

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 ABIGÓN Y CATALUÑA

III

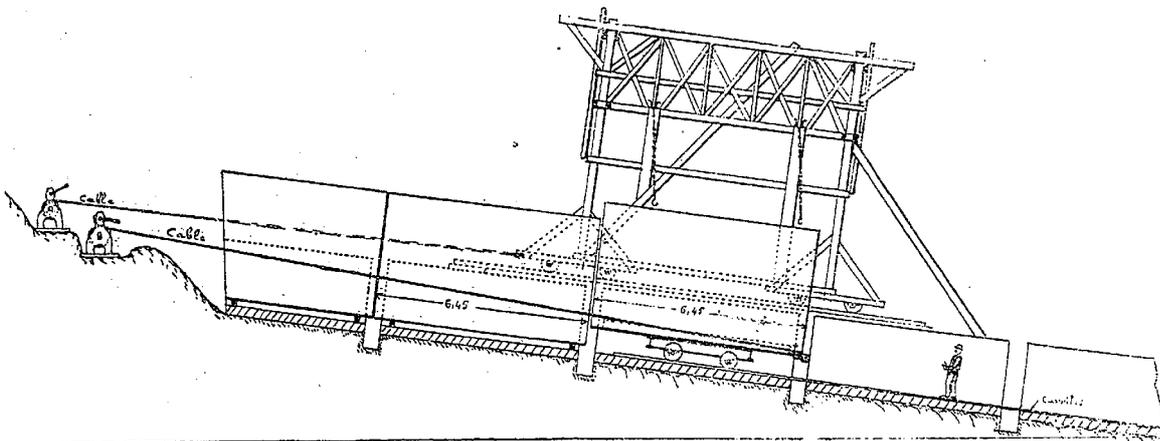
En el artículo anterior, publicado en la REVISTA correspondiente al día 29 de Marzo último, quedaba la plataforma con su carga de un tubo acuña en la cama que debía ocupar éste, como se dibuja en la figura 15. Las operaciones posteriores se refieren á la

Colocación de los tubos en las camas.—Para colocar los tubos

Sacada la plataforma no empezaba á descender inmediatamente, sino que se esperaba á sacar también de debajo del tubo, que estaba colgando, la vía que se apoyaba sobre la cama que había de ocupar dicho tubo; sacada esta vía, cuya longitud no correspondía á la de los tubos y se necesitaban á veces cupones especiales para que la plataforma avanzase lo necesario, se cargaba sobre la plataforma y ésta descendía regulando su bajada el mismo torno que servía para subirla cargada con un tubo (fig. 16); al llegar al pie de la pendiente se desataba el cable de la plataforma y ésta volvía á una de las explanadas *E* á buscar otro tubo que se transportaba á la cama siguiente.

Una vez quitada la vía y barrida perfectamente la cama que había de ocupar el tubo, operaciones algo peligrosas, porque era preciso meterse por debajo de éste, se le hacía descender lentamente; para que quedase á la separación de 0^m,05 que debía haber entre los bordes de dos tubos contiguos se colocaban entre

Fig. 15.



en las camas se los suspendía con objeto de poder sacar la plataforma, se desacuñaban las ruedas de ésta, se quitaba el travesero que la sujetaba, y como quedaba entonces libre, descendía por su propio peso en las pendientes ó se tiraba de ella en los tramos de poca inclinación; en las rampas, que era donde se empleaban los tornos, al quedar la plataforma libre no caía de repente al pie de aquéllas, porque continuaba unida al cable; la fijación de dicho cable en la parte posterior y no en la anterior de la plataforma tenía por objeto facilitar la operación de sacar ésta y permitir que ella y el tubo se acercasen todo lo necesario al tubo colocado anteriormente.

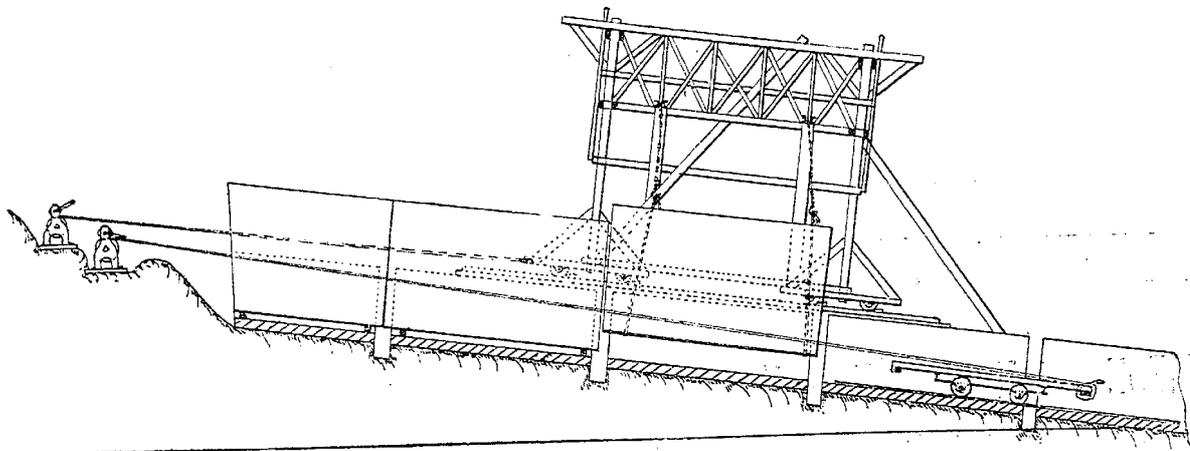
dichos bordes, y luego se quitaban, tacos de madera de este espesor ó las mismas barras de hierro que servían para facilitar ciertos movimientos; y para que al quedar apoyado el tubo en la cama resultase la camisa de palastro colocada paralelamente á ella y á 0^m,15 de separación, hubo de idear varios procedimientos.

El de colocar en las camas maestras longitudinales de mortero para que sobre ellas se apoyase el tubo, procedimiento que debe emplearse en tubos de armadura sencilla sin camisa de palastro, no era aplicable en este caso, porque apoyándose sobre ellas las armaduras exteriores quedarían éstas excéntri-

cas con relación á la camisa de palastro, y esto no era admisible. Pensé entonces en la colocación de maestras transversales que, medidas entre las directrices, permitieran que la propia camisa de palastro y las varillas longitudinales de 8 mm. se apoyasen sobre ellas; esta solución parecía la más conveniente,

deshaciendo las maestras que ya estaban hechas, y adopté el de apoyar el tubo sobre tacos de 15 centímetros de altura que se interponían entre la cama y la camisa de palastro; se colocaban diez tacos por tubo, cinco en cada extremo, repartidos convenientemente en el semicírculo inferior con objeto de redu-

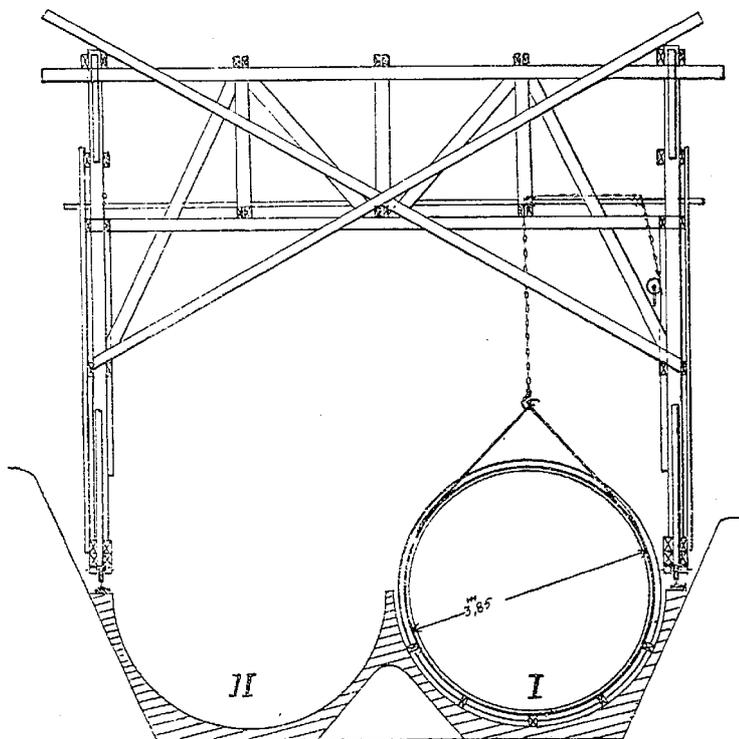
Fig. 16.



aunque tenía de molesto que dichas maestras debían estar á diversas separaciones, según la presión correspondiente á los tubos y todas debían estar interrumpidas en dos puntos para dejar libre el paso á la vía y á las ruedas de la plataforma.

Al colocar el primer tubo, uno de los aros exteriores, algo

Fig. 17.



doblado, vino á caer sobre una de estas maestras, y por más esfuerzos que se hizo no fué posible conseguir que dicho aro la dejase libre para que ésta ocupase el sitio correspondiente entre dos directrices, y previendo que esto mismo había de suceder en casi todos los tubos deseché inmediatamente el procedimiento,

para reducir á un mínimo la deformación de la camisa de palastro (fig. 17).

Quedaba así el tubo apoyado por sus extremos y trabajando á flexión en sentido longitudinal; pero he comprobado por repetidas nivelaciones que dicho trabajo era inapreciable, pues aun contando con el peso de varias personas, la flecha en las generatrices inferior y superior era nula, no cabiendo duda de que la camisa de palastro estaba en toda su longitud á 0^m,15 de separación de la cama. Este resultado no es de extrañar, porque el tubo forma una viga de sección circular de gran rigidez. En vista de esto, adopté el procedimiento de los tacos con carácter definitivo, considerándole el más práctico y mejor de todos; digo que era el mejor, porque el de las maestras transversales tenía, además del señalado, el inconveniente de que no se apoyaban sobre ellas las camisas de palastro precisamente, sino las varillas longitudinales de 8 mm., pudiendo haber un pequeño error en el grueso de 0,15 m. que debía quedar para el hormigón exterior de los tubos.

Todas las operaciones que acabo de describir son posteriores á la más importante que exige la colocación del tubo en la cama, que es la suspensión del mismo para poder sacar la plataforma y la vía; pero he querido dejar para el final de este capítulo el punto más importante de él, con objeto de poder fijar más claramente las ideas sobre el aparato destinado á suspender los tubos, y hajarlos luego hasta que reposen en la cama por medio de los tacos ya descritos.

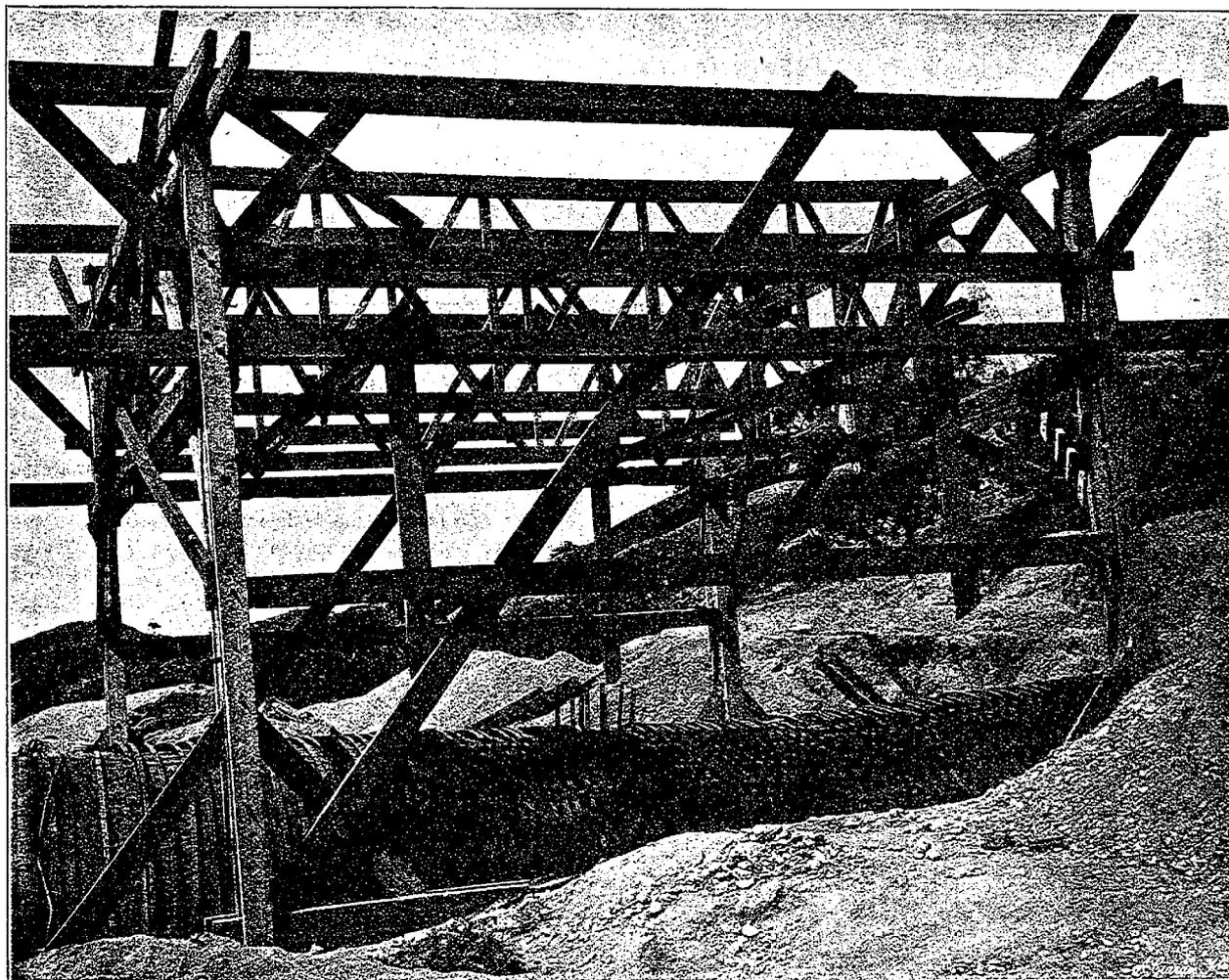
En el fotograbado que acompaña á este artículo, reproduzco el carro construido por Mr. Bonna con este objeto; el carro empezó á construirse, según dibujos de dicho señor, en el mes de Abril; después de armado en la montea, se desarmó y volvió á armar sobre las primeras camas de la tubería y no se terminó este trabajo hasta bien entrado Julio. Consta de cuatro pies derechos enlazados en la base y costados laterales por largueros á los cuales iban fijas ocho ruedas, dos debajo de cada pie derecho. Estos apoyos estaban enlazados en los frentes y en los costados por largueros y traveseros, tornapuntas, jabalcones y montantes en número casi incontable, formando el bosque de madera que indica el fotograbado. Enlazando los frentes, había además dos vigas en celosía que sostenían otras tantas dobles vigas metálicas en E, sobre las cuales había de moverse un carro transbordador que sirviera para hacer con un tubo colgado de él todas las maniobras imaginables; la más importante que se pensaba hacer, con objeto de economizar vía, consistía en no

montar ésta sino sobre un lado de la doble cama y transportar por él todos los tubos; para pasar los correspondientes á las camas del otro lado no había más que suspender el tubo, levantarlo por encima del corazón de las camas y transportarlo con el carrito á la otra cama, bajándolo después hasta que se apoyase en ésta.

Criticada por mí la idea del carro transbordador, pues no podía ser eficaz, se desistió de él, decidiendo colocar vía por las dos camas, y en su lugar se pusieron los tornos ó *palans* que tenía la grúa destinada á suspender las virolas para soldarlas, la cual, como he dicho, se había ya desechado.

Al colocar estos *palans*, no se tuvo en cuenta la posición que con relación á ellos había de tener el tubo suspendido, y se los

carro y en modificarlo de todas suertes; tratando de mejorarlo constantemente, tenía yo tan escasa confianza en él, que para utilizarlo en la pendiente de bajada al Sosa lo reforcé de la mejor manera posible é introduje modificaciones que alejaron algo el peligro de un accidente; las modificaciones consistieron en poner en los frentes, donde era necesario que resistiese bien, dos grandes cruces de San Andrés, sin las cuales el carro hubiera quedado deshecho al colgar de él el primer tubo; en desecher los carriles ordinarios y adoptar otros muy bajos formados de una simple llanta clavada á un tablón, que guiase las ruedas de doble reborde; en colocar delante unas robustas torrapuntas que impidiesen al carro caer de bruces, por decirlo así, pues su inclinación respecto á la vertical era del 14 por



Carro de Mr. Bonna para la colocación de tubos.

fijó donde más podían estorbar, puesto que los tubos tropezarían con ellos impidiendo esto hacer las maniobras necesarias.

Una vez colocado un tubo en su cama con auxilio del carro, era preciso transportar éste á la cama siguiente, avanzando 6^m,50 próximamente, con objeto de repetir en ella análoga operación; para este avance servían las ocho ruedas sobre que estaba montado el carro, las cuales debían apoyarse sobre carriles, y con objeto de asegurar la maniobra y evitar que el carro se precipitase por la pendiente y cayese sobre el puente del Sosa, se instalaron dos tornos en la cabeza de entrada del sifón, con dos cables de alambre de acero que sostenían el carro y aseguraban la marcha lenta de éste. Las figuras 15, 16 y 17, representan el costado y frente del carro de Bonna.

Á pesar del tiempo gastado en proyectar y ejecutar este

100; en desecher los *palans* para colgar los tubos, sustituyéndolos por poleas diferenciales (primero los había cambiado de sitio para que el tubo no tropezase con ellos); en acuñar las ruedas de modo que el carro no pudiera moverse aunque fallasen los tornos ó rompiesen los cables; este acuñado se hacía metiendo barrotes de madera en los agujeros de aligeramiento que tenían las ruedas. Con todas estas precauciones se colocaron los tubos de la primera tubería en la pendiente que baja al Sosa, temiendo constantemente que ocurriese algún accidente, pues al suspender los tubos crugían todas las maderas del carro, se doblaban las vigas tomando flechas exageradas y todo parecía augurar su destrucción completa.

Al llegar á la rasante del puente Sosa, deshice este carro, y con la madera que él tenía pude hacer cerca de otros tres com-

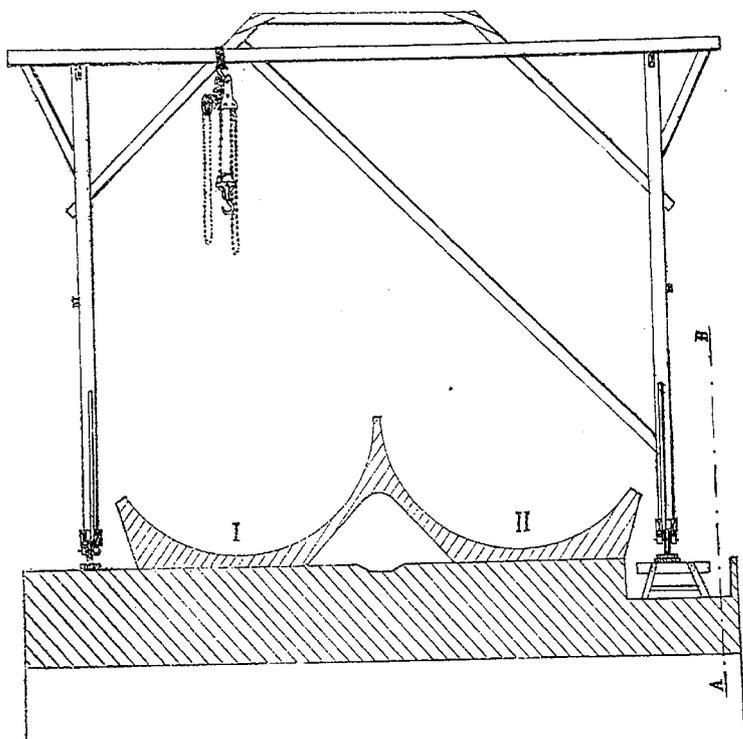
pletamente diferentes, más ligeros, más sencillos y mucho más resistentes, pues aguantaban el peso de un tubo sin deformación sensible en ninguna de sus piezas.

En dicha rasante del puente Sosa había ya otro carro, construido por mí, que reemplazó al de Mr. Bonna; instalé otro, además, al final del sifón, para colocar los tubos en la pendiente que baja desde la cabeza de salida al Ribabona. Estos dos carros los hice aprovechando la madera de otro carro que Mr. Bonna había construido para moldear los tubos, del cual prescindí en absoluto por las razones que expondré oportunamente.

Al llegar, pues, el carro de Mr. Bonna al puente Sosa entraba en funciones el que lo había de sustituir, construido especialmente para este puente; unido su trabajo al del carro de la pendiente de salida resultaba un avance diario de gran consideración; pero habiendo de ejecutarse la obra en el brevísimo plazo que se había señalado, era insuficiente aún este avance; entonces decidí atacar aquélla por cuatro sitios, y con la madera resultante al deshacer el carro de Bonna hice otros dos carros (habiendo sobrado aún bastante madera) que se montaron en lo alto de la divisoria que separa el Sosa del Ribabona; uno de los nuevos carros se destinó á colocar los tubos de la pendiente que baja al Sosa y el otro á colocar los de la pendiente que baja al Ribabona.

Si el perfil longitudinal del sifón fuese como los perfiles corrientes en casi todos los sifones y se compusiese solamente de dos rasantes inclinadas á la entrada y á la salida y de una gran alineación de pequeña pendiente que las enlazase, hubieran bastado dos carros para hacer rápidamente la obra; pero en este sifón el perfil longitudinal es de lo más complicado que se puede imaginar, por tener que remontar la divisoria entre el Sosa y Ribabona, resultando que una gran parte del trazado está en rampas del 10 al 15 por 100 de inclinación, donde son indispensables los tornos para subir los tubos, y esto es lo que retrasaba la ejecución por la lentitud con que había que hacer estas ma-

Fig. 18.

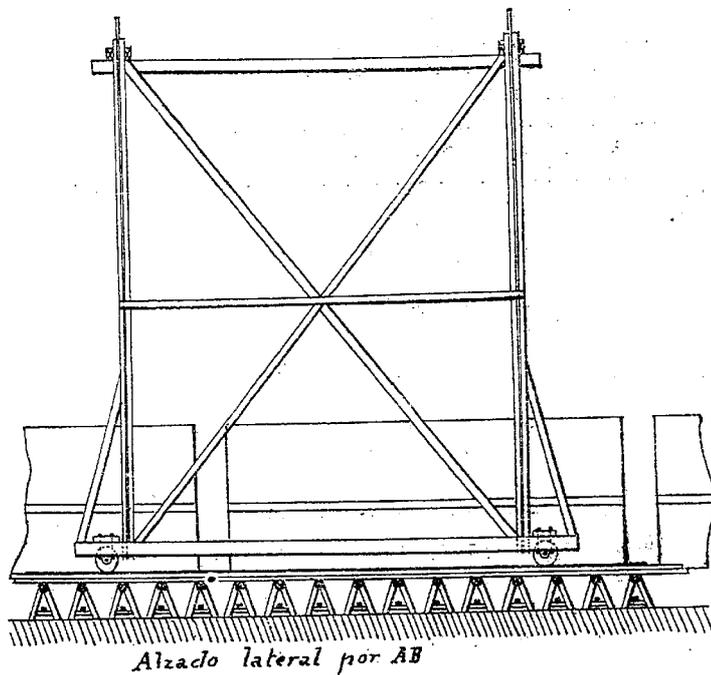


niobras, siendo esta la razón de construir cuatro carros para atacar la obra por cuatro sitios diferentes.

El carro destinado al puente Sosa es el que representa el ter-

cer fotografiado del artículo correspondiente al 1.º de Marzo. Difiere de los otros tres en que es de mayor altura que ellos; lo exige así la necesidad de apoyarlo sobre la rasante del puente y no sobre los bordes superiores de las camas, que es donde se

Fig. 19.



apoyan los demás. En las figuras 18 y 19 se representa este carro en alzados por su frente y por el costado de aguas abajo, y en ellas se ve cómo se hubo de dejar incompletas las camas sobre las obras de fábrica; se ve también cómo por uno de los lados el carro no se apoya en la rasante, que está por debajo de la rasante general hasta 0,70 m. en algunos sitios, sino sobre sólidos caballetes colocados muy cerca unos de otros. Para pasar este carro sobre el estribo izquierdo del puente, donde está el desagüe del Sosa, hubo que hacer un sólido puentecillo provisional.

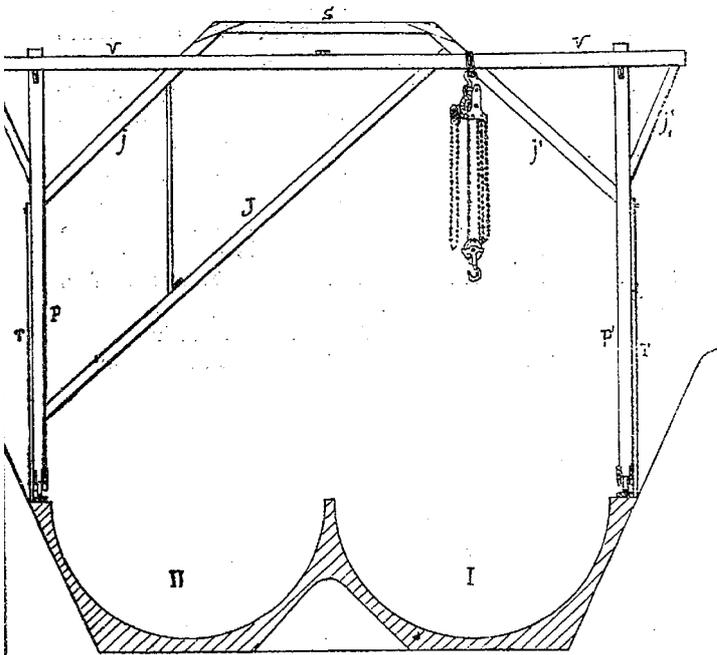
Las figuras 20 y 21 representan otro de los carros, el que servía para la pendiente que desde el tubo piezométrico baja al Ribabona. Creo conveniente describir con algún detalle estos carros, haciendo resaltar sus diferencias con el de Mr. Bonna.

Constan de dos frentes iguales formados por dos montantes ó pies derechos P, P' que en su parte superior constituyen los apoyos de una viga VV de 8^m,70 de luz, que es la que sostiene los tubos colgando; para reducir la luz, que es muy grande, dos jabalones j, j' enlazan la viga á los pies derechos uniéndose á ella en puntos O, O' que coinciden con los ejes de las camas; estos jabalones se prolongan por encima de la viga, enlazándose por una especie de sopanda S . Para dar mayor rigidez á estos frentes otro jabalcón J reforzaba una de las uniones O transmitiendo el esfuerzo al pie del montante P ; esto se hacía cuando se colocaban los tubos de la primera tubería del sifón, la I , que es la de aguas arriba; cuando se colocaban los de la segunda tubería, este mismo jabalcón, J , cambió de sitio, reforzando el punto O' y transmitiendo este esfuerzo al pie derecho P' ; para asegurar bien los apoyos de la viga VV sobre los montantes, se colocaron otros pequeños jabalones j , y j' .

Estos frentes, que constituyen las partes esenciales y resistentes del carro, están enlazados, en los costados de éste, por cuadriláteros con sus diagonales y mediana horizontal; el lado inferior de este cuadrilátero, que es la base del carro, está formado por dos tabloncillos entre los cuales van las ruedas con sus cojinetes fijos en la parte inferior de aquéllos. Cada carro lleva cuatro ruedas en lugar de las ocho que llevaba el de Bonna; de

este modo, el carro está apoyado perfectamente y no queda al aire ninguna rueda, como sucedía en aquél; además, las ruedas no están precisamente debajo de los montantes sino algo separadas de ellos con objeto de que el movimiento no resultase duro, desempeñando el papel de muelle el largero sobre que se

Fig. 20.



apoyan los montantes, que está sometido á un pequeño esfuerzo de flexión.

Completaban el carro unas tornapuntas *T, T'* móviles alrededor de su unión con los montantes, que tenían por objeto apuntalar éstos cuando el carro no estaba sobre la rasante para cuya inclinación se había construido.

Como he dicho antes, el carro de Bonna, á pesar de la enorme cantidad de madera que contenía, no resistía en buenas condiciones el peso de un tubo; esto era debido á que las piezas que lo componían estaban colocadas á capricho, sin tener en cuenta los esfuerzos que debían resistir. En cambio, los carros que yo construí estaban dispuestos de una manera racional, explicándose así que, con mucha menos madera, resistiesen sin deformación alguna el peso de más de 5 toneladas que debían poder soportar.

En estos carros adopté otras disposiciones interesantes que detallaré sucesivamente. En lugar de colocar los montantes normales á las rasantes, disposición viciosa del carro de Mr. Bonna, que nunca se debió adoptar, los coloqué siempre verticales; así es que en las pendientes los costados eran de forma trapezoidal siendo sólo rectangulares los del carro del Sosa. De este modo las piezas trabajaban en buenas condiciones.

El carro del Sosa no llevaba las tornapuntas *T, T'*, pues no eran necesarias en él, habiendo de recorrer un trayecto casi horizontal. Las llevaban los otros tres carros, no sólo con el objeto de impedir su avance repentino, sino, como he indicado antes, con el de apuntalar los montantes cuando era necesario. En efecto, el carro destinado para la pendiente que desde la cabeza de salida baja al Ribabona, debía recorrer una zona en la cual hay dos rasantes diferentes: una del 10 por 100 y la otra de cerca del 15 por 100; el carro tenía sus costados dispuestos para que en la pendiente del 15 por 100 los montantes resultasen verticales; claro es que en la zona del 10 por 100 de pendiente el carro resultaba inclinado hacia atrás. En este caso, las tornapuntas *T'* eran muy eficaces para ayudar á los montantes; las

otras *T* servían para impedir que el carro avanzase repentinamente, acodalándolo, por decirlo así. Pues esto mismo sucedía en las zonas que debían servir los otros dos carros de arriostamiento trapezoidal.

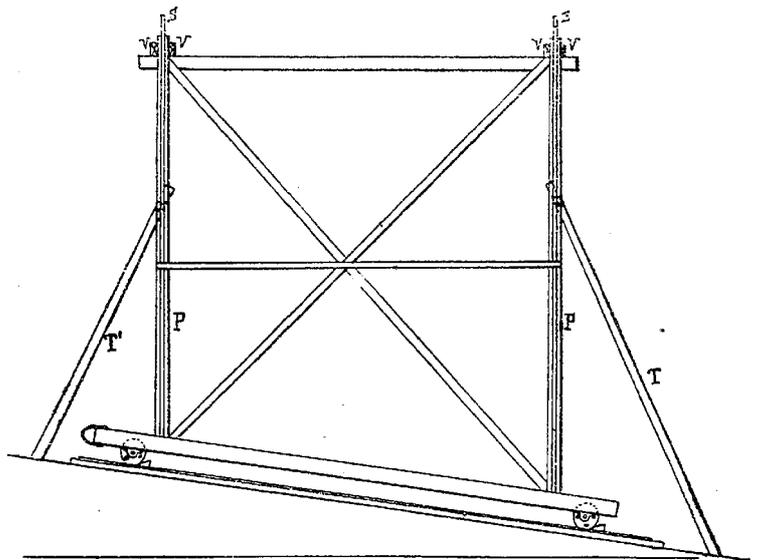
Con los carriles que se pensaba utilizar para transportar el carro de una cama á otra, quedaba aquél en muy malas condiciones de estabilidad, en sentido transversal; para evitar un accidente de esta clase, que no podría menos de ser grave, prescindí de dichos carriles y los sustituí por llantas de 40 x 20 milímetros clavadas á tablones; las ruedas eran de doble reborde y estas llantas les servían de guía para que no descarrilasen; pero resultaba que la rueda se apoyaba en toda su anchura sobre dichos tablones, mejorándose extraordinariamente las condiciones de estabilidad.

Ya he dicho que después de mis observaciones sobre la ineficacia del carro transbordador fué éste substituído por unos palans ó tornos que habían de emplearse para suspender los tubos. Pues también deseché estos palans porque eran impropios para suspender pesos tan grandes: los eslabones de las cadenas eran excesivamente largos, y al pasar de un eslabón á otro se producía una sacudida que hacía retremblar todo el carro. Á pesar de esto, me vi obligado á emplear estos aparatos para colocar en las camas los primeros tubos, porque tardaron algo en llegar las poleas diferenciales que yo había encargado. En cuanto llegaron estas poleas, las puse en lugar de los palans y con auxilio de ellas se suspendían los tubos con la mitad del personal que exigían los tornos y con una suavidad que evitaba por completo el peligro de las sacudidas y de las vibraciones que éstas producían.

Las poleas diferenciales se colgaban del carro en los puntos *O*, mientras se colocaban los trozos de la primera tubería y en los *O'* mientras se hacía la segunda; estos puntos ya he indicado que estaban en los ejes de los tubos.

Prescindí también, por último, de los tornos y cables que contenían el carro en las pendientes y servían para asegurar el transporte de una cama á otra. Esta operación se hacía luego con mucha sencillez: en lugar de los dos cables de acero que unían el carro á los tornos, empleaba cuerdas de cáñamo que se ataban á las anillas posteriores del carro y se unían á unas agarraderas especiales hechas con trozos de carriles usados; es-

Fig. 21.



Alzado por AB

tas agarraderas tenían la forma que se dibuja en la figura 22 y se aplicaban contra la parte superior de las camas en los espacios que éstas dejaban entre sí; la agarradera está señalada con la

letra X; la cuerda de cáñamo pasaba por la roldana de la agarradera y dos hombres tenían cogido el extremo de aquella.

Para transportar el carro á la cama siguiente se quitaban las cuñas que contenían las ruedas y los palos que metidos por los agujeros de éstas impedían también su rodadura, se levantaban las tornapuntas T, que se apoyaban sobre las camas, y se iban aflojando poco á poco las cuerdas que unían el carro á las agarraderas; el carro avanzaba entonces empujado por algunos hombres. Al llegar á la cama siguiente se acuñaban las ruedas con cuñas y palos, se bajaba la tornapunta T, apoyándola contra la cama, y se ataba la cuerda á la agarradera, aunque ya no era necesario este exceso de precaución.

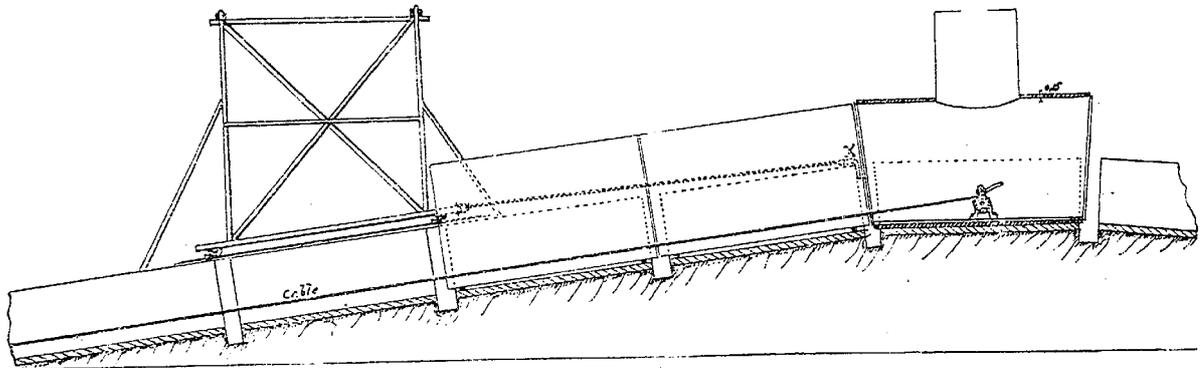
Para suspender el tubo se le aplicaba en cada extremo una abrazadera de cable de alambre (figuras 16 y 17), anudada en la parte superior, lo cual era posible porque el cable solo tenía 15 milímetros de diámetro, y á estas abrazaderas se enganchaban las poleas diferenciales; actuando sobre éstas los peones, que estaban sobre el tubo, se suspendía éste lo necesario para dejar libre la plataforma; sacada ésta, quitados los carriles y barrida la cama, se aflojaban las diferenciales, y el tubo iba bajando lentamente hasta apoyarse en los tacos de que ya he hablado, y

la cama; claro es que en las partes bajas de las rampas se tardaba menos, pero también en ellas los tubos eran más pesados. En las partes que no era necesario el auxilio de cables y tornos para subir la plataforma se avanzaba con más velocidad; en estas partes cada brigada podía colocar doce tubos al día. Por término medio, se puede contar que cada brigada puede colocar seis tubos diarios. Con los cuatro carros de colocación que había en la obra se podían colocar diariamente en las camas 24 tubos, lo que representa un avance diario de $24 \times 6,50 = 156$ metros lineales, que, como se ve, es extraordinario.

La premura con que tuve que ejecutar la obra, no me permitió una organización regular de ella; así es que nunca se llegó á un avance tan grande. Infinidad de peripecias se oponían á la regularidad necesaria; la rotura de unas plataformas que tenían los ejes muy delgados me obligó durante doce días á valerme de una sola plataforma para los cuatro tajos de colocación de tubos con el consiguiente retraso en la colocación de éstos.

Otra de las causas de retraso era la colocación de los tubos especiales, esto es, de los de cambio de rasantes y empalme con los piezométricos y de descarga. Ya he indicado al hablar del transporte de estos tubos, que no era indiferente la posición en

Fig. 22.



que varios peones colocaban en sus sitios. Entonces se desenganchaban las diferenciales, se desataban las abrazaderas y se sacaban éstas tirando por uno de sus extremos.

Las operaciones de transportar los tubos y colocarlos en las camas estaban á cargo de brigadas especiales que no ejecutaban más que estos trabajos, hasta el punto de que si algún día no era posible transportar tubos á las camas, estas brigadas descansaban, pero cobraban sus jornales como si trabajasen; sólo de este modo se podía tener adiestrado el personal en estos trabajos tan llenos de peligros y dispuesto siempre á trabajar en horas extraordinarias cuando era necesario, y lo era muchas veces.

Cada brigada se componía de 16 hombres, y estaban tan diestros y disciplinados que ejecutaban las órdenes de sus capataces dadas á toque de silbato. Toda la brigada se ocupaba en cargar los tubos en las plataformas, transportarlos y subirlos por las pendientes; 12 hombres estaban dedicados á accionar las manivelas de los tornos en dos grupos de seis que se relevaban cada diez minutos; seis hombres bastaban para suspender un tubo, tres en cada diferencial; colocado el tubo en la cama sobre los tacos, la mitad de la brigada iba con la plataforma á preparar la carga de otro tubo en una de las explanadas E, y la otra mitad se quedaba á correr el carro sobre la cama siguiente, de modo que al llegar el tubo á ésta ya estaba aquél dispuesto para poderlo suspender; en cuanto quedaba corrido el carro, esta media brigada iba á la explanada donde estaba la otra y se unía á ella cargando el tubo sobre la plataforma y transportándolo á la cama correspondiente.

La operación de subir un tubo por una pendiente era lenta, tardando por término medio una hora en subirlo y colocarlo en

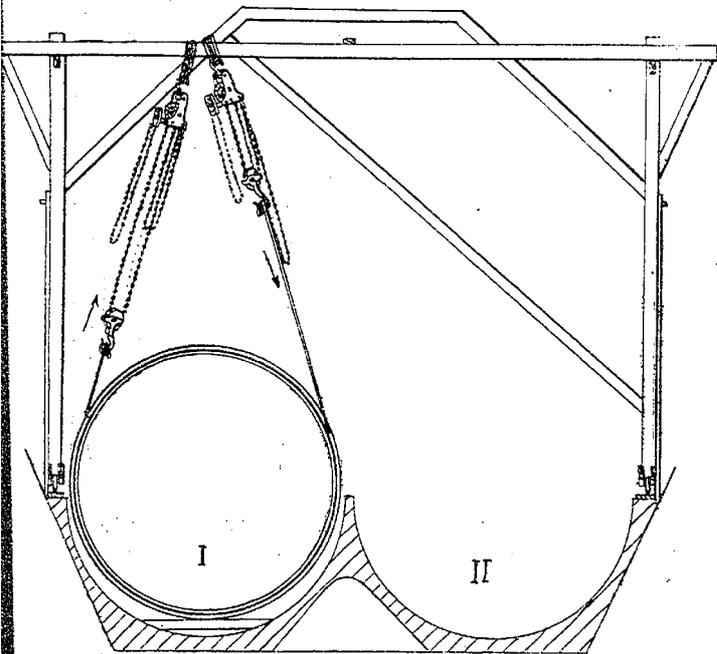
que debían ser cargados en la plataforma; los de empalme debían tener sus agujeros de 0^m,50 de diámetro en la parte inferior; los de unión con los piezométricos debían tener sus agujeros de 2^m,50 de diámetro en la superior, y los cortes oblicuos en los bordes de los tubos correspondientes á los cambios de rasante, debían estar en posición tal, que el plano de simetría de dichos tubos fuese siempre vertical. Todo esto tenía por objeto evitar maniobras con los tubos al colocarlos en las camas, que eran necesarias cuando no se presentaban aquéllos en la posición que debían ocupar. Sin embargo, en algunas ocasiones, por olvido ó por equivocación, por mala interpretación ó por precipitar el avance todo lo posible se llevaron ciertos tubos especiales á las camas sin ocupar las posiciones debidas y fué preciso hacer en ellas las maniobras necesarias para colocarlos en su situación correspondiente.

Estas maniobras no consistían sino en hacer girar el tubo en su cama un cierto ángulo; para conseguirlo se emplearon dos procedimientos: uno rápido y casi brutal; el otro lento y suave. El primero consistía en enganchar las diferenciales, no en la parte superior de las abrazaderas de cable de 15 mm. de diámetro, sino en sus costados; de este modo el tubo se elevaba de un lado (aunque deslizaba algo la abrazadera), apoyándose por el opuesto contra maderos que se colocaban entre la cama y el tubo; actuando sobre estos maderos como palancas, se separaba el tubo de la cama y descendía este costado, girando así el tubo con alguna rapidez. El segundo procedimiento exigía colocar en el carro otras dos diferenciales (fig. 23); las abrazaderas no se anudaban en la parte superior, sino que cada extremo se unía á una diferencial diferente; actuando luego sobre éstas, de modo que la una bajase y la otra subiese simultáneamente, giraba el

tubo de una manera continua, pues en este caso no deslizaba la abrazadera.

Ya se emplease el primer procedimiento, ya el segundo, la operación era muy lenta, ocasionando gran retraso en la colocación del tubo; por este motivo es por el que se procuraba á todo trance que los tubos especiales se cargasen ya en la plataforma en la posición exacta que debían ocupar en las camas. Y

Fig. 23.



con objeto de reducir en lo posible el número de tubos especiales y evitar retrasos, en los cambios de rasante poco pronunciados no se hacía especial más que uno de los dos tubos que á él corresponden, quedando el otro con sus bordes normales al eje; en los cambios muy pronunciados correspondientes á las zonas de mayor presión eran especiales los dos tubos que concurren en cada cambio; en las zonas de menor presión sólo se hacía especial uno de los tubos, aunque fuese pronunciado el cambio; así sucede en los tubos de empalme con los piezométricos que son especiales por los dos extremos (fig. 22), siendo corrientes los tubos anterior y posterior.

También hubo que hacer maniobras especiales con los primeros y últimos tubos de la tubería, con los números 1 y 158. Estos tubos son más cortos que los otros y no podía aplicarse á las abrazaderas sino una de las diferenciales del carro; la otra se salía del tubo y no era posible utilizarla; además, el carro se salía de la cama correspondiente. Había que sostener primeramente un extremo del carro sobre apoyos provisionales de madera sólidamente establecidos; luego, para suspender el tubo, se empleaba la diferencial utilizable y el torno que servía para subir la plataforma, el cual tiraba de un travesero colocado á modo de cuerda en el borde del tubo, apoyado contra él, y se templaban estos aparatos de modo que la resultante de los esfuerzos ejercidos fuese vertical; se comprende cuán molesta y peligrosa tenía que ser esta operación y cuánto tiempo había que perder en ella.

También se comprenderá ahora cuán erróneo era el plan de transportar los tubos por una sola vía haciendo pasar por encima del corazón de las camas los tubos que debían colocarse al otro lado; después de suspendido el tubo para poder sacar la plataforma, había que elevarlo metro y medio, transportarlo y bajarlo otra vez la misma cantidad; esta inútil é interminable maniobra es muy parecida á otras no menos inútiles que ya he descrito anteriormente, criticándolas como debía.

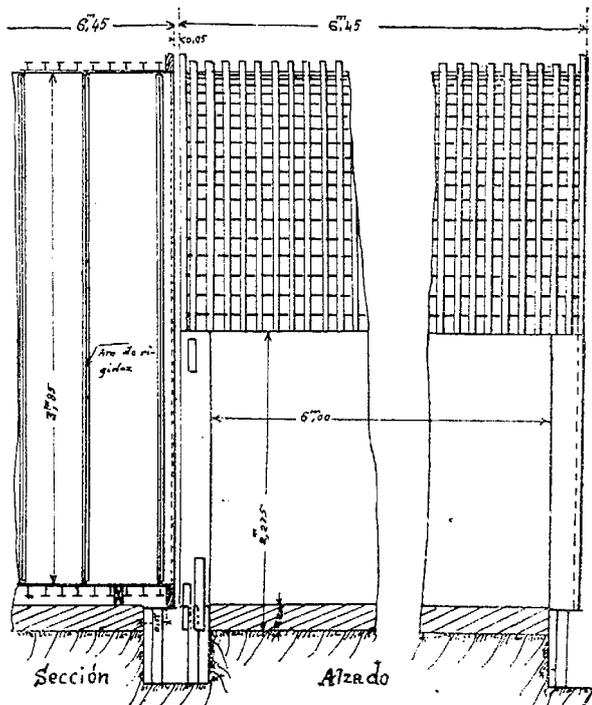
La marcha seguida en la colocación de los tubos fué la siguiente: primero se colocaron los ocho primeros tubos de las dos tuberías I y II, y viendo que por los múltiples contratiempos que se presentaban no era posible hacer á un tiempo los dos conductos, se acumuló todo el esfuerzo en el I, situado en el lado de aguas arriba, con objeto de terminarlo con la mayor prontitud posible; se siguió, pues, ejecutando exclusivamente este conducto y se colocaron los demás tubos de la pendiente que baja al Sosa; al mismo tiempo se colocaban los tubos 158, 157, etc., de la pendiente que baja al Ribabona; luego se colocaron los carros para las pendientes que desde lo alto de la divisoria bajan al Sosa y al Ribabona y seguidamente se colocaron los tubos 88, 87, 86, etc., de la primera, y los 89, 90, 91, etcétera, de la segunda; quedaron por colocar los tubos números 54 y 121, con objeto de que por estos boquetes pudiera hacerse el servicio de suministro de materiales para la camisa interior de mortero armado. Los tubos 53, 119 y 120, se colocaron sin necesidad de carro que los suspendiese, rodándolos simplemente sobre las soleras de las camas, pues éstas estaban incompletas y hubieron de ultimarse posteriormente. De igual modo se colocaron más tarde los tubos de cierre 54 y 121.

Los tornos para subir los tubos en las pendientes que desde el Sosa y el Ribabona suben á los tubos piezométricos, se instalaron dentro de los mismos tubos 88 y 88' (indico con una tilde los de la tubería II), que son los de empalme con dichos piezométricos (fig. 22), y al efecto se hormigonaron tales tubos inmediatamente con objeto de que los tornos pudieran quedar sólidamente establecidos. Para subir estos tubos 88 y 88' se colocaron provisionalmente los tornos sobre las camas 89 y 89'.

Cuando estaba á punto de terminarse exteriormente la primera tubería, se procedió á colocar los tubos en la segunda; pero los tubos primero y último de ésta ya se habían colocado y hormigonado con mucha antelación con objeto de que sobre ellos pudieran apoyarse los muros de contención de las cabezas de entrada y salida del sifón.

En el interior de dichos tubos 1' y 158' se colocaron los tornos para subir la plataforma por la pendiente de entrada y sali-

Fig. 24.



da del sifón; ya no era posible colocarlos fuera porque se estaban ejecutando los trabajos de dichas cabezas del sifón y no había sitio libre para instalarlos.

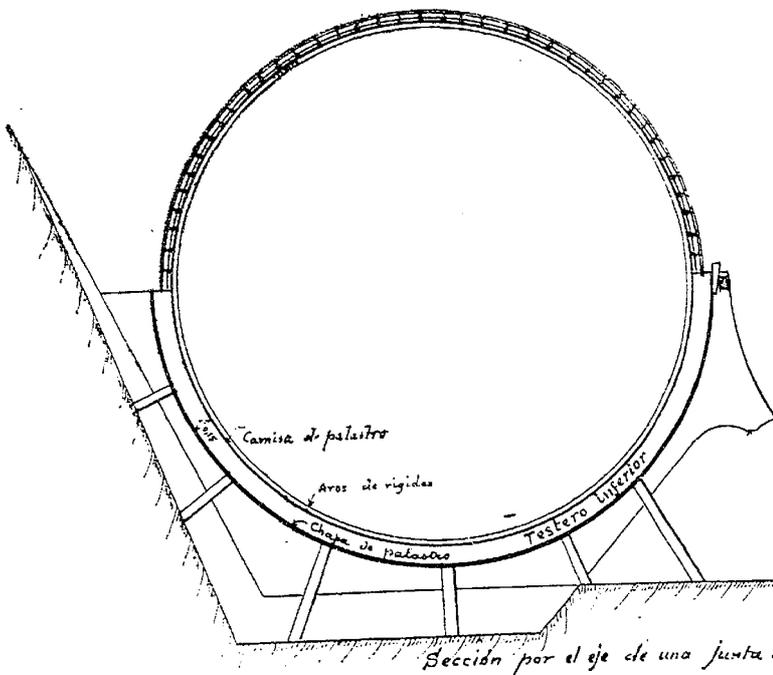
En la colocación de los tubos de la segunda tubería se siguió diferente orden que para la primera, con objeto de aprovechar para la pendiente que desde el principio del sifón baja al Sosa el carro de colocación que se había destinado para la pendiente del Ribabona a la cabeza de salida. Primero se colocaron los tubos 88', 87', 86', etc., hasta el 55', y casi simultáneamente los 157', 156', etc., hasta el Ribabona; entonces se llevó este carro a la pendiente de entrada y se colocaron a un tiempo los tubos 9', 10', etc., hasta el 53', y los 89', 90', etc., hasta 118'; los boquetes de esta segunda tubería para el servicio de materiales a la parte interior eran los tubos 54' y 119'.

Moldeo de los tubos.—Para moldear los tubos envolviéndolos en todo su desarrollo con una capa de hormigón de 15 centímetros de espesor, en la cual queda embebida la armadura exterior de fierros en T, y las generatrices de 8 milímetros aplicadas contra la camisa de palastro, el molde interior lo forma esta misma camisa. La mitad inferior del tubo, comprendida entre la cama y la camisa de palastro, se moldea fácilmente, pues no hay más que echar el hormigón en el espacio que ambas superficies dejan entre sí; solamente en los extremos del tubo, que vuelan más que la cama, hay que disponer lo necesario para que el hormigón no se salga por ellos.

La cama tiene 6 m. de longitud y el tubo 6^m,45, ó sea 6^m,50 de eje á eje de juntas; como el espacio que debe quedar entre el hormigón de dos tubos consecutivos para la junta correspondiente es de 16 centímetros, resulta que la longitud hormigonada de cada tubo es 6^m,50 — 0,16 = 6^m,34, debiendo quedar 8 — 2,5 = 5,5 centímetros entre el borde de la camisa de palastro y el del hormigón de cada tubo y sobresaliendo de las camas este hormigón 17 centímetros por cada extremo. La figura 24 indica estos detalles y por ella se ve la necesidad de disponer algo para moldear estas partes de 17 centímetros de longitud, voladas con relación á las camas, y evitar que por estos espacios se escape todo el hormigón del tubo.

Al efecto, en los 5,5 centímetros que quedan libres en los

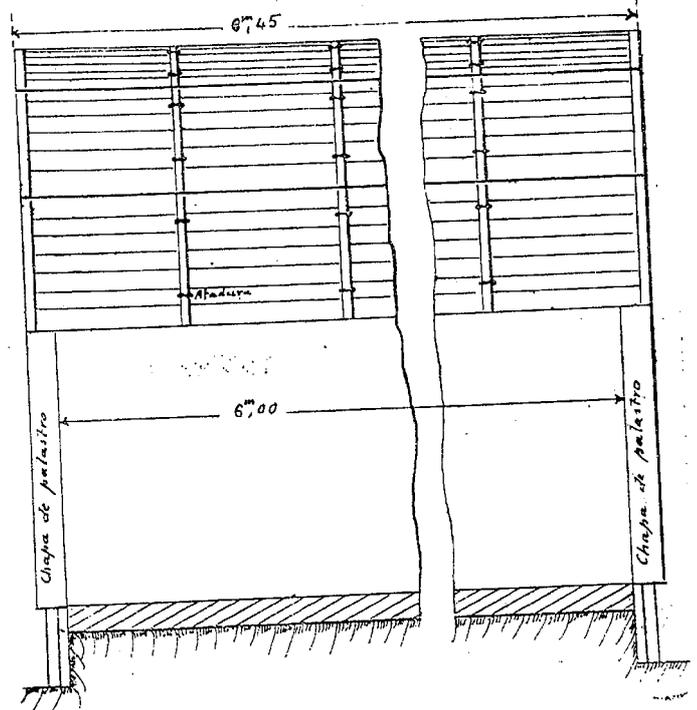
Fig. 25.



extremos de la camisa de palastro, se aplican á ésta unas arandelas de aquel grueso y 15 centímetros de anchura cuyo círculo interior tiene un diámetro igual al exterior de la camisa de palastro, 3^m,85, y cuyo círculo exterior tiene un diámetro igual

á 4^m,15, que es el que tienen los tubos después de hormigonados; estas arandelas, fijas á la camisa de palastro por medio de barriletes que se introducen por el espacio de 5 centímetros que queda entre las camisas de dos tubos contiguos, fijan exacta-

Fig. 26.



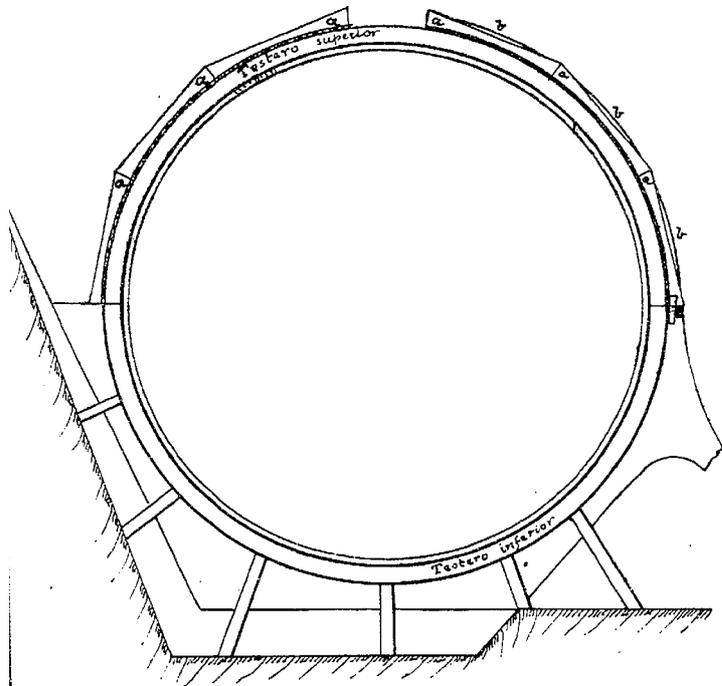
mente el espesor del hormigón y cierran el tubo por sus frentes, constituyendo los *testeros* del molde exterior. Cada arandela, que rodea toda la camisa de palastro, se compone de dos partes iguales: la una se aplica al semicírculo inferior y la otra al superior (figuras 25 y 27). Para terminar el molde del semicírculo inferior basta cerrar los espacios comprendidos entre la cama y el testero correspondiente; este cierre se hacía por medio de chapas de palastro de 3 mm. de grueso y unos 25 centímetros de anchura, recortadas de las mismas que servían para hacer las camisas metálicas de los tubos y debidamente curvadas; estas partes se componían de dos chapas cuyo desarrollo era igual al semicírculo inferior del tubo y se aplicaban lo mejor posible contra el frente de la cama y por debajo del testero fijándolas fuertemente por medio de tornapuntas apoyadas en el suelo, en el espacio que las camas dejaban entre sí (figuras 24 á 27).

Con esto quedaba completo el molde para la mitad inferior del tubo y se podía hormigonar éste hasta el diámetro horizontal, hasta la parte superior de las camas. Para moldear la otra mitad del tubo seguía sirviendo de molde interior la camisa de palastro y el molde exterior se componía de dos partes: primera, los *testeros*, aplicados en los bordes del tubo, prolongación de los de la parte inferior (fig. 27); segunda, varios tableros en arco de círculo, de toda la longitud del tubo, apoyados en sus extremos contra los *testeros*; de este modo quedaba entre estos tableros y la camisa de palastro un espacio de 15 centímetros estos de espesor que es el que había de ocupar el hormigón. En esta parte superior no hacen falta las tiras de plancha de 3 mm. para cerrar el molde, porque los tableros tienen toda la longitud necesaria (fig. 26).

Los tableros ó *costillas*, como se les llamaba en la obra, tienen 1^m,00 ó 1^m,30 de anchura ó desarrollo y 6^m,45 de longitud; se componen de tablas de 0^m,15 X 0^m,025 enlazadas entre sí, formando arco de círculo de 4^m,15 de diámetro, por medio de seis nervios exteriores. Estos nervios terminan según cortes especiales que siguen los radios del círculo con objeto de que al apoyar un tablero sobre otro los nervios se apoyen también so-

bre los correspondientes del tablero inferior. Para hacer un nervio se marca sobre un tablón la forma *a* que ha de tener (fig. 27) y se corta éste quedando como desperdicio la parte *b*; de este modo el nervio *a* queda debilitado en su centro y con objeto de reforzarlo se clava sobre él la otra parte *b*, resultando así un nervio robusto.

Fig. 27.



Colocando seis ó cuatro tableros (tres ó dos por cada lado) en la parte superior del tubo, no quedaba completo el molde, pues era preciso dejar una abertura de cierta amplitud para verter por ella el hormigón.

Los extremos de los tableros, apoyados en los testeros, se sujetaban á éstos por medio de los barriletes mismos que enlazaban el testero á la camisa de palastro; pero siendo muy grande el empuje del hormigón y de tanta longitud el tablero, se doblaba éste cuando la carga de hormigón excedía algo la altura de 1^m,50; para evitarlo se ataba el tablero á la armadura del tubo empleando al efecto cuatro alambres recocidos de 1,5 mm. de diámetro, retorcidos á modo de cable; en cada nervio se ponían dos ataduras, resultando ocho por tablero (fig. 26). Estas ataduras se hacían en el momento de colocar el tablero; se separaba éste lo suficiente de la armadura y se pasaba el alambre retorcido, abrazando un hierro en *T* y una varilla de 8 mm., por los agujeros que tenía el molde á un lado y á otro de cada nervio; cogidas las puntas del alambre por la parte exterior se aplicaba el tablero contra los testeros, se templaban los alambres y se enlazaban los extremos por encima del nervio, formando así la atadura. En el momento de descimbrar se deshacían las ataduras cuando era posible y cuando no lo era se cortaban, separando luego el tablero del tubo; claro es que parte de la atadura quedaba embebida en el hormigón.

Suspendo aquí la descripción del moldeo de los tubos, porque este artículo ya resulta excesivamente largo; en el siguiente procuraré terminar la descripción de la obra, aplazando para otro algunas consideraciones acerca de los resultados obtenidos con ella y enseñanzas que de todo se deducen.

MARIANO LUIÑA.

Abril 1906.

UN INVENTO MERITORIO Y UN ENSAYO NECESARIO

El 3 de Abril del corriente año tuve el gusto de asistir, en unión de casi todos los Ingenieros residentes en Valencia, á las pruebas de un modelo de compuerta de limpia para pantanos, ideada por nuestro compañero D. Enrique G. Granda, actualmente encargado de la construcción del de Buseo.

Hará próximamente un año que tuve ocasión de ver germinar, por decirlo así, la idea de su mecanismo, hablando con mi colega sobre los aparatos de cierre y maniobra de los mismos, en las modernas presas de embalse.

Parecióme, desde luego, ingenioso el sistema imaginado; no sin observar lo atrevido de un cambio tan radical en el procedimiento consuetudinario de compuertas de corredera vertical.

Dado que sólo se ponen dobles compuertas, con objeto de hacer posible equilibrar la presión soportada por la delantera en su cara anterior, inyectando agua comprimida entre ambos cierres al ir á levantar el de referencia, resulta evidente que si se pudiera conseguir el mismo propósito sin duplicar todos los aparatos, cámaras y maniobras, se obtendría gran ventaja.

Si imaginamos que el falso cierre, ó sea el portillo posterior, avanza hasta juntarse con el de aguas arriba, girando á la vez un cuadrante alrededor de su dintel, y de modo que ambos vengán á formar una sola compuerta, entonces el empuje del agua embalsada pudiera contrarrestarse con la presión de una columna líquida, de altura correspondiente al nivel subsistente en el pantano, actuando sobre la cara horizontal superior, adicionada al portillo delantero primitivo, cuyo peso propio viene á asegurar la estabilidad del equilibrio. Tal es principio fundamental del nuevo cierre. Como se ve, no puede ser más sencillo, ya que permite realizar la maniobra de apertura con sólo suprimir la compresión vertical; puesto que en semejante caso, la compuerta se abre teóricamente por sí misma.

Aparte del beneficio de esta tendencia al automatismo, y de ventajas perseguidas que anteriormente se indicaron, nótese que se han logrado otras de mayor importancia; supresión de los criks hidráulicos para la elevación del cierre, la del acumulador para surtir de agua comprimida el tramo de galería entre las dos compuertas del sistema actual, y, lo que es mejor aún, desaparece la enorme adherencia y rozamiento con las deslizaderas.

Inútil nos parece dar á conocer ahora la forma y manera de llevar á la práctica estas disposiciones ideales, por cuanto la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS publicó la descripción de la nueva compuerta en sus números 1.549 y 1.574, correspondientes al 1.º de Junio y 23 de Noviembre del pasado año. Pero antes de dar cuenta, como es mi propósito, de las experiencias realizadas con el modelo que de la misma ha construido su autor, perdónese que insista en lo ventajoso del sistema.

Debe, en efecto, observarse que el perfil de la compuerta en forma de ojiva equilátera, manejada por cadenas y barras de tracción que en su empalme llevan las válvulas de comunicación de la cámara de alojamiento del cierre con el embalse y con la galería de descarga, tal como lo ha imaginado el inventor, arrastra consigo la supresión casi completa de las resistencias pasivas que á la apertura y oclusión del portillo se oponen; y sin impedir, sino facilitando, por el contrario, el movimiento de traslación vertical, usado actualmente en las compuertas ordinarias, permita convertirlo en giro, siempre en el sentido favorable á la maniobra deseada de abrir ó cerrar.

La enorme potencia necesaria hasta el día en los aparatos motores, que exige para ellos gran coste y delicadeza en sus órganos, redúcese cuanto cabe, hasta el punto de permitir probablemente su substitución por simples tornos á mano, mucho más económicos y fáciles de conservar y reparar.

Bien que se empleen barras de tracción largas, ó que se obture su salida de la cámara de compuerta por cajas de estopa, el inconveniente de la longitud de aquéllas, ó el de la existen-