

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

SIFÓN DE HORMIGÓN ARMADO

SOBRE EL RÍO SOSA Y BARRANCO DE RIBABONA

EN EL CANAL DE ARAGON Y CATALUÑA

El día 6 de Febrero de 1903 quedó oficialmente planteado un problema de construcción de gran trascendencia, con el anuncio publicado en la *Gaceta* de un concurso internacional para la construcción de dos enormes tubos de 3^m,30 de diámetro interior y un kilómetro de longitud cada uno, que sometidos á una carga de agua de 26 metros de altura, habrían de dar paso á un caudal de 35 metros cúbicos por segundo.

El anuncio produjo cierto asombro y hasta emoción entre los especialistas de esta clase de trabajos, porque hasta aquella fecha eran contados los tubos que alcanzaban 2 metros de diámetro; el salto brusco hasta 3^m,30 parecía algo temerario, y más al saber que se elevaba á 26 metros la carga á que habían de estar sometidos. Aunque algunos constructores tenían conocimiento de que en Champs (Isère) se había proyectado una tubería de 3^m,30 de diámetro, se sabía que la parte de hormigón armado se había limitado á las zonas de menor presión y que á partir de 18 metros de carga se había adoptado la solución de tubo metálico, á pesar de sus grandes inconvenientes; pero no se conocía el resultado que podría dar la parte construida de hormigón armado, y aunque hubiera sido conocido y satisfactorio, no podía servir de fundamento para el caso presente, porque la carga de aquella tubería era inferior á la que exigían las condiciones de este concurso.

La Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles, que dirige D. J. Eugenio Ribera, y que ha construido en España numerosas é importantes obras de hormigón armado, no se atrevió por sí sola á tomar parte en el concurso, porque la experiencia adquirida hasta entonces en la construcción de tuberías no le daba medios para tomar á su cargo la inmensa responsabilidad que significaba la construcción del sifón del Sosa, y aprovechando la estancia de uno de sus Ingenieros en París, entró en negociaciones para la ejecución de esta obra con Mr. Aimé Bonna, eminente constructor de tuberías de cemento armado y una de las reputaciones europeas en este concepto: las tuberías que construyó en la distribución de aguas de París, los conductos de impulsión de París, Nimes y Argenteuil, las redes de distribución de Achères, Gennevilliers, Pierrelage, Mery y Triel y otros muchas que no citamos, tanto en Francia como en Bélgica é Inglaterra, le colocaron en primera línea entre todos los constructores del mundo.

De las trece proposiciones presentadas al concurso fué aprobada la que autorizaba con su firma D. J. Eugenio Ribera, redactada de acuerdo con Mr. Bonna; pero el convenio con este señor establecía que él sería el Director y ejecutor de la obra, y que al efecto organizaría los trabajos como tuviera por conveniente, trayendo de Francia la maquinaria y operarios necesarios.

Descripción del proyecto.

Los tubos tienen 17,5 centímetros de espesor, distribuido como sigue: los 22 mm. de la parte interior forman un enlucido armado; los 3 mm. siguientes corresponden á una camisa de palastro, protegida del contacto con el agua por el enlucido anterior; por último, los 15 centímetros restantes comprenden la envolvente exterior del hormigón que protege la camisa de palastro del contacto con la atmósfera y constituye la principal parte resistente porque envuelve los hierros perfilados en T que, á manera de directrices circulares, contrarrestan los esfuerzos á que está sometido el tubo.

La camisa de palastro es de 3 mm. de espesor en toda la longitud de la tubería, y el enlucido interior lleva una armadura constante en toda la longitud.

También es invariable el espesor del hormigón exterior que envuelve la armadura resistente; lo que varía es esta armadura, según las cargas á que está sometida la tubería.

Para el cálculo de los tubos se ha supuesto que la camisa de palastro no interviene en la resistencia sino con la mitad de su espesor, quedando la otra mitad como garantía de éste, suponiendo que pudiera reducirse por la oxidación.

La camisa de palastro desempeña, como principal papel, la garantía de la impermeabilidad; al efecto, todas las costuras de las piezas que la componen deben hacerse soldando autógenamente estas piezas, esto es, calentándolas hasta el punto de fusión del metal y uniendo en estado casi fluido las partes que deben coserse.

Los tubos no son continuos, sino que se construyen por trozos de 6^m,50 de longitud, haciendo los empalmes por medio de juntas de dilatación. Las camisas de palastro llevan sus extremos abocinados en forma de trompeta y los bordes contiguos de dos trozos de tubo se enlazan con soldadura autógena; se recubre el fuelle así formado con una sustancia elástica, mezcla de betún y asfalto, y se completa la junta con un anillo de hormigón armado de análoga composición á la envolvente exterior de los tubos. La sustancia elástica es impermeable y permite las dilataciones y contracciones del fuelle de palastro sin que se desorganice el hormigón.

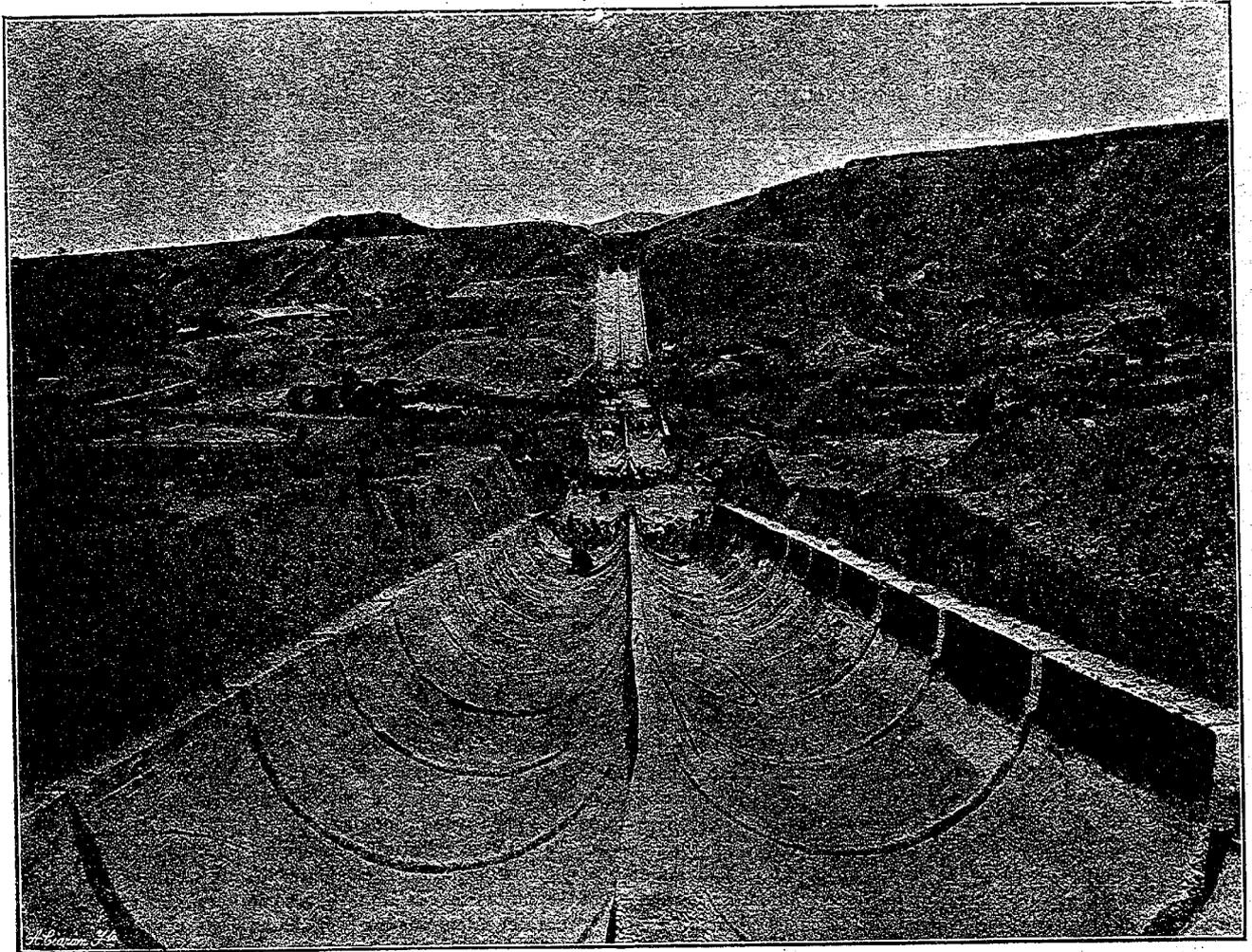
Los tubos van adosados á modo de armaduras de unos ge-

melos gigantescos y se apoyan en un cimiento ó cama, que les sirve de asiento hasta la altura del diámetro horizontal. La cama lleva un aligeramiento triangular entre los dos tubos y una cuneta recoge todas las aguas que puedan llegar por filtración á su interior.

El trazado en planta del sifón es una sola recta de 1.018 metros de longitud en el eje de los tubos, y corta al río Sosa un poco antes de su confluencia con el arroyo de Ribabona.

El trazado vertical es bastante difícil por la necesidad de salvar la estribación que separa el Sosa del Ribabona, resultandó

una tubería de carga para llenar las dos ramas del sifón, se aconsejaba en el proyecto la supresión de dicha tubería, porque siendo de un diámetro considerable necesitaría á su vez otra tubería de carga, ocasionando esto una complicación inútil en la explotación del sifón, y se proponía se cargase éste directamente por la boca de entrada, no siendo de temer los golpes de ariete con un diámetro tan grande y con un trazado que no exigía el establecimiento de ventosas. Desarrollada esta idea por el Ingeniero inspector de la obra, Sr. Sandino, en un estudio muy interesante, se aprobó la supresión de semejante estorbo.



Camas para el asiento de los tubos.

un doble sifón con dos ramas casi iguales en longitud y en carga de agua.

Las rasantes se han fijado de suerte que las camas no se apoyen sobre terraplén y vayan siempre en trinchera.

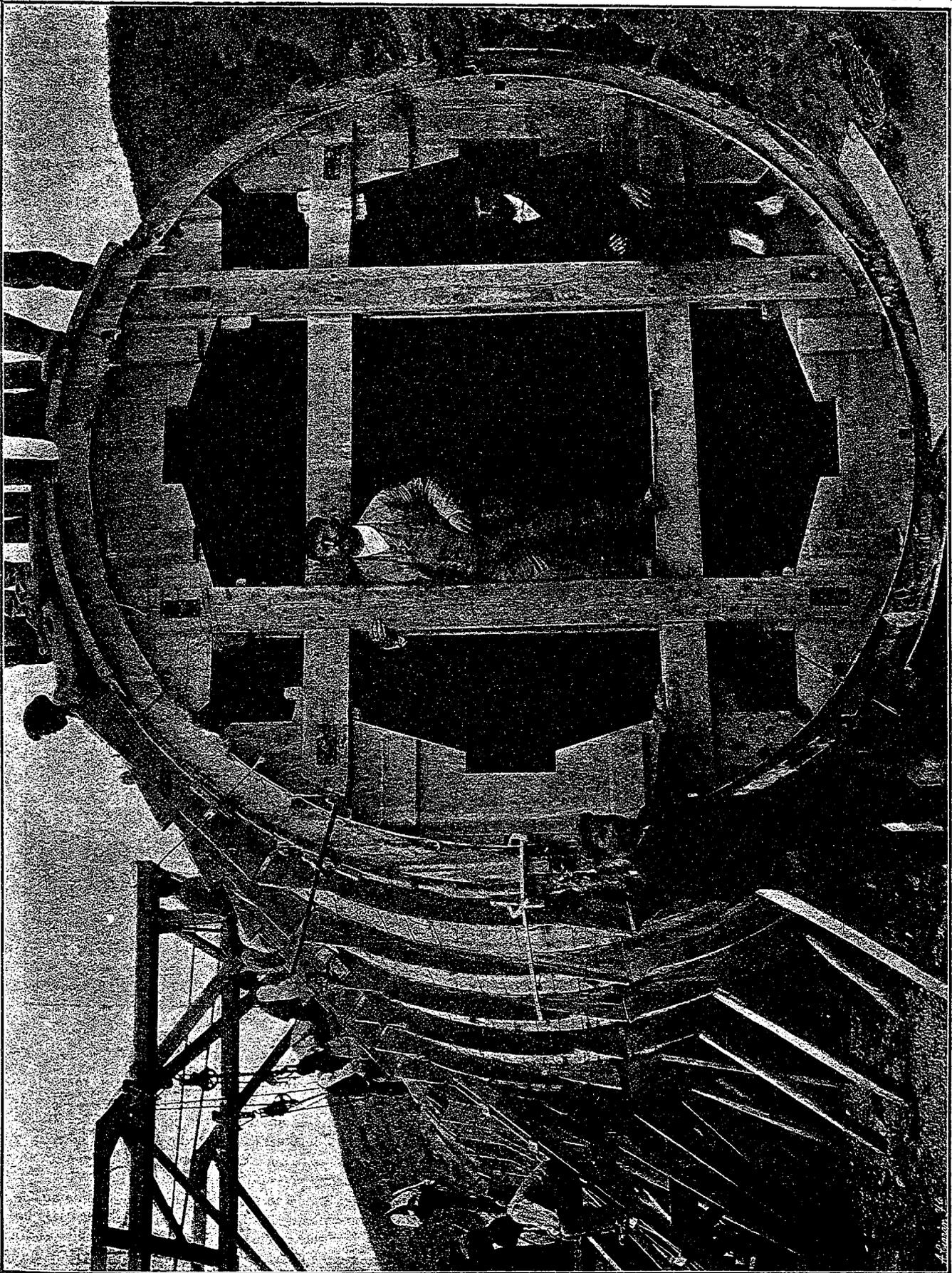
El sifón salva la depresión del Sosa, apoyándose sobre un hermoso puente de hormigón en masa de 11 metros de anchura, construído por administración bajo la dirección de don Rafael López y Sánchez Sandino, á quien se debe también el proyecto de esta obra; la depresión del Ribabona la salva la tubería, apoyándose sobre un pontón de igual anchura que el puente, pero de solos 4 metros de luz.

En el punto alto de la divisoria lleva cada tubería un tubo piezométrico de 2^m,50 de diámetro y 2^m,70 de altura que funciona como ventosa, y aunque el perfil longitudinal no exige ninguna otra ventosa, se han colocado dos automáticas en cada tubería, una en la rama del Sosa y otra en la del Ribabona.

Si bien las bases del concurso prescribían que se proyectase

Para vaciar el sifón hay dos cámaras de desagüe: una en el estribo izquierdo del puente sobre el Sosa, lado de aguas abajo; y otra poco antes de llegar al pontón de Ribabona, en una de las bóvedas que se ejecutaron para consolidar el terraplén de acceso á dicho pontón. Los tubos de desagüe son de 0^m,50 de diámetro, también de hormigón armado con chapa de palastro, pero sin enlucido interior, y cuatro llaves de guillotina sirven para hacer las maniobras necesarias.

Con objeto de preservar los tubos de los efectos producidos por los cambios de temperatura van recubiertos por un terraplén que forma una hermosa calzada de 6,60 metros de anchura á todo lo largo del sifón. Sobre el puente del Sosa y pontón de Ribabona, sólo se recubre con terraplén el seno que forman los tubos por la parte superior. En las partes laterales se modifica el recubrimiento haciéndolo de hormigón moldurado, con arreglo á un perfil, ideado por el Sr. Sandino, que enlaza acertadamente los tubos con el paramento sin que se acuse mucho el tono



Tubo hormigonado, con los moldes y el mandril.

de pesadez que es característico de los puentes sifones y acueductos. En dicho perfil hay otras dos galerías laterales que tienen por objeto disminuir el cubo de material, y por ende el peso sobre las obras de fábrica.

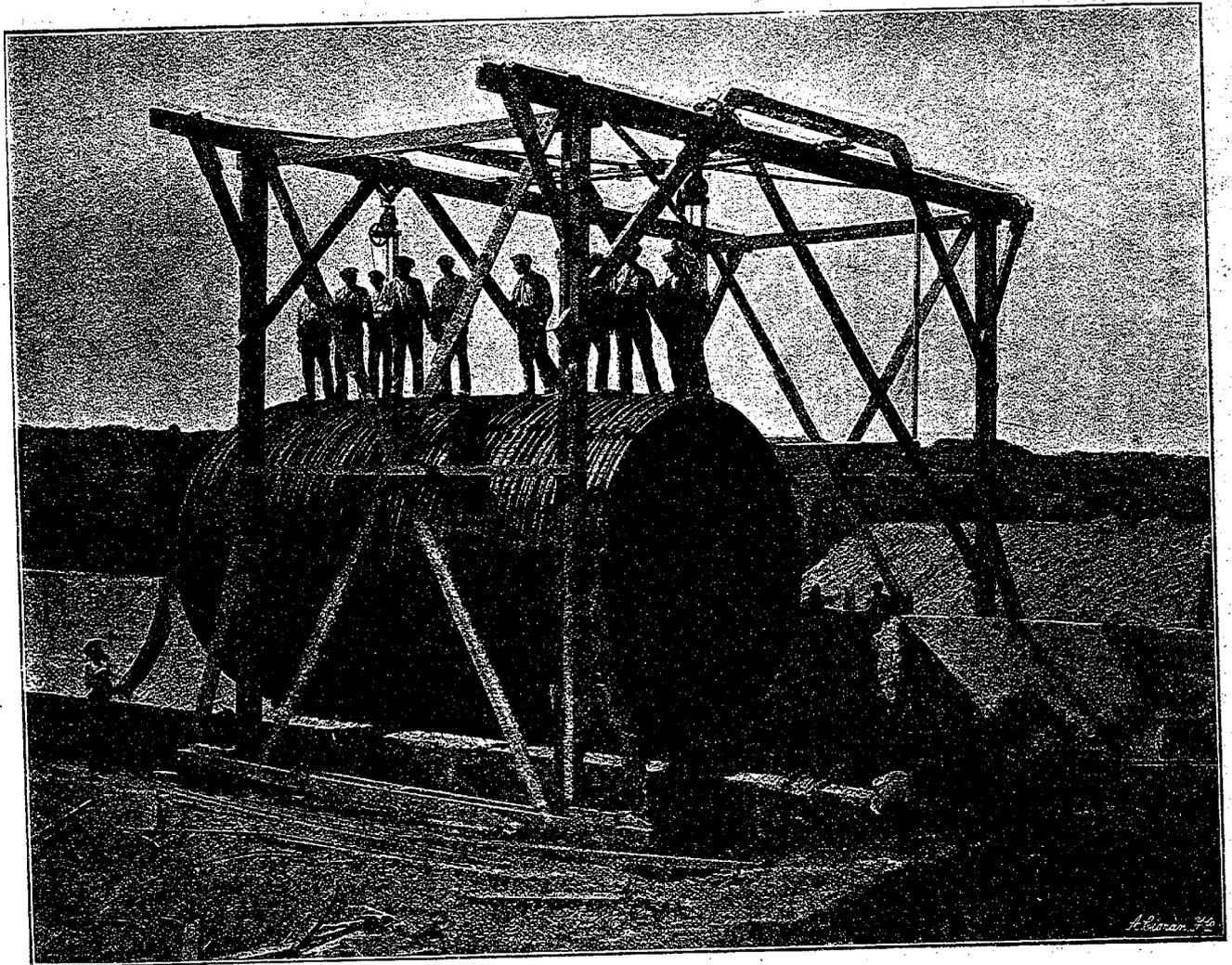
Los tubos piezométricos están resguardados por una caseta de hormigón armado que señala aproximadamente el punto medio del sifón.

Dirección de Mr. A. Bonna.

El 16 de Abril de 1904 fué adjudicada la obra á D. J. Eugenio Ribera, con arreglo al proyecto que acabamos de describir, por la cantidad de millón y medio de pesetas; el 16 de Agosto siguiente debería darse comienzo á los trabajos, y éstos deberían

na y empezó á preparar algunas instalaciones y los moldes para la ejecución de las camas; pero sus iniciativas estaban tan limitadas, que no tomaba determinación alguna sin previa consulta á su jefe, ni se atrevía á rectificar lo que éste había proyectado, aunque resultase evidente el desacierto con que estaban estudiados muchos detalles de ejecución.

En vista de esto, la Compañía de Construcciones reclamó la presencia de Mr. Bonna en la obra, no pudiendo conseguir que se presentase en ella hasta los primeros días de Abril, fecha en la cual el Sr. Director del Canal ya había dirigido al Sr. Ribera un oficio conminatorio fijando la fecha del 15 de aquel mes para que todos los talleres estuviesen en marcha y la obra en completa organización; todo esto era necesario para que el 16 de Julio estuviese terminado el sifón.



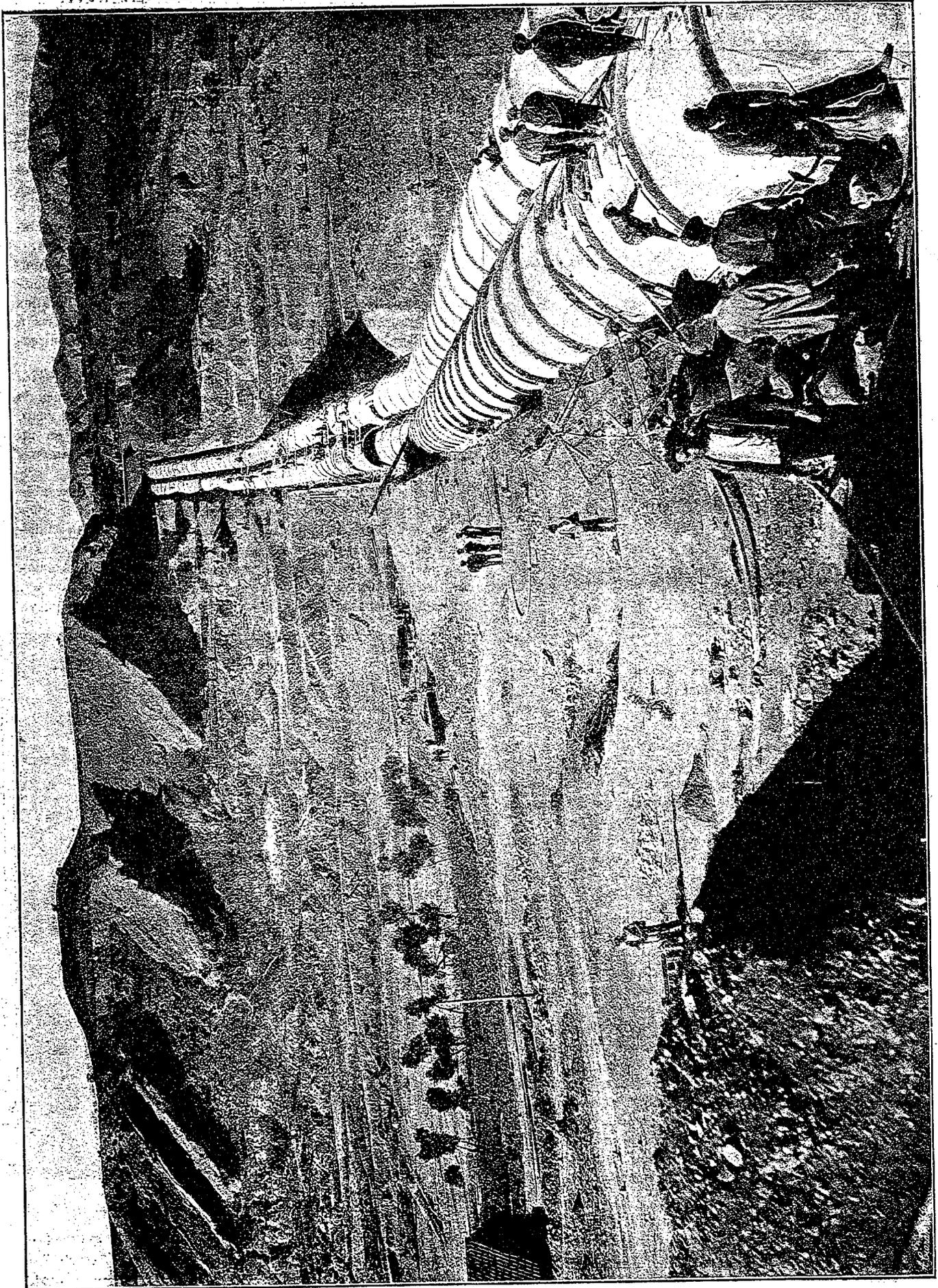
Carro para colocar los tubos en sus sitios.

quedar terminados el 16 de Julio de 1905. Para cumplir el precepto oficial, se dió comienzo á la excavación de la trinchera para asentar los tubos el 10 de Agosto; pero pronto se suspendieron los trabajos de explanación, porque el director de la obra, Mr. Bonna, prefirió no darles impulso hasta el otoño. Pero habiendo emprendido dicho señor un viaje á América, que se prolongó hasta fines de Diciembre, el contratista Sr. Ribera, apremiado por las excitaciones del Sr. Director del Canal, decidió obrar sin consultar con Mr. Bonna, y el 14 de Noviembre se reanudó el trabajo de explanación, quedando terminado á mediados de Febrero de 1905.

Á fines de Enero llegó á la obra un lugarteniente de Mr. Bon-

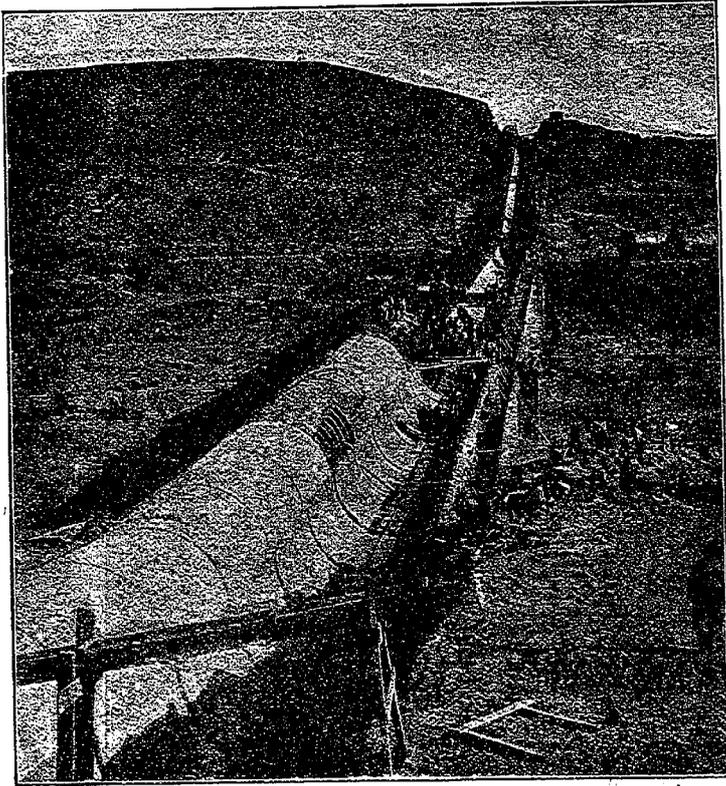
La presencia de Mr. Bonna, siempre optimista respecto á este trabajo, amortiguó los recelos producidos por la falta de organización notada hasta entonces y se contestó al Sr. Director diciendo que el 15 de Abril estaría todo en buena marcha y que se esperaba acabar la obra antes del 16 de Julio y aun antes de finalizar Junio.

Acompañó á Mr. Bonna en esta visita al Sosa el mismo Ingeniero de la Compañía que había convenido con él en París las condiciones para ejecutar la obra en Sociedad, y en esta visita se acordó que regresase á Francia, por ser innecesario su concurso, el lugarteniente que hasta entonces estuvo al frente de la obra, y que se modificasen los moldes para la cama porque



Ejecución de juntas en la pendiente del Sosa al tubo piezométrico.

su estructura y dimensiones los hacían completamente inútiles para la ejecución de ésta. También se convino ensayar un mé-



Hormigonado de tubos en la rama del Sosa.

todo ideado por dicho Ingeniero para ejecutar las camas prescindiendo casi en absoluto de los moldes.

Desde el 1.º de Abril estuvo en el Sosa Mr. Bonna organizando a su gusto los trabajos; el día 10 se empezó la ejecución de las camas, luchando con el inconveniente de los moldes que, por fin, hubo de modificar adoptando el criterio indicado por la Compañía de Construcciones: hasta fines de Abril no se hizo dicha modificación, y sólo desde entonces pudo quedar regularmente organizado el trabajo de ejecutar dichas camas.

Hacia mediados de Mayo quedó toda la instalación montada con sus máquinas para punzonar y curvar hierros en T; para cortar, fresar y doblar chapas de palastro, y para obtener los gases que exige la soldadura autógena. Hemos dicho que ésta consiste en [reblandecer el metal hasta el punto de fusión y unir en estado casi líquido las partes que se quiere soldar. Para reblandecer el metal es preciso someterlo a una temperatura de 1.800 a 2.000º centígrados, y esta temperatura se obtiene ó con el soplete oxidrico, mezclando oxígeno é hidrógeno, ó con el soplete de acetileno, mezclando oxígeno y acetileno.

El oxígeno y el hidrógeno se obtienen por la electrolisis del agua, y en el Sosa se montó una instalación de veinte elementos Garutti (1), cada uno de los cuales exige para descomponer el agua acidulada con sosa cáustica una corriente de 2,5 voltios y 400 amperios. Los veinte elementos estaban alimentados por dos máquinas de corriente continua de 25 voltios y 400 amperios cada una, movidas por sendos motores de gas 20 caballos de fuerza. El restó del mes de Mayo se pasó en pruebas de los gases, que no acababan de salir con la pureza necesaria para ser utilizados en la soldadura.

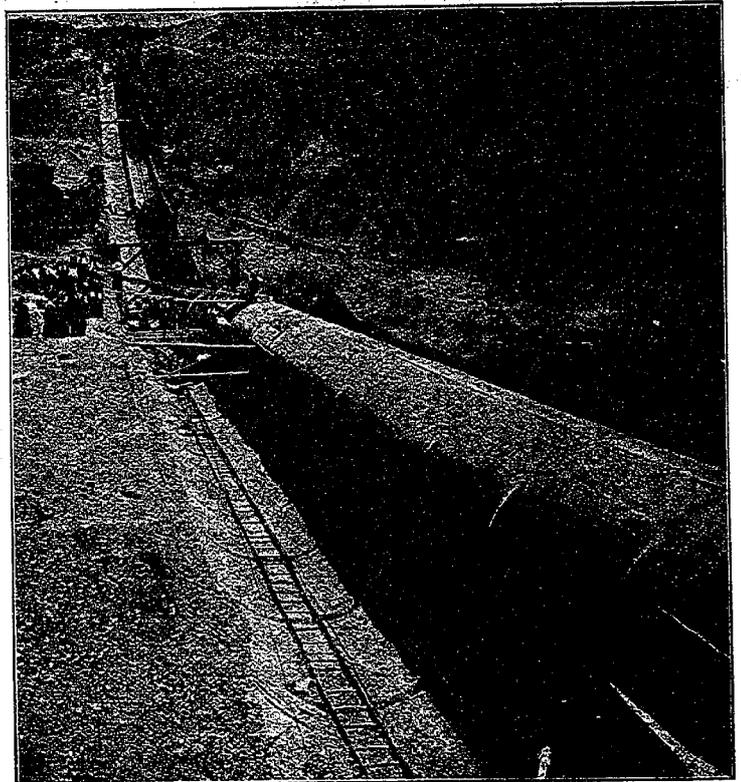
Para obtener en el soplete oxidrico la temperatura necesaria

es preciso que el oxígeno é hidrógeno se mezclen en él en la proporción de 1 á 4, ó sea, de $\frac{1}{2}$ de oxígeno por 2 de hidrógeno, y como la electrolisis produce los gases en la proporción de 1 de oxígeno por 2 de hidrógeno, resulta un exceso de $\frac{1}{2}$ volumen de oxígeno que no se puede utilizar. Con objeto de aprovecharlo se montó otra instalación para soldar con acetileno, y como este gas se mezcla con el oxígeno en el soplete en proporciones iguales, los generadores de acetileno basta que produzcan una cantidad de este gas igual á la que sobra de oxígeno en la electrolisis del agua. Sin embargo, los generadores de acetileno en el Sosa producían mayor cantidad de gas que la necesaria, y para aprovechar su rendimiento total se procuró aumentar la producción de oxígeno obteniendo este gas en un aparato especial utilizando una sustancia llamada epurita ó polvo de oxígeno.

A pesar de que á mediados de Mayo el Ingeniero de la Compañía de Construcciones había caído en desgracia con Mr. Bonna por una discusión sostenida con motivo de varios detalles de la obra, teniendo necesidad este señor de salir para París a fines de dicho mes, fué sustituido temporalmente en la dirección de la obra por aquel Ingeniero.

Desde el 26 de Mayo hasta el 11 de Junio pudo madurar esto Ingeniero la creencia de que Mr. Bonna no estaba á la altura de las circunstancias y seguramente no había de ejecutar el sifón, no sólo en el angustioso plazo de que se disponía, sino en un plazo mucho mayor. Justificaban esta creencia, absolutamente todas las disposiciones tomadas hasta entonces.

Para terminar la obra en el plazo debido era indispensable un avance de 52 metros diarios en la tubería, ó sea de 8 tubos de 6^m,50 de longitud; pues bien, toda la instalación de la soldadura autógena no producía gases sino para dos tubos diarios á lo sumo, sin ser capaz de mayor producción; y como el funcionamiento no era regular porque eran muy frecuentes las averías, ya en los acumuladores de los motores, ya en éstos mismos, ya

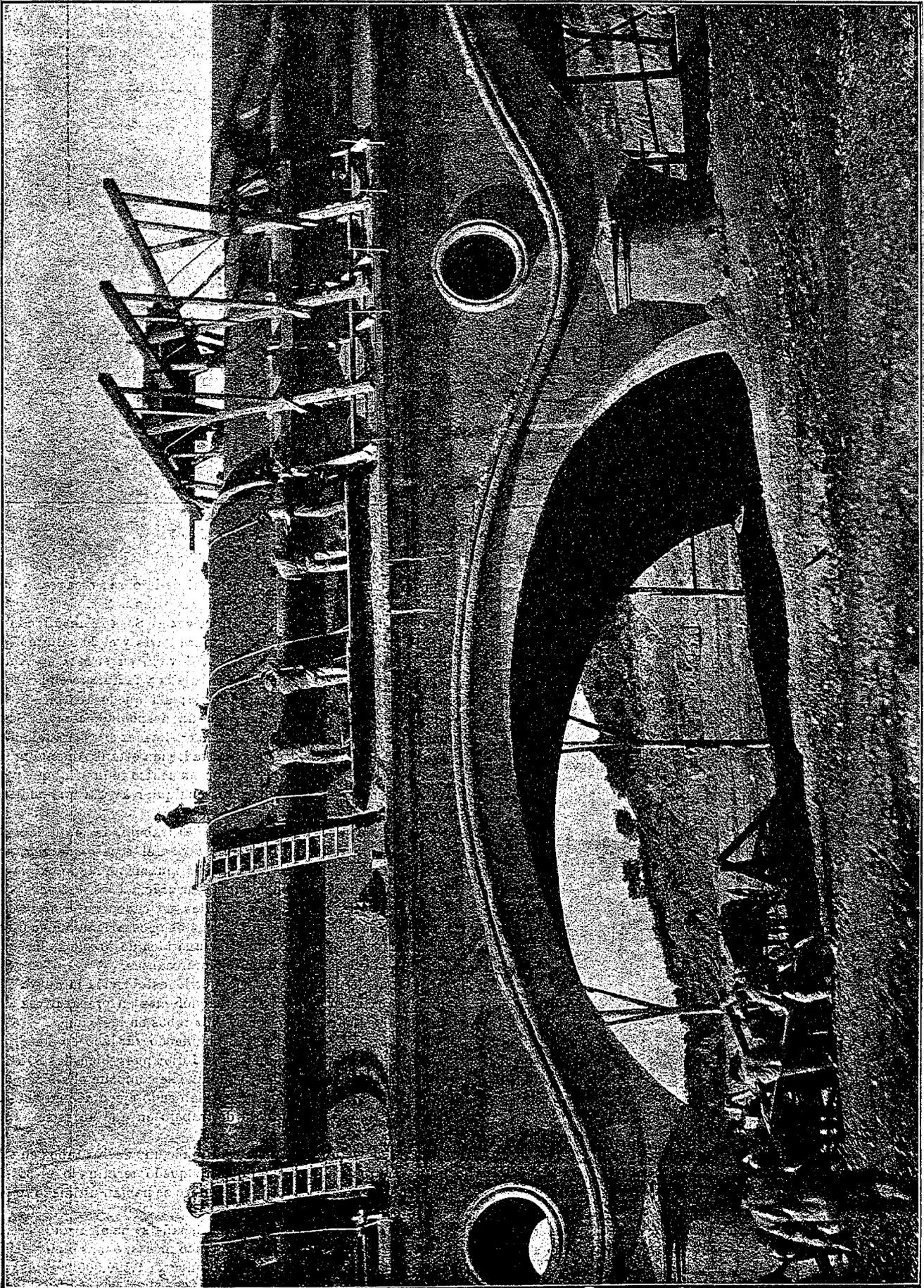


Hormigonado de tubos en la rama del Ribadona.

en las dinamos, ya en los elementos Garutti, ya en otras máquinas, no se podía contar como seguro ni un solo tubo diario.

Por otra parte, los medios auxiliares que se habían adoptado

(1) Véase Gérard, *Leçons sur l'Electricité*, tomo II, capítulo XLVI, en que se describe este aparato.



Moldeo y enlucido de la envolvente sobre el puente Sosa.

para soldar los anillos de los tubos, para transportar éstos a los talleres de armar, para colocar las armaduras y para ultimar las eran tan deficientes y estaban tan mal estudiados que, aun antes de regresar Mr. Bonna de París, el Ingeniero citado dió orden de abandonarlos y poner en práctica otros más sencillos, más racionales, más en armonía con las extraordinarias dimensiones de los tubos á quienes había que tratar como á gigantes que eran y no como á pigmeos como se quería tratarlos hasta entonces.

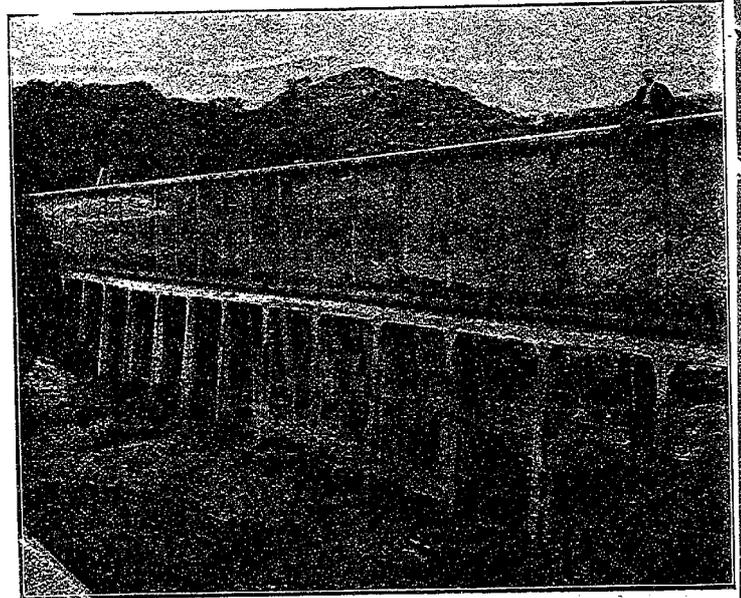
Aunque al regresar Mr. Bonna al Sosa se mostró conforme con todo lo que había ordenado el Ingeniero de la Compañía y se propuso obrar de acuerdo con el criterio que éste sustentaba, no se le ocultó en su fuero interno que su gestión personal estaba siendo un fracaso á cuyo conocimiento público se caminaba aceleradamente. Desde este momento, las relaciones entre monsieur Bonna y la Compañía de Construcciones perdieron su carácter afectuoso, iniciándose el rompimiento que pronto sobrevino. Se llegó en estas condiciones á los últimos días del mes de Junio sin que la obra adelantase un paso en su organización, estando todo supeditado á la producción continua y segura de gases para la soldadura autógena. Entonces el Director del Canal Sr. Inchaurreandieta y el Ingeniero inspector de la obra señor Sandino, exteriorizaron el disgusto con que veían la lentitud con que marchaba el trabajo, y cortando por lo sano, propusieron á la Superioridad la supresión de la soldadura autógena y su sustitución por el roblonado de las costuras, sacrificando la impermeabilidad de la tubería á la rápida ejecución de la obra que reclamaban vitales intereses del país, y al mismo tiempo plantearon con ese fin el problema de la rescisión del contrato.

De todo lo cual tuvieron ocasión más tarde de felicitarse, no sólo por que vieron marchar como era debido los trabajos, sino porque los resultados de los ensayos de resistencia de la soldadura, verificada en el Laboratorio de la Escuela de Caminos, fueron por completo deficientes.

Mas como el contratista Sr. Ribera consideraba como timbre de honor y base de su reputación el ejecutar una obra de tanta importancia y á cuya realización de un modo tan solemne se había comprometido, decidió hacer todos los sacrificios nece-

Dirección de la Compañía de Construcciones.

El estado de salud del Director de la Compañía, Sr. Ribera, y las atenciones de otras muchas obras, no le permitieron to-



Acueducto de Falava.

mar á su cargo la dirección personal de la obra, recayendo tan alta honra en el Ingeniero que redacta estas notas.

El 13 de Julio llegué por última vez al Sosa acompañando á Mr. Bonna; el 15 salió este señor para París y el 20 salieron los doce operarios franceses que había llevado en el mes de Abril á la obra y quedó desmontada, embalada y facturada en la estación de Monzón toda la maquinaria; así quedó rectificadla la equivocación de querer montar en un despoblado como el Sosa una instalación mecánica de extrema delicadeza; una instalación que no podría marchar con seguridad, sino estando montada en Barcelona, en Bilbao, en Gijón, en un centro industrial que permitiera reparar en pocos minutos cualquier avería que pudiera presentarse.

Dé la nueva organización que dí al trabajo, de las dificultades con que tuve luchar para avanzar en él á pasos de gigante, pues así era necesario avanzar y continuamente me lo exigía la inspección del Canal, tengo que hacer gracia á los lectores, porque todos estos importantes detalles no caben en el marco de este artículo y habrán de ser expuestos necesariamente en otro.

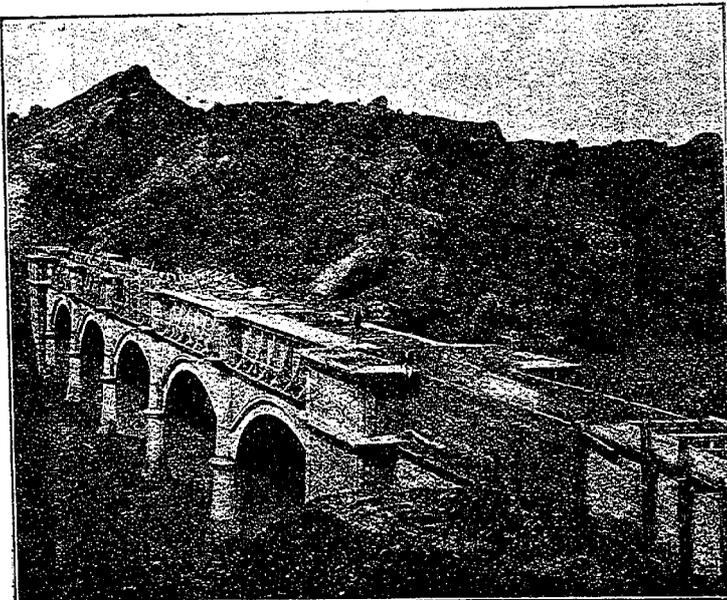
Solamente recordaré, para dar una idea de lo que se ha trabajado en el Sosa, algunos datos interesantes.

Aunque desde el 13 de Julio quedó establecida la nueva organización, hubo de pasar todo aquél mes en preparativos indispensables para poder colocar los tubos en las camas.

De éstas estaban hechas 78, habiendo tardado en hacerlas desde el 10 de Abril hasta el 13 de Julio; pues bien, las 80 restantes, para completar las 158 de que se compone el sifón, quedaron terminadas el 8 de Agosto, habiendo ejecutado en veinticinco días la misma cantidad de trabajo en que antes se había tardado más de tres meses.

El 18 de Octubre se había terminado uno de los tubos en sus 1.018 metros de longitud; el otro quedó terminado el 30 de Noviembre, y para el 15 de Diciembre se habían ultimado todos los trabajos accesorios.

En ninguna obra ejecutada en España se ha alcanzado semejante velocidad de ejecución: en cinco meses, ó más bien en cuatro, se ha ejecutado una obra que importa 1.500.000 pesetas, resultando un trabajo mensual de más de 300.000 pesetas, ó sea



Cajero del acueducto de Perera.

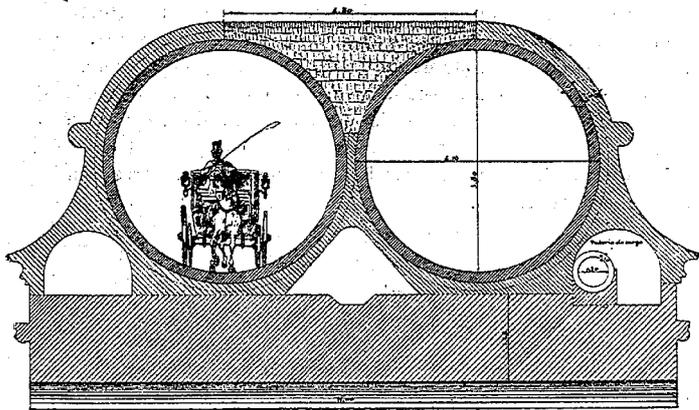
sarios para ejecutar la obra y aceptó la prórroga del contrato en condiciones que seguramente no hubiera podido aceptar si no pesaran sobre ella las consideraciones que acabamos de exponer.

una cantidad de obra diaria que vale 10.000 pesetas. Decimos que en España no se conoce ningún caso de tamaño velocidad; estamos por asegurar que tampoco en el extranjero se conoce caso parecido en obra de las dificultades que presentaba el sifón.

En la obra se emplearon 1.600 toneladas de acero, siendo de ellas 600 en planchas de 3 mm. de espesor y las 1.000 restantes en hierros perfilados en forma de T para las armaduras y en redondos para la armadura del enlucido interior.

Cada camisa de palastro se compone de 20 planchas de 100 kilogramos, y cada una de éstas lleva 276 agujeros; así es que cada camisa pesaba 2 toneladas y llevaba 5.520 agujeros correspondiendo á cada metro lineal de sifón 1.700 agujeros y 850 rebolones.

Las camras y consolidaciones de las mismas cubican 5.000 metros cúbicos de hormigón y se emplearon en ellas 20.000 sacos, 1.000 toneladas, ó sea 100 vagones de cemento-portland natural.



Sección de los tubos sobre el puente del Sosa.

Los tubos cubican 4.000 metros cúbicos de hormigón y se emplearon en ellos 45.000 sacos, 2.250 toneladas, ó sean 225 vagones de cemento portland artificial, marca Vicat. En total, se puede decir que el número de vagones de mercancías descargados en Monzón con destino al Sifón del Sosa, asciende á 500.

Aunque dejo para otro artículo la descripción detallada de la organización dada á los trabajos, acompañan á éste varios fotografías que representan diversas fases de la obra, y por ellos se verá el esfuerzo desarrollado durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre principalmente.

El número de operarios que casi siempre hubo en la obra se eleva á la enorme cifra de 1.500.

MARIANO LUÑA.

Febrero 1906.

EL CANAL DE ARAGON Y CATALUÑA

I

En tiempos del Emperador Carlos V se inició la idea de construir un canal que tomando sus aguas de los ríos Cinca y Essera sirviese para fertilizar la seca y extensa comarca literana, entonces, como ahora, combatida por largas sequías que hacían inhabitable el país; no se tienen, sin embargo, noticias concretas del comienzo de los estudios hasta que, reinando Carlos III,

fué encargado el arquitecto Inchauste en 1783 de hacer el canal de Tamarite de Litera, labor que llevó á término el arquitecto Rocha que le sucedió, presentando su trabajo en 1806.

No deja de ser interesante la historia de las modificaciones introducidas al proyecto que para navegación y riego presentó Rocha, y lo mismo sucede con el relato de las vicisitudes de los diversos concesionarios, pero me parece de mayor utilidad dedicar el tiempo á describir las obras y su plan tal como en la actualidad se están llevando á la práctica.

Cuando en 5 de Septiembre de 1896 se incautó el Estado de las obras del canal, lo ejecutado hasta entonces se reducía á cuatro túneles y obras de tierra de poca importancia; la valoración que oportunamente se hizo alcanzó á 3.800.000 pesetas; puede, por tanto, decirse que á partir de esta época fué cuando comenzaron realmente las obras; todavía en los seis primeros años hasta 1903, la necesidad de ordenar y redactar proyectos, fijar planes y discutir soluciones, absorbió gran parte del tiempo, como lo prueba el que en todo ese intervalo no se gastaron más que 6 millones de pesetas, ó lo que es igual, un término medio de un millón por año; quedaron entonces en curso de ejecución las obras de la primera sección del canal en una longitud de 20 kilómetros; y si bien el adelanto de la obra fué escaso, como se deduce de los datos expuestos, se llevaron á cabo proyectos importantes y nivelaciones cuidadosas, fijando el emplazamiento definitivo de la toma de agua, punto esencial que dió lugar á numerosas controversias y largos estudios.

Desde el año 1903 hasta la fecha, en que sólo faltan dos meses para que el agua recorra 70 kilómetros, el avance dado á las obras ha sido tan extraordinario, que bien puede ponerse en parangón honroso el canal de Aragón y Cataluña con los canales que más rápidamente han sido construidos.

El servicio actual está dividido en secciones, que corresponden á otros tantos trozos de Canal y á trabajos complementarios de administración, levantamiento del plano de la zona regable y estudio de los planes generales de riego.

El canal principal comprende cuatro grupos: el primero está constituido por el tramo del Essera, tramo de un carácter particular y esencialmente distinto del resto de las obras; el segundo grupo se denomina primera sección y comprende desde la confluencia de los ríos Cinca y Essera hasta la bifurcación del canal en el arranque del de Zaidín; el tercer grupo ó segunda sección, desde este partido hasta Coll de Foix, en la divisoria del Cinca ó del Segre, y, por último, la tercera sección ó cuarto grupo, hasta la desembocadura del canal en el término de Masalcorreig y punto denominado La Granja de Escarpe.

La cuarta sección corresponde al canal de Zaidín, arteria la más importante de las derivadas del canal principal.

La dotación del canal es en su origen y en toda la primera sección de 35 metros cúbicos por segundo, y, naturalmente, para dar paso á toda esta cantidad de agua se han dispuesto las obras; en la segunda sección la capacidad es de 23 metros cúbicos en su comienzo y de 17 $\frac{1}{2}$ en su terminación, y en la tercera la capacidad va reduciéndose á medida que se derivan las diversas acequias. La capacidad del canal de Zaidín son 15 metros cúbicos. Fácilmente se comprende por todas estas capacidades, que las dimensiones de las secciones transversales tienen que ser forzosamente grandes; así en la primera sección para pendientes de 4 por 10.000, el canal tiene, aproximadamente, 3 metros de altura de agua y 7 de ancho en el fondo y 14 metros de ancho en la superficie.

De la importancia de la obra puede juzgarse con solo decir que la longitud total del canal principal es de 120 kilómetros y la de Zaidín 60 y la suma de las longitudes de las diversas acequias que forman parte del plan del Estado es de 165.

II

La presa y toma de agua están situadas en el río Essera, á 5 kilómetros de la confluencia con el Cinca; el Essera, poco des-