

SALTO DE VILLALBA ⁽¹⁾

II

Obra de paso de Ríofrío

Detallamos aparte esta importante obra por las particularidades que presenta, que ofrecen algún interés. El canal alcanza el barranco de Ríofrío a una altura de 60 m sobre la vaguada, y por tanto, la so-

taba, por lo cual se decidió contornear el barranco a pesar del rodeo consiguiente y se empezó a abrir la explanación. Al llegar al fondo del barranco tropezamos con una zona de derrubios, con grandes corrimientos, en donde se venía la ladera en masa; de modo que no sólo alargamos el trazado sino que nos metíamos en un problema de cimentación verdaderamente complicado, y como en casos de terrenos corredizos o yesosos lo verdaderamente ingenieril es marcharse

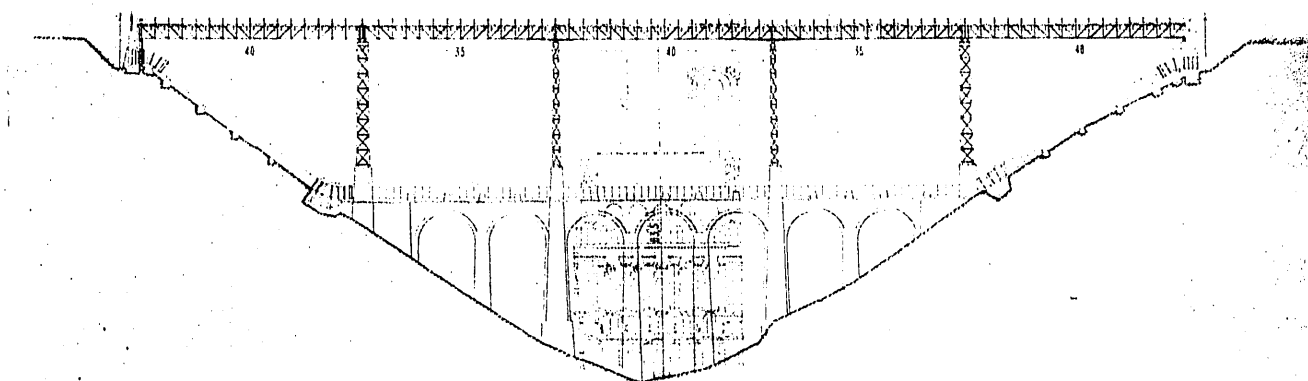


Fig. 13. Salto de Villalba. Viaducto de Ríofrío. (Da clara idea de sus proporciones su comparación con el edificio del Círculo de Bellas Artes, de Madrid, que aparece en el fondo del grabado).

lución del paso en sifón está indicadísima y así se estudió desde luego, pues el rodeo, si se contornea el barranco, es de cerca de 3 km, y además son precisos dos acueductos, siempre de alguna importancia en las dos ramas en que el arroyo se divide. Pero surgió el problema del paso de las maderas que flotan en conducciones por el río y a las que era preciso dejar el agua necesaria en éste o admitir su flotación por el canal. Lo primero era imposible, pues siendo el tramo de río aprovechado verdaderamente complicado para la flotación por los rápidos y obstáculos que presenta, es frecuente que las maderadas tarden más de dos meses en recorrerlo, lo que exigía parar el Salto, o por lo menos disminuir notablemente su potencia durante ese tiempo; se decidió, en vista de ello, dejar circular las maderadas por el canal, en el que realmente no harán daño por la escasa velocidad que llevarán en el mismo, pero que ha exigido la limitación del radio de las curvas en el trazado, la construcción de los túneles de modo que sean visitables y con pasarela de servicio y la de un canal especial de gran pendiente para devolverlas desde el depósito de carga al río. Decidido el paso de las maderas por el canal quedaba descartada la solución del sifón para pasar el barranco de Ríofrío; pensar en un acueducto de 60 m de altura para 10 m³ por segundo era una obra que asus-

por otro lado, tratamos de hacerlo, volviendo a la solución del sifón y construyendo, además, una pequeña acequia que condujera el caudal necesario para la flotación, contorneando el barranco. Esta acequia, por su más pequeño tamaño y porque una rotura en ella no ocasionaba la parada del salto, podía salvar la zona peligrosa con obras mucho más sencillas que las que exigiría el canal normal. Se abrió, en vista de ello, concurso para la adquisición de la tubería del sifón, y entonces la casa Grasset propuso pasar la acequia de flotación por encima del sifón apoyada en una estructura metálica ligera, resultando de todo esto la obra tal como puede verse en los planos y fotografías que ilustran estas líneas, proyectada y construida por la indicada casa.

Choca a primera vista, al examinar el conjunto de la obra, la altura del puente sifón, que parece podría haberse disminuído, aumentando en cambio la altura de las pilas metálicas. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que como el esfuerzo más importante de todos los que actúan sobre la obra metálica es el del viento, las pilas metálicas han de tener forzosamente taludes muy fuertes en el sentido transversal de la obra, y, por tanto, la anchura del viaducto de fábrica aumentaría a medida que disminuyera su altura, al mismo tiempo que aumentan también los espesores de chapa de los tubos. Previos algunos tanteos en que también se intentó suprimir el viaducto de fábrica pasando la vaguada con un gran arco formado por los tubos, se adoptaron las dimensiones que

(1) Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, número 2 441, página 519.

han servido de base a la construcción. Por lo demás, una vez encontrada la solución, la ejecución no ha presentado más dificultades que las debidas al difícil

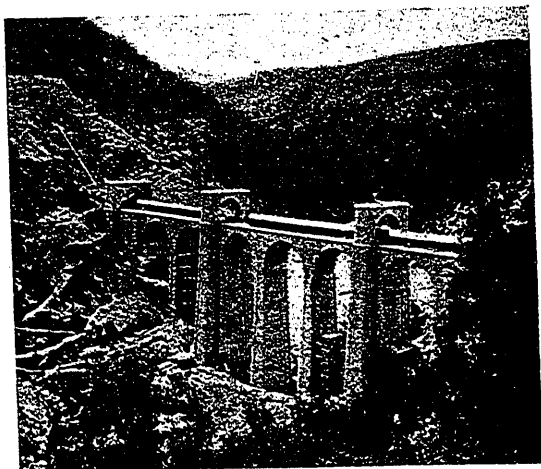


Fig. 14. Acueducto de Riofrío, en construcción.

acceso de la obra, que ha exigido construir cerca de 2 km de camino y un plano inclinado de 700 m de longitud y más de 200 de desnivel, para bajar los tubos y todos los materiales. Hasta ahora sólo se ha terminado la obra de fábrica y uno de los tubos, y falta el otro y toda la estructura metálica del canal de maderas, cuyo montaje no deja de ser cosa bastante seria.

Construcción de las obras

Las obras las tomó a su cargo la Sociedad Aisa Hermanos y Compañía, constituida con este objeto por elementos de Zaragoza, y al frente de la cual figuraba un eminente ingeniero, cuya labor no se limitó a organizar y dirigir la empresa constructora, sino que colaboró muy eficazmente con nosotros en la redacción de los proyectos de la obra. Dada la cantidad de obra de fábrica que había de hacerse (aproximadamente unos 200 000 m³), propuso la contrata que la mayor parte se hiciera de hormigón, que permitía, a

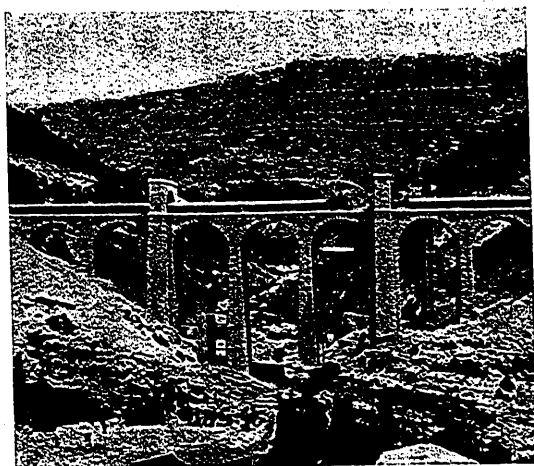


Fig. 15. Montaje de la tubería del sifón en el acueducto de Riofrío.

su juicio, una ejecución más rápida y con medios mecánicos susceptibles de emplearse en gran escala por disponer de energía eléctrica abundante, primero de un salto auxiliar que se construyó al efecto, y luego

del Salto de Bolarque, conducida por la línea definitiva, cuya terminación se activó todo lo posible.

La contrata decidió la fabricación del hormigón por los procedimientos americanos, estableciendo verdaderas fábricas de hormigón en puntos fijos, desde donde, en vagones una vez, y por medio de torres elevadoras otras, se transportaba el hormigón a los sitios de empleo. Según el plan, dos de estas centrales de hormigonado funcionaron, una en la central y otra en el depósito de carga, la primera con una torre de madera de cerca de 40 m, y la segunda con tres, dos de ellas metálicas. En el canal se montaban instalaciones de hormigonado cada 2 km y desde ellas se transportaba el hormigón en trenes, arrastrados por tractores de gasolina. Esto, unido a los de aire comprimido para la perforación de túneles, a los camiones automóviles para los transportes, la profusión de elementos en talleres, almacenes, etc., y a los servicios de carácter social que montó la contrata, daban la sensación de que la preparación de esta obra era muy completa.

A pesar de ello, hay que confesar que la ejecución del hormigón por los procedimientos americanos no nos convenció.

Debe considerarse que el transporte del hormigón



Fig. 16. Molde para los muros del canal.

a grandes distancias y su elevación por medio de torres para conducirlo por canales hace disminuir bastante la calidad del mismo si no se tiene especial cuidado en evitarlo. El transporte por vagones hace que se acumule la grava en el fondo, sobre todo si, como aquí se hacía, el hormigón se empleaba bastante fluido para facilitar su manipulación.

Las torres elevadoras requieren también un hormigón muy fluido, que no puede apisonarse, y este hormigón, con exceso de agua y sin apisonar, lleva mucho adelantado para constituir una fábrica defectuosa si no se fuerza la dosis de cemento y se tiene mucho cuidado en la elección de los elementos del árido para que el aumento de compacidad que por este medio se consigue compense la que se pierde por las otras causas. En resumen, reconociendo que el empleo de estos medios americanos puede dar resultados muy notables, que no es necesario ir a América para ver —hay en España varios casos en que han constituido un éxito—, nuestra opinión es que se trata de procedimientos peligrosos que no pueden emplearse sin encargados muy competentes y concienzudos que se den cuenta de que el olvido de precauciones, al parecer de detalle, puede originar un fracaso de la construcción que se ejecuta. Fué necesaria, para evitarlo, intervención asidua de la inspección de las obras, que tuvo

que intervenir constantemente, no por falta de buena fe en la contrata, sino por la poca práctica de capacidades y encargados, no adiestrados suficientemente en el manejo de estos elementos.

Las obras que exigían personal y medios especiales como las cimentaciones por aire comprimido y las del sifón, fueron segregadas de la contrata primitiva y adjudicadas a la Casa Grasset. Por su parte, la Sociedad propietaria ejecutó también algunas directamente por administración, y en la actualidad tiende a este sistema en las que le faltan por realizar.

Vamos a detallar la construcción de algunos elementos que han ofrecido detalles de interés. Siguiendo el aprovechamiento desde su origen, empezaremos por describir la construcción de la presa cuya estructura ya se ha descrito. La hinca de los cajones no presentó problema especial y sí solamente las dificultades de trabajar casi al límite de alcance del aire comprimido. A pesar de ello y aunque los accidentes en los obreros a gran profundidad fueron frecuentes, no hubo ni uno solo grave; los efectos del exceso de presión desaparecían por completo al muy poco rato de salir al exterior. La hinca de los cajones laterales era

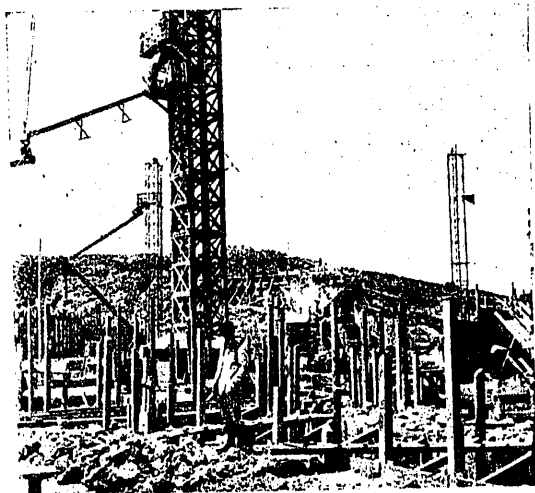


Fig. 17. Instalación para hormigonado del depósito de carga.

delicada, por apoyarse muy pronto en roca por el lado de la margen, quedando el resto en los acarrees fangosos del río. A pesar de ello no hubo que lamentar el más pequeño incidente ni la más leve desviación de los cajones, no obstante presentarse hincas espontáneas siempre peligrosas, pero en previsión de las cuales se habían tomado las medidas oportunas.

El relleno de los pozos entre cajones fué una de las operaciones más molestas, difíciles y peligrosas. Se hincaron las tablestacas metálicas con una facilidad verdaderamente notable mediante un martinete especial constituido por una gruesa masa de 2 000 kg, dentro de la cual está el verdadero martillo accionado por aire comprimido. La masa gravita constantemente sobre la tablestaca, cuya hinca es ayudada por los golpes del martillo. En poco más de un cuarto de hora, una vez preparada, se hincaba una tablestaca de 12 m. Terminado este trabajo se empezó a vaciar el pozo agotando al mismo tiempo y con gran cantidad de agua, pues los acarrees removidos antes por el aire comprimido eran mucho más permeables que lo que pudiera creerse a juzgar por su aspecto.

Otra obra que presenta interés es el dique para formar el embalse de la laguna. Se proyectó éste de tie-

rra con pantalla de arcilla bajándola por debajo del nivel primitivo de la laguna y sin que en la zanja de arraigo del dique apareciera ni una gota de agua. El

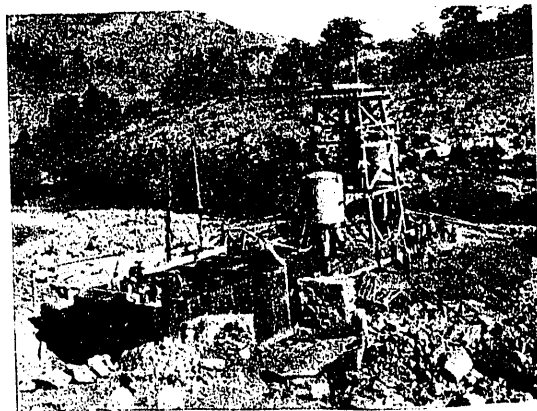


Fig. 18. Cimentación de la presa por aire comprimido.

dique se construyó muy cuidadosamente por la contrata Aisa, apisonando las tierras y arcillas con los rodillos especiales para esta clase de trabajos. Parte de las tierras del macizo se tomaron del terreno comprendido entre el dique y la laguna en la parte indicada en el croquis adjunto—este croquis (fig. 20) no está dibujado a escala—y todo hacía creer que, a pesar de estar fundado en toba, el embalse sería impermeable. Bastó, sin embargo, llenarlo para que, a pesar del débil aumento de presión que representa elevar la lámina de agua 2 m, se saliera de un modo escandaloso por la orilla del río, al pie del acantilado de toba, y hasta hubiera filtraciones que, pasando por debajo del cerrillo donde está el pueblo, salieran al otro lado.

El caudal de las filtraciones llegó a ser tan importante que absorbía por completo el del arroyo que alimentaba la laguna, y hubo un momento en que, a pesar de estar cerrados todos los desagües, el embalse empezó a bajar. Pronto nos dimos cuenta de lo que ocurría. El cuenco de la laguna estaba impermeabilizado por los légamos antiguos y de él no se iba absolutamente nada. Pruebas eran la ausencia de humedad en el acantilado del río y en el cimiento durante la construcción del dique. Luego comprobamos que se podía hacer un pozo de 2 m casi a la orilla del agua sin que llegara a él la más ligera hume-

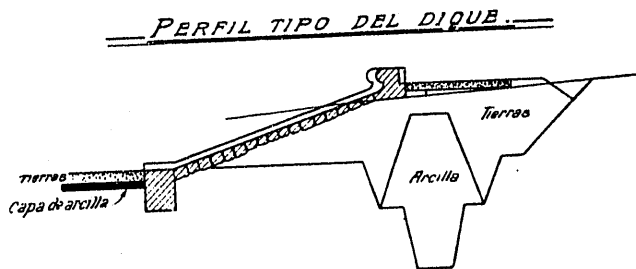


Fig. 19.

dad. En cambio, en la parte en que se había tomado préstamo de tierras, había quedado la toba al aire desprovista de la tierra vegetal y de cuantos elementos pudieran impermeabilizarla, y era una verdadera esponja que absorbía el agua con una facilidad extraordinaria. Averiguado el origen del mal fué muy fácil atacarlo. Se forró toda la parte peligrosa con una pequeña capa de arcilla bien apisonada con agua y se

echó encima otra de tierras para evitar el agrietamiento de la arcilla en las épocas en que estando bajo el embalse ésta quede en seco. El resultado ha sido absolutamente satisfactorio y la obra baratísima, pues la arcilla, de excelente calidad, único material necesario, estaba a menos de un kilómetro.

A la salida de la laguna existen los tramos corre-dizos. En el primero se empezó a construir el muro normal, pero el primer temporal originó un corrimiento que movió unos 30 m de muro y nos avisó de que era preciso variar de sistema. Este, como se ha dicho, consistió en bajar pilas hasta el terreno firme y sobre

do en ángulo. Colocados de panderete formando los paramentos, quedaba el ángulo hacia dentro del muro y trababa perfectamente con el hormigón, que se echaba después sin más precaución que proceder por hila-das, pues si se esperaba para llenar a un tiempo va-rias hiladas, no tenían resistencia bastante y se mo-vían dando paramentos fuera de plomo.

El puente sobre el Júcar ofrece también algún in-terés. Por él habían de pasar piezas hasta de 20 to-neladas, y, además, debía presentar un vano grande para evitar que se pudieran enredar las maderas que flotan por el río. Después de los tanteos consiguientes

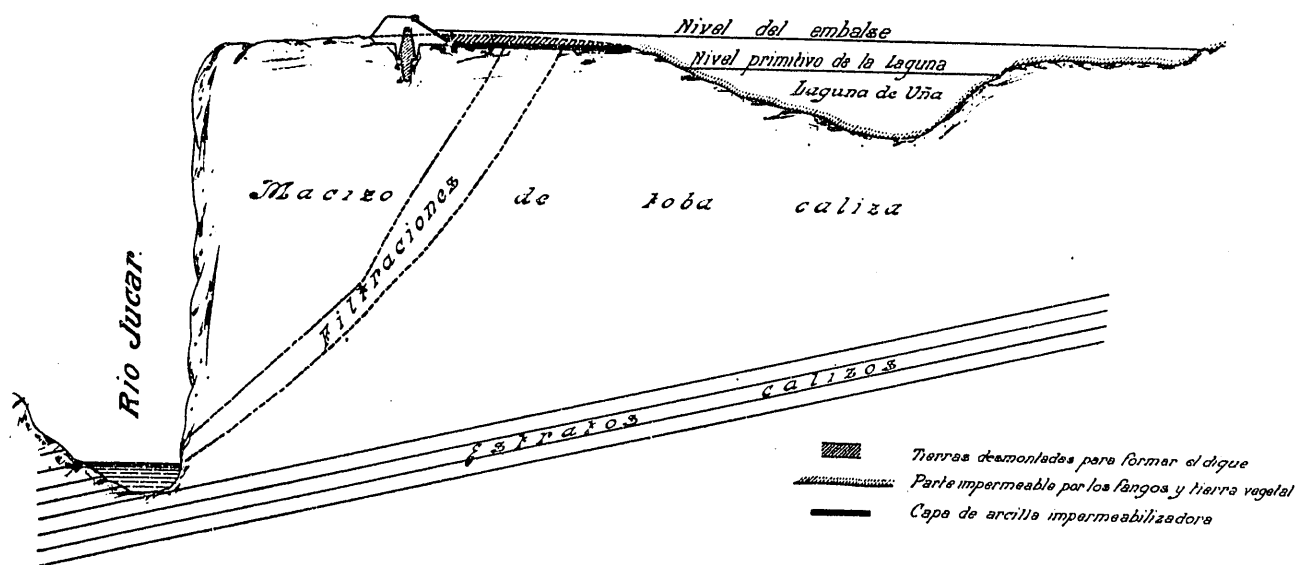


Fig. 20. Impermeabilización de la laguna de Uña.

ellas apoyar un cajero de hormigón armado del tipo, arriostrado por arriba, que corrientemente se emplea en los acueductos. La obra, una vez construída, resiste perfectamente; en algunos puntos empieza a quedar exento el cajero por haber resbalado ya el terreno comprendido entre las pilas, pero éstas no tienen el menor movimiento; en cambio, la construcción fué verdaderamente desesperante; a pesar de la fuerte entibación nos tiraron los marcos, los tornos de sacar los materiales y cegaron las excavaciones abiertas todas las tormentas que hubo aquel verano, a pesar de las precauciones que se pusieron para evitarlo.

El resto del canal no ofreció problemas especiales, sino los corrientes debidos al difícil acceso del centro de la obra y a lo abrupto del terreno, que presentó problemas de replanteo verdaderamente complicados. En muchos sitios tuvieron que ir por delante los barrereros haciendo senda con dinamita para poner el taquímetro en estación. En otro, llegar de un extremo a otro de una alineación que, construído el canal es inferior a 100 m, exigía un recorrido verdaderamente acrobático de cerca de tres horas. También fué complicado el replanteo del depósito de carga, que por el lado del aliviadero se asoma casi verticalmente al río a 150 m sobre éste. La construcción del depósito se hizo rápidamente por medio de las instalaciones ya citadas. Un sistema análogo se siguió en la casa de máquinas, construída toda de hormigón. El moldeado de sus muros con madera hubiera sido costoso y además difícil sacar los paramentos planos y verticales. Se recurrió a hacerlos con bloques Ambi, que se fabrican aparte, por series, como la piedra artificial, y tienen la forma de un ladrillo grande dobla-

se adoptó la solución de hormigón en masa con un arco de 19 m de luz. A las veinticuatro horas de terminar el hormigonado se presentó una crecida de importancia, especialmente peligrosa, porque aguas arriba bajaba una gran maderada. Afortunadamente para nosotros se enredaron los palos más arriba y no llegaron más que algunos sueltos al puente. Si no es por esta circunstancia es seguro que nos arrastran la cimbra con la casi segura ruina de la obra; aun así, algunos palos movieron algo la cimbra, pero al arco no le pasó nada.

El transporte de la maquinaria es operación que en estos casos ofrece serias dificultades. Nosotros teníamos la experiencia de la construcción del Salto de Bolarque, donde por debilidad del puente de la carretera hubo que traerla por la margen opuesta, por un camino de muy malas condiciones. Aquí esto se simplificaba porque la carretera llegaba a la misma Central y estaba ya montado el puente-grúa para descargar. Después de alguna discusión nos decidimos por la tracción animal e hicimos construir en Cuenca, bajo nuestra dirección, un carretón para 25 toneladas. La tracción se dió por cinco parejas de bueyes, enganchados en reata, a los cuales se agregaron otras cinco de mulas en las piezas más pesadas. En la estación la descarga del vagón se hacía sin grúa, colocando el carretón al lado y metiendo unos carriles engrasados de un vehículo al otro, consiguiendo que la pieza deslizara con ayuda de los gatos. Este trabajo se llevó a cabo por uno de nuestros más antiguos empleados, muy práctico en operaciones de esta índole, consiguiendo terminarlo sin el más pequeño contratiempo ni accidente en los obreros.

Las indicadas son una muy pequeña parte de las incidencias ocurridas durante las obras. Nuestra intervención en las mismas, desde que en unión de nuestro

puertas escalonadas que debilitarían la presa por lo que nos hemos inclinado, favorecidos por reciente disposición oficial, por un medio mecánico que eleve las

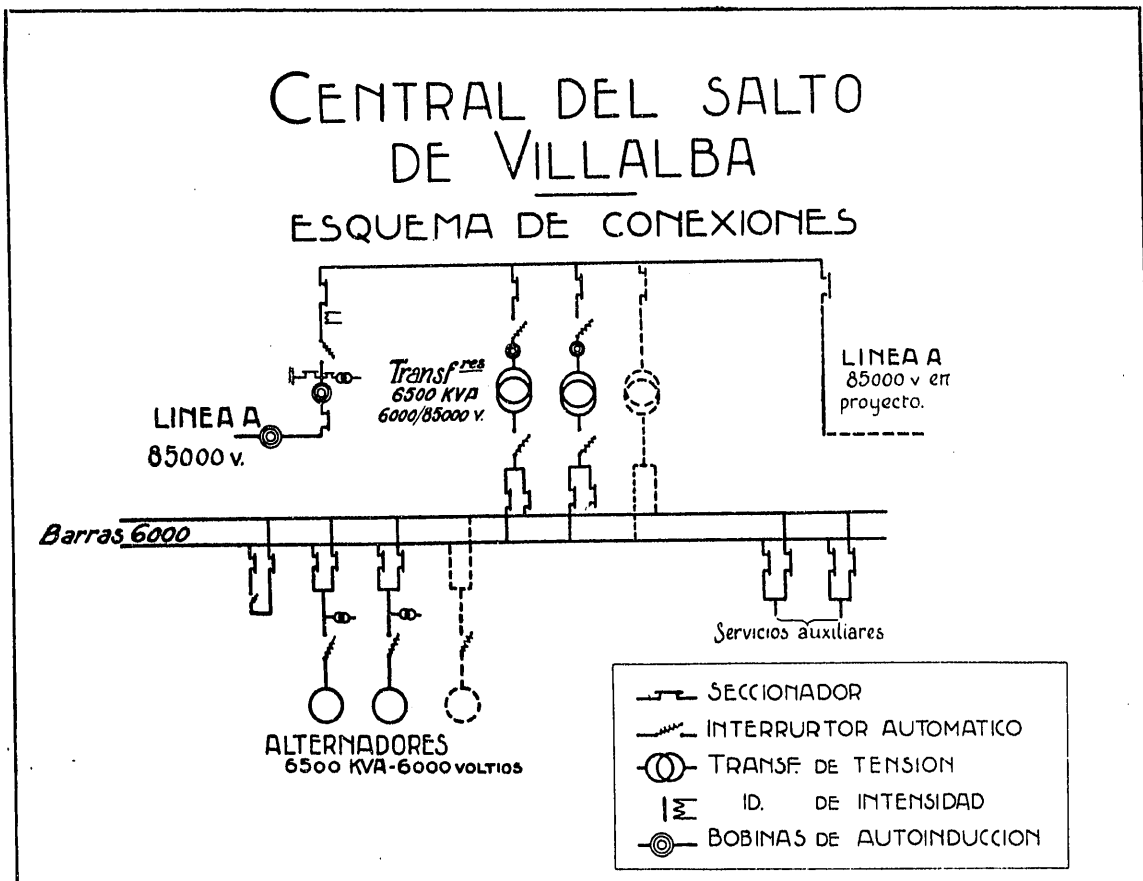


Fig. 21.

compañero D. Alberto Fesser, clavamos la primera estaca para los estudios hasta el día reciente en que hemos visto por primera vez rodar las máquinas, nos permitiría relatar otras varias, trágicas unas, pintorescas y cómicas otras, pero que alargarían aún más este trabajo, ya demasiado largo.

Embalse de La Toba

Complemento de las obras del Salto será la construcción del embalse que regularice el río, hoy de régimen completamente torrencial. Los datos de esta obra que se está empezando son los siguientes:

Capacidad del embalse.....	35 millones de m ³
Altura máxima de la presa sobre el enrase de cimientos.....	33 metros
Profundidad máxima del cimiento	17 »

La presa se ha proyectado recta por ser el valle relativamente ancho. Por esta causa se han podido colocar en la margen izquierda sobre la misma presa las obras de descarga, formadas por una batería de sifones aliviaderos, dos compuertas de socorro y un aliviadero de superficie destinado, principalmente, a la evacuación de los cuerpos flotantes. También en la presa ha originado problemas complicados el paso de maderas, ya que las maderadas pueden presentarse con cualquier altura de embalse. La solución radical de construir un canal a lo largo de todo el embalse en donde entraran las maderas en la cola del mismo para volver al río aguas abajo de la presa, es económicamente imposible. No se puede pensar en com-

maderas a la coronación y las arroje por el talud de aguas abajo. Algo así existe en la presa americana de Arrowrock, de la cual el *Reclamation Service*, de los

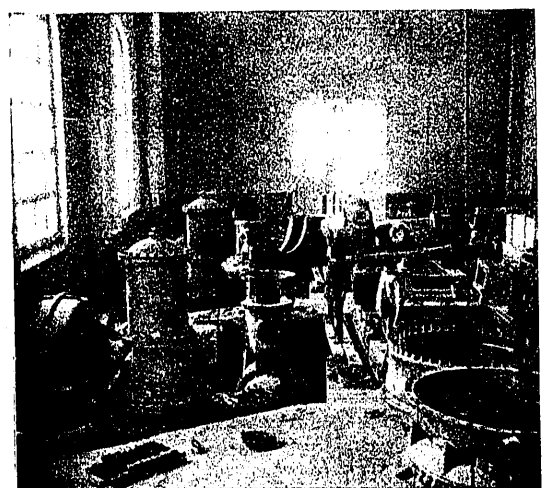


Fig. 22. Montaje de la maquinaria de la Central.

Estados Unidos, nos ha remitido amablemente datos muy completos. Las obras del embalse están empezadas y tratamos de acometer la cimentación la próxima primavera.

De los incidentes que en las mismas ocurran daremos cuenta oportunamente a los lectores.

Juan LÁZARO URRÁ
Ingeniero de Caminos