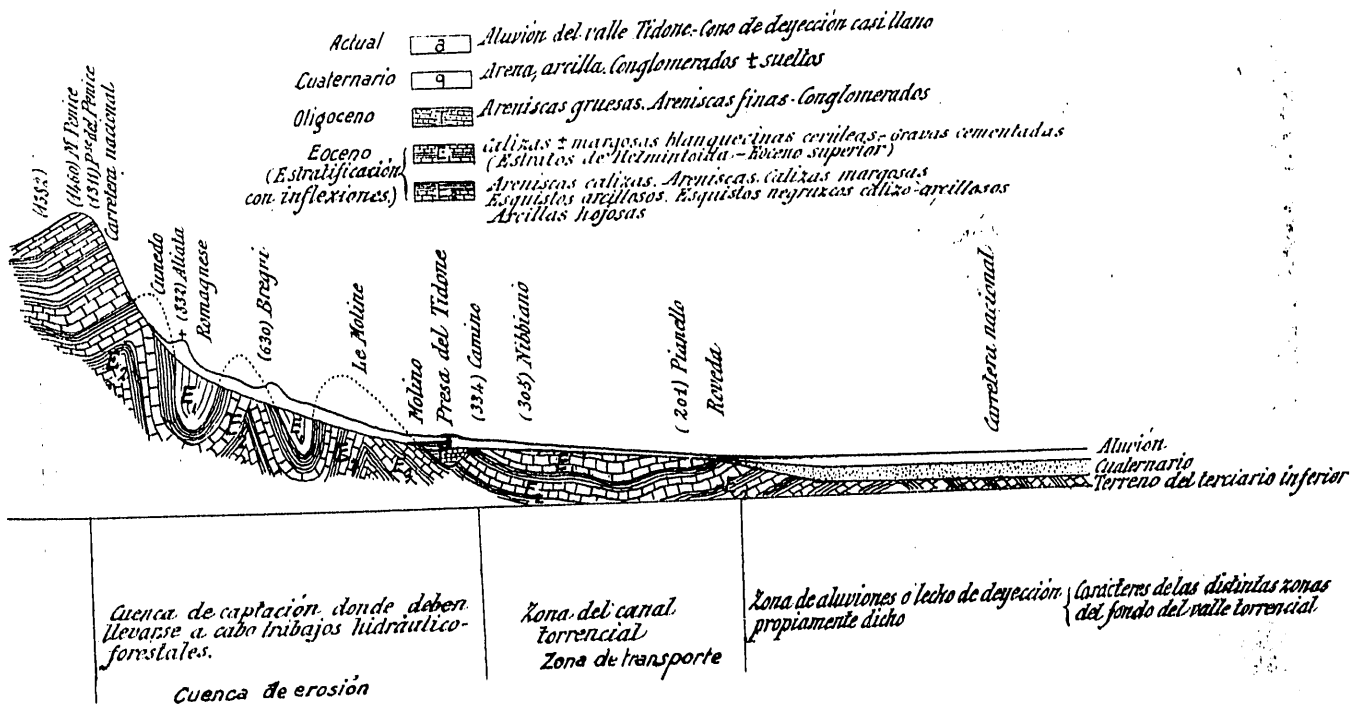


Fig. 3. Corte geológico del fondo del valle del Tidone

temente que el estudio o relación geológica "sea detallada y redactada por persona que tenga título en la

pre, y además de la memoria justificativa, de un corte longitudinal por el eje del valle, de una planta del

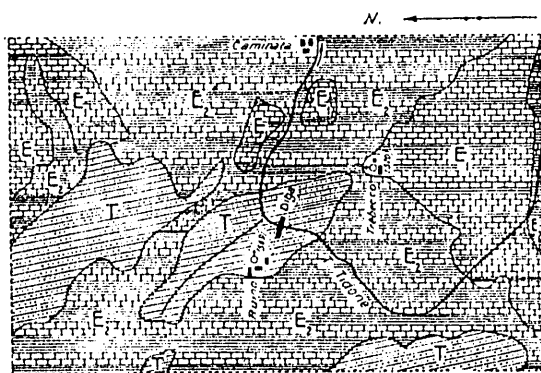


Fig. 4. Plano geológico de la cuenca del Tidone. Los signos convencionales son los mismos de la figura 3.

terreno en las proximidades de la presa y embalse y de un corte transversal por el lugar de ubicación de la presa, señalando el terreno que deberá excavarse tanto para cimentación como para estribación de la presa, para alcanzar un terreno que dé la seguridad deseada (figuras 3, 4 y 5).

El valle del Tidone está formado, en su parte alta, por terrenos del eoceno, con fuertes y marcados plegamientos, que se continúan, aunque menos marcados, hacia agua abajo, para terminar en la zona baja del valle, cubiertos por terrenos cuaternarios y aluviones actuales.

La presa, ubicada aproximadamente en la separación entre las zonas de erosión y transporte, se ci-

menta sobre una mancha de terreno oligoceno.

Ya los estudios preliminares geológicos demostraron la insuficiencia de los terrenos de cimentación, aserto que se comprobó plenamente en la construcción; tanto fué así, que se desistió de estribar la presa en el lugar de ubicación, habiendo sido preciso la construcción de dos presas de gravedad extremas, una en cada margen, y que en dirección normal a la de la presa de bóvedas buscan la estribación hacia aguas arriba, sirviendo ellas mismas de defensa de las laderas y descargando notablemente al terreno de la estribación del trabajo que supondría una estribación directa. Durante la visita pudimos ver la instalación para la inyección de lechadas de cemento en toda la cimentación; parece que con este medio se evitarán las numerosas filtraciones por el terreno. En la figura 6 pueden perfectamente verse las dos presas de

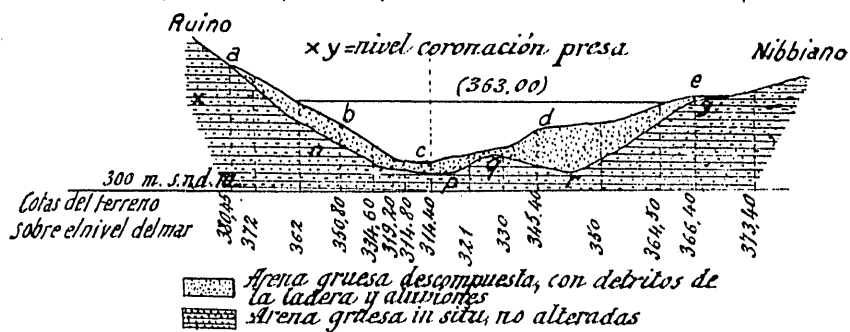


Fig. 5. Corte transversal del valle del Tidone en el sitio de la presa: *abcde*, perfil del terreno antes de las excavaciones para la presa; *anpqre*, perfil del terreno deducido de los sondeos

gravedad laterales, que sirven como de estribación artificial a la presa de bóvedas; la de la margen iz-

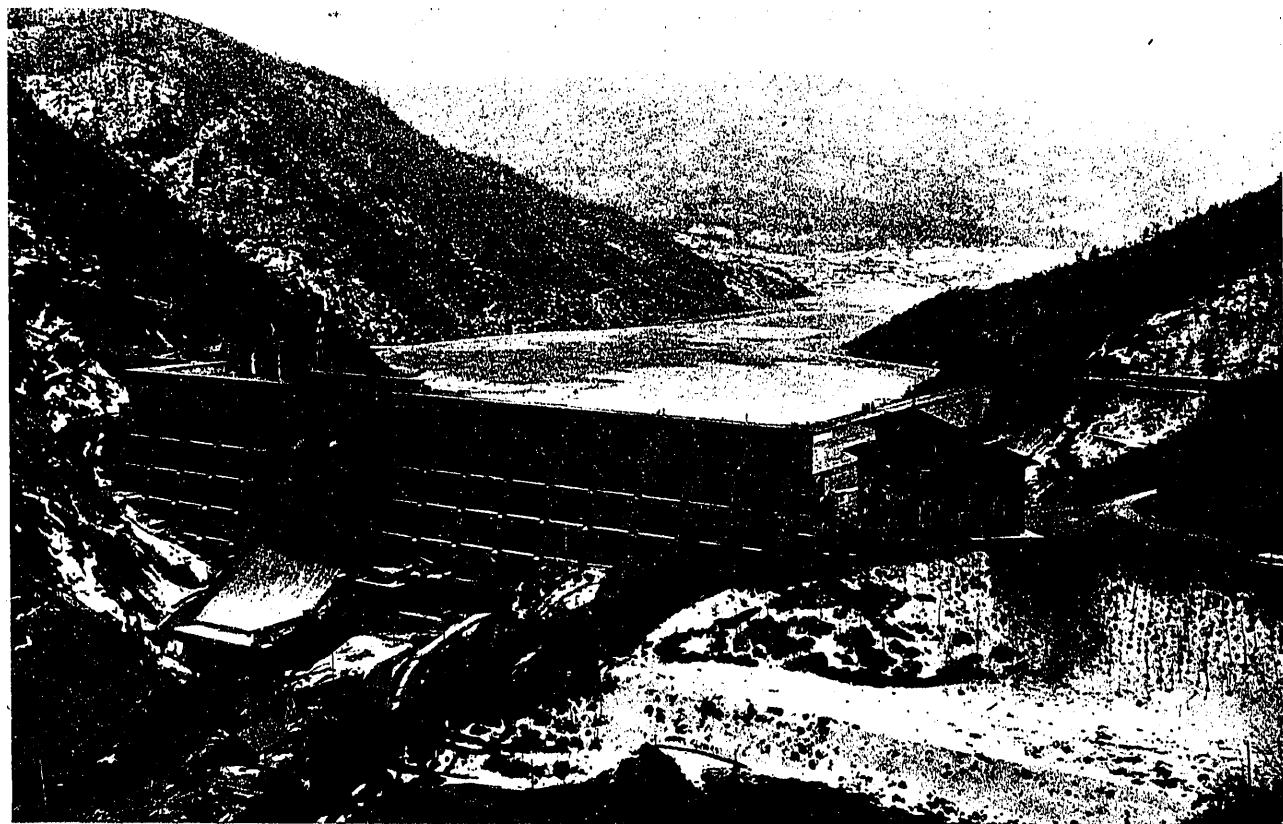


Fig. 6. Presa del Tidone, de bóvedas múltiples sobre contrafuertes. Desagüe de superficie con compuertas automáticas o maniobradas a mano. El terreno es de malísimas condiciones para cimentar, sobre todo en las laderas, por lo que se desistió de estribar en ellas buscando el terreno firme hacia aguas arriba, mediante dos presas de gravedad con paramento exterior escalonado. La de la margen izquierda lleva sobre su coronación el camino de acceso a la presa de bóvedas y es de mucha mayor longitud que la de la margen opuesta, por cuya coronación se llega a los aparatos de maniobra del desagüe de fondo. En la época de la visita el embalse se utilizaba únicamente para riego y se estaba instalando la central de pie de presa para utilizarlo también como fuerza motriz, al mismo tiempo que se impermeabilizaban las cimentaciones con numerosas inyecciones de cemento

quierda es escalonada, y lleva sobre su coronación el camino de acceso a la coronación de la presa de bóvedas.

abajo, de uno de base por tres y medio de altura, aproximadamente. Las bóvedas, semicirculares, se voltean sobre estos contrafuertes, también de espesor

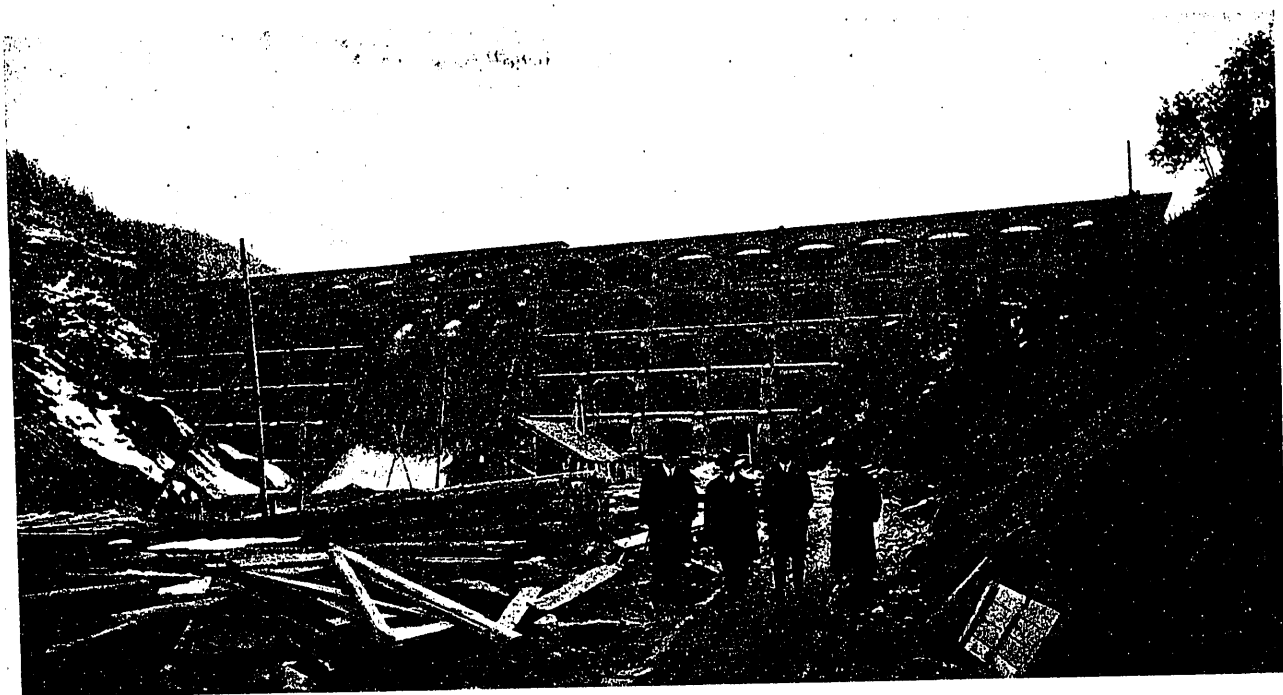


Fig. 7. La presa del Tidone vista desde aguas abajo

La presa sobre el río Tidone (figuras 2, 6 y 7) ya hemos dicho que es de hormigón armado, de bóvedas variable, decreciente de la base a la coronación, con gruesos de 2,20 m, 2 m, 1,80 m, 1,50 m, 1,20 m y 0,90 m, arriostrados entre sí mediante una serie de arcos circulares rebajados de hormigón armado; una serie de arcos de coronación sirve, además de para el arriostramiento de los contrafuertes, para soportar el camino de coronación de la presa, de 3,50 m de anchura.

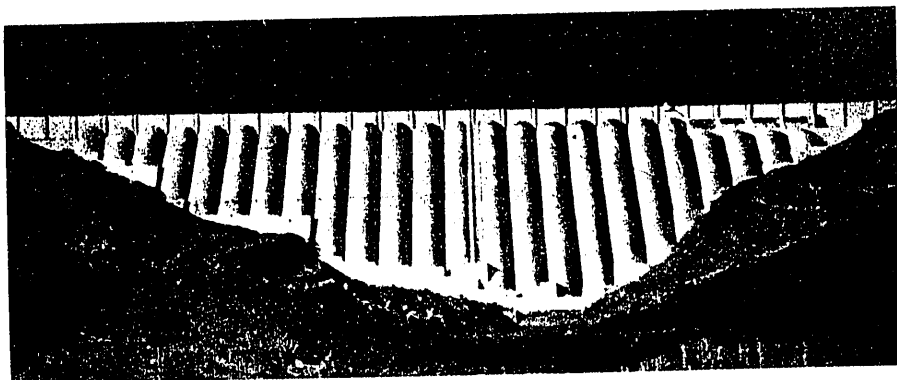


Fig. 8. Maqueta del proyecto de la presa del Tidone. Frente de aguas arriba

das múltiples de generatrices inclinadas apoyadas sobre contrafuertes. Tiene 17 bóvedas en total, de 5,10 metros de radio, contando a partir del trasdós de las bóvedas, semicirculares, divididas en siete espesores distintos, decrecientes de la cimentación a la coronación, manteniéndose constantes estos espesores en una altura de 9,10 m los seis inferiores, y de 11,90 m el superior; estos espesores varían desde 1,50 metros en la base a 0,50 en la coronación. El talud de las generatrices de aguas arriba es de uno de base por uno de altura, y el de los contrafuertes de aguas

gón armado, calculado de modo que la lámina de agua se adhiera perfectamente a su superficie, ter-

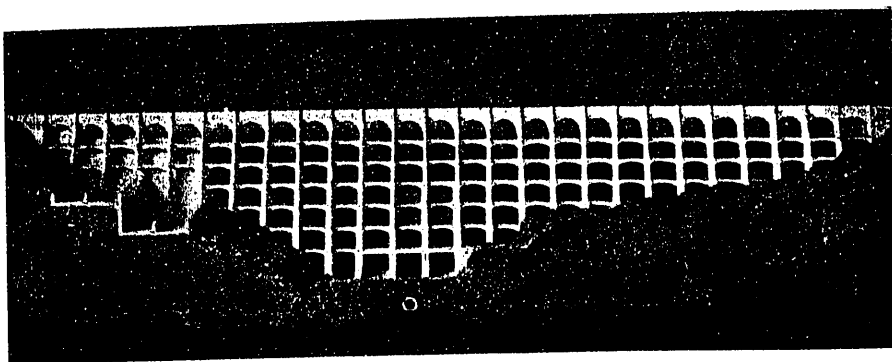


Fig. 9. Maqueta del proyecto de la presa del Tidone. Frente de aguas abajo

minando en un pequeño colchón de aguas y un rastrollo, al frente del cual van los desagües de las turbinas y el desagüe de fondo de la presa (figuras 6 y 7).

La toma de aguas a la cota aproximada de 293 m se

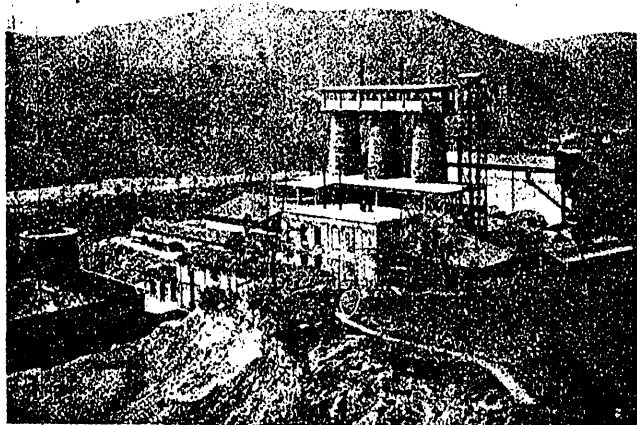


Fig. 10. Fábrica de cemento, propiedad del Consorcio

hace en el mismo cuerpo de la presa mediante una tubería metálica, de la que parten tres derivaciones para las tres turbinas de la central; este mismo conducto puede servir, en caso de necesidad, para desagüe de fondo de la presa.

El Estado italiano, además de la aprobación del

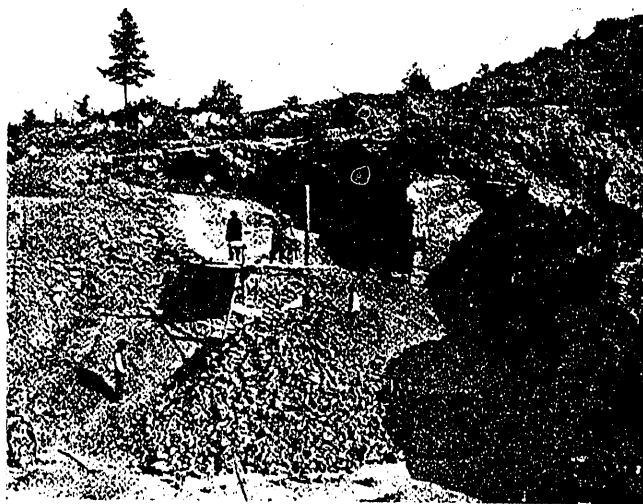


Fig. 11. Cantera para la fabricación del cemento

proyecto, tiene un control o inspección continua sobre la obra, instalando a pie de presa un laboratorio de ensayo de materiales, con todos los aparatos que exige esta clase de estudios, y con personal especializado, analizándose los materiales componentes (ce-

mento y áridos), las pastas empleadas (morteros y hormigones), en probetas ejecutadas expresamente para este fin, y, finalmente, trozos o porciones sacadas de la misma obra; de esto se hace parte diario con todos los resultados, parte que se remite al "Ufficio dighe".

Una vez la presa en explotación, se colocarán todas aquellas disposiciones o mecanismos que se crean necesarios para darse una perfecta cuenta del trabajo y deformaciones que sufre la presa, resultados y lecturas que es asimismo preciso enviar al "Ufficio".

A pesar de lo acabado del estudio, puede apreciarse fácilmente la diferencia entre la maqueta de la obra proyectada (figuras 8 y 9) y la realidad (figuras 6 y 7), naturalmente acentuada en este caso por las dificultades de cimentación y estribación, que hicieron durante la construcción ir variando disposicio-

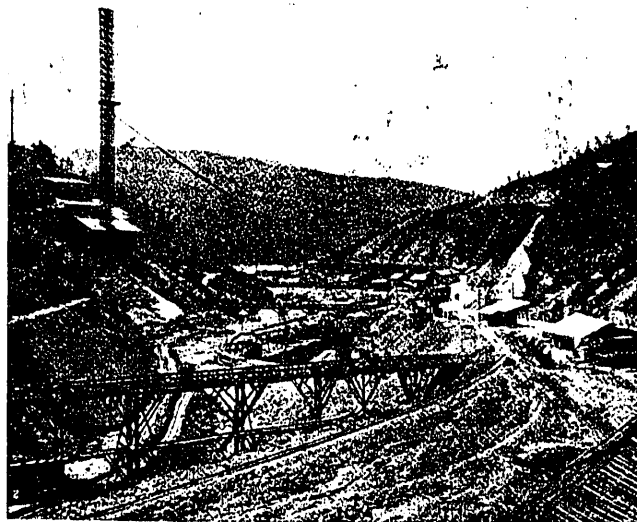


Fig. 12. Un aspecto de la construcción de la presa del Tidone

nes, pero todas ellas con la aprobación del "Ufficio" y previo informe de los ingenieros del Estado y del Consorcio.

Es corriente en los Consorcios italianos la construcción de fábricas de cemento particulares que abastezcan a la obra, aprovechando buenas canteras, para poder ejercer de esta manera una mejor inspección sobre la fabricación del cemento, adoptando modificaciones y disposiciones especiales, según los resultados de los análisis. El Consorcio del Tidone aprobó la construcción de una fábrica de cemento (figura 10), aprovechando una buena cantera (fig. 11), aguas abajo de la ubicación de la presa y al lado de la carretera provincial del Tidone; tiene esta fábrica tres hornos, con una capacidad de 750 quintales métricos en las veinticuatro horas. Cerrada actualmente, una vez terminada la obra, parece que el Consorcio se decide a abrirla para explotarla por su cuenta.

En la figura 12 puede apreciarse una fase de la construcción de la presa sobre el Tidone.

José GARCIA AUGUSTIN
Ingeniero de Caminos