

LOS SIFONES DE LOS CANALES DEL TAIBILLA

Por MANUEL VIDAL PARDAL, Ingeniero de Caminos.

Se describen en el presente artículo los tipos de sifones empleados en la importante conducción de agua de los Canales del Taibilla, muy conocidos por el autor, que fué Ingeniero encargado en estas interesantes obras.

Tratamos de dar a conocer en el presente artículo los detalles que juzgamos más interesantes relacionados con la construcción de los sifones hechos en los *Canales del Taibilla*, para salvar depresiones del terreno en aquellos casos en que la longitud necesaria, o bien la altura de rasante del posible acueducto, aconsejan económicamente el empleo de aquella clase de obra.

Nos vamos a referir primeramente a los sifones hechos con tubos de hormigón vibrado *in situ*, y después, al de mayor carga de toda la conducción, hecho con tubos centrifugados, tomándolos como ejemplo, por ser aquellos de los cuales hemos sido Ingeniero encargado de su construcción.

Sifones con tubo de hormigón vibrado.

Se ha adoptado este tipo en aquellos casos en que la carga máxima de agua no sobrepasaba los 35 m. de altura. Al replantear el trozo tercero del Canal Bajo de la citada conducción de aguas del *Taibilla*, trozo que comienza en la margen derecha del río Quipar, en las proximidades de Celhegín, y llega hasta las cercanías del pueblo, asimismo murciano, de Bullas, hubo de forzarse algo su trazado para esquivar, siquiera parcialmente, las manchas yesosas que presenta el triás en esta región. Este desplazamiento de traza, impuesto por la condición geológica citada, hubo de hacerse hacia aguas abajo de los barrancos que, en

Sección tipo

Armadura doble

Armadura simple

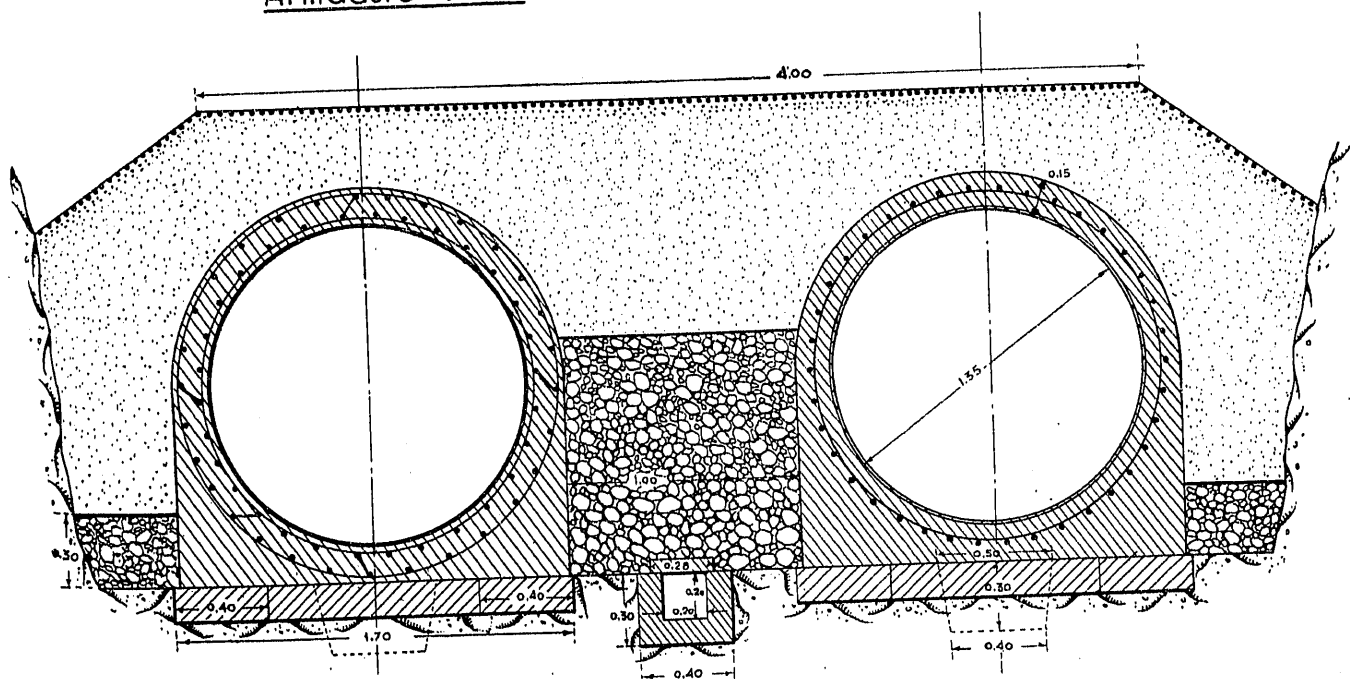


Figura 1.ª

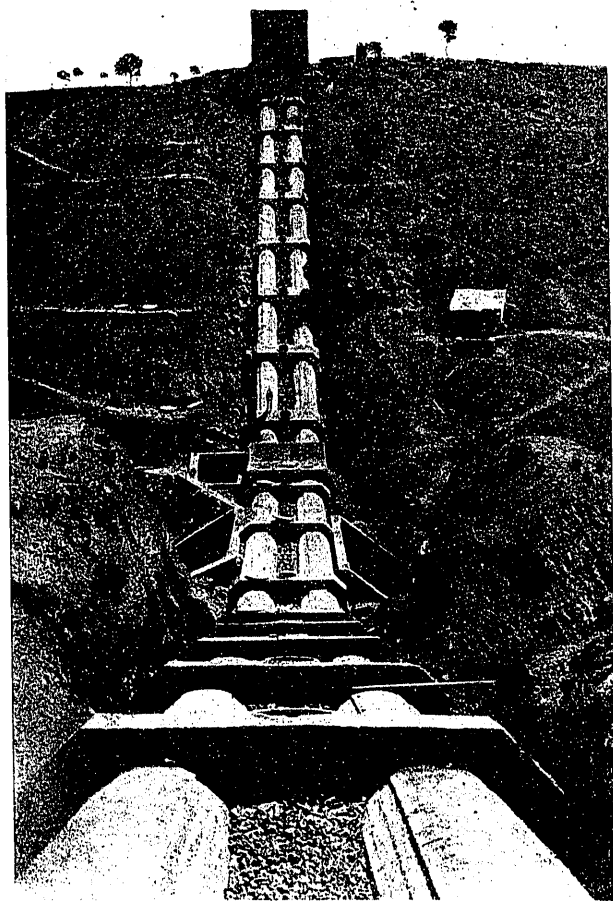


Foto 1.ª — Sifón de Burete.

sentido S. SO.-N. NE., atraviesan estas tierras. Los tres más importantes son los de Burete, Rompealbardas y Riego-Nuevo, cuyo cruce, por este motivo, hubo de proyectarse con los sifones de que tratamos, ya que en ellos se daban las condiciones de longitud y desnivel citados anteriormente.

El caudal máximo de agua para el cual se proyectó el canal en este trozo es de $3,3 \text{ m}^3/\text{seg.}$; pero siguiendo el criterio general adoptado en estos sifones importantes, se han construido con dos ramas de tubos gemelos, capaz cada rama de dar paso a los $2/3$ del caudal total, lo que permite la reparación de una de ellas, sin dejar de suministrar el caudal necesario aguas abajo, jugando, para ello, con la capacidad de los embalses reguladores y depósitos existentes, y si la duración de la reparación lo requiriese, asegurando, por lo menos, un caudal restringido pero suficiente. El diámetro interior de estos tubos es de $1,35 \text{ m.}$, y el espesor de los mismos es de 15 cm. , con las armaduras

dispuestas en la forma que puede verse en la figura 1.ª. La longitud de los tubos es de unos 9 m. , y las uniones se dispusieron con bucle de plomo protegido interiormente con cuerda embreada y masa elástica, y por el exterior con cubrejunta de hormigón.

Proyectados los tubos con su trasdós circular en todo su perímetro, hubieron de modificarse al comenzar su construcción y observar que en la zona inferior de los mismos, y a pesar de la vibración, no quedaba el hormigón con la compacidad y homogeneidad que la carga a soportar por el mismo así requería. Por esta razón, a partir del diámetro horizontal, y en esa parte inferior, se dispuso el trasdós en forma rectangular circunscrita al semicírculo primitivo.

Los tubos descansan sobre una cama de hormigón pobre, disponiéndose un anclaje en cada uno de ellos, y en cada junta se coloca un dren formado por tubos de hormigón, una de cuyas mitades, la que luego se coloca en la parte superior, se forma con la mezcla que resulta de suprimir la arena, quedando

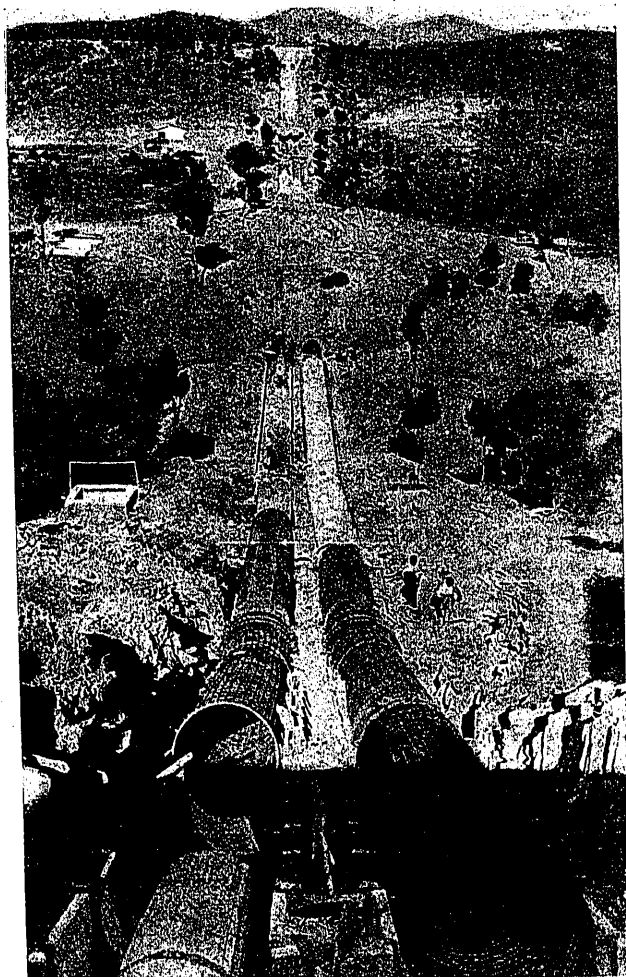


Foto 2.ª — Sifón de Rompealbardas (véase túnel).

Sección por una cubrejuntas

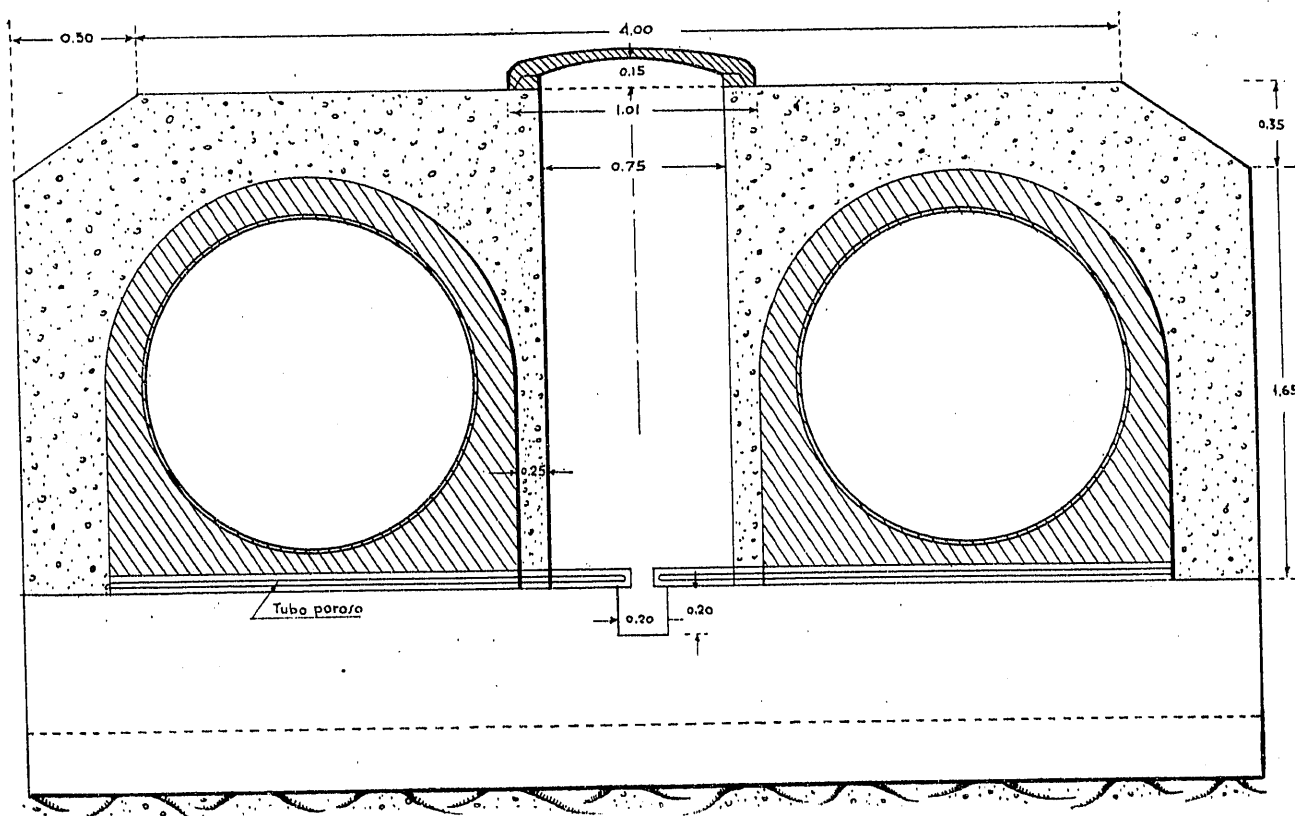


Figura 2.

únicamente el garbancillo cogido por el cemento y consiguiéndose la porosidad conveniente para un buen drenaje. Estos drenes transversales desembocan en unos pozos de registro, por los cuales pasa un dren longitudinal que sirve de colector general. Este sistema permite localizar rápidamente alguna posible fuga y proceder en seguida a la conveniente reparación de la junta correspondiente (fig. 2.^a). Durante la explotación debe prestarse muchísima atención a estas reparaciones en cuanto se observe la menor fuga de agua, para impedir el ataque electroquímico que en otras obras análogas se ha manifestado entre el plomo y el hormigón en presencia del agua, si bien en nuestro caso se da la circunstancia favorable de la buena calidad de la misma.

Los moldes del encofrado interior estaban formados con tríos de dovelas constituidas con tabloncillos unidos en sus extremos por angulares previamente curvados. Los moldes exteriores se disponían por medio de tabloncillos que se sujetaban con unos angulares semicirculares, cuya sujeción se lograba, a su vez, atán-

dolos a unos dados de hormigón convenientemente colocados (fotos 2.^a y 3.^a). El sifón de la fotografía 2.^a ofrece la particularidad de que parte de él ha sido construida en túnel.

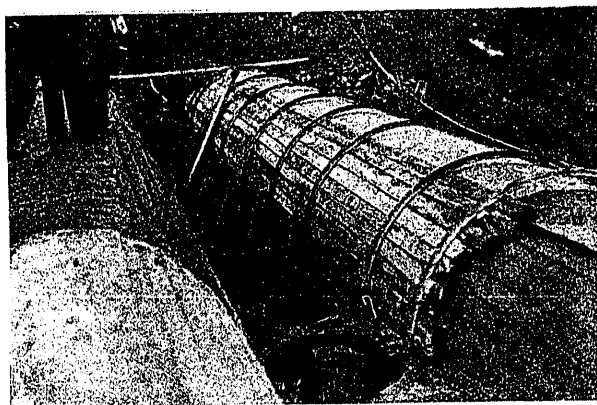


Foto 3.—Detalle del encofrado exterior.

La dosificación del hormigón se estudió detenidamente, para tratar de conseguir la mayor impermeabilidad posible dentro de las condiciones precisas de resistencia, pues aunque la carga de la armadura no pasa de los 1 000 Kg./cm.², el hormigón tendrá que transmitir cargas elevadas a la tracción; la relación $\frac{\text{área hormigón}}{\text{área hierro}}$ es mayor de 50. Para prever un posible aumento de la relación agua-cemento, por la natural tendencia de los amasadores a echar agua de más, se fijó para cantidad de cemento una que hiciese la citada relación $\frac{\text{peso agua}}{\text{peso cemento}}$ igual a 0,53, algo inferior a la que da impermeabilidad óptima.

Hay que adoptar una dosificación de cemento rica, para que la cantidad de agua sea suficiente para proporcionar una buena trabajabilidad a la masa, que por otro lado se consigue, como veremos más adelante, eligiendo un árido con abundancia de tamaños finos, elección que, aunque fundada en la necesidad de obtener buena impermeabilidad, nos reporta una traba-

jabilidad buena. Es decir, hemos hecho el "oversanding" de los americanos.

Pasada por los tamices de la *Serie de Tyler*, una muestra sin cribar del árido que se obtenía de la arena, nos dió el siguiente resultado:

TAMIZ		RETENIDO POR CADA TAMIZ Por ciento acumulado
Número	Abertura — Milímetros	
10	75,11	0
9	37,70	0
8	18,85	0,2
7	9,42	3,3
6	4,70	27,6
5	2,36	60,8
4	1,17	75,1
3	0,59	84,4
2	0,295	89,6
1	0,147	100,0
Suma. . .		441,0

Módulo de finura: 4,41

$$\text{Bolomey } P = 12 + 88 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

$$\text{Fuller } P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

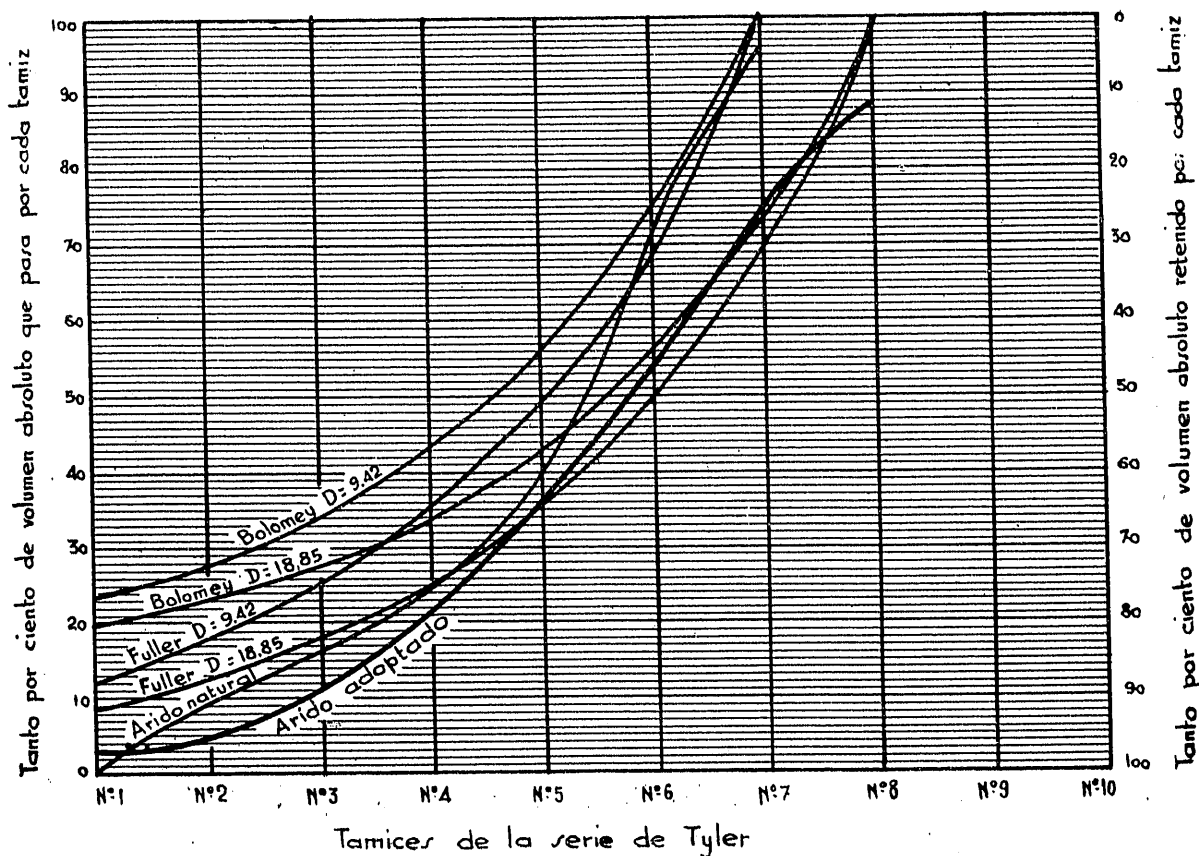


Figura 3.^a

Junto con las curvas teóricas de Bolomey, correspondientes a hormigón plástico ($a = 12$) y tamaño máximo del árido igual a 9,42 mm., y la de Fuller, correspondiente a ese mismo tamaño de árido, dibujamos, valiéndonos de los resultados expresados en el cuadro anterior, la curva correspondiente al árido que se obtiene con la arenara empleada (fig. 3.^a), que, por separarse bastante de las teóricas, nos hace ver que la proporción natural no es aceptable. En vista de ello, se hizo la clasificación en tres tamaños, por medio de los tamices de mallas 2 y 5 mm., obteniéndose en la proporción que a continuación se indica, juntamente con los pesos específicos hallados para cada tamaño:

	TAMAÑO FINO	TAMAÑO MEDIO	TAMAÑO GRUESO
Litros. . . .	13	53	34
Kg./l. . . .	1,52	1,37	1,27

Pasamos una muestra de cada tamaño por la *Serie Tyler*, obteniendo los resultados siguientes:

TAMIZ		Retenido		Retenido acumulado		13 % de tamaño fino.
Núm.	Abertura — mm.	gr.	gr.	%		
9	37,70	0	0	0		
8	18,85	0	0	0		
7	9,42	0	0	0		
6	4,70	0	0	0		
5	2,36	0	0	0		
4	1,17	1 650	1 650	41		
3	0,59	1 175	2 825	71		
2	0,295	825	3 650	91		
1	0,147	325	3 975	99		
Suma		3 975		302		
Polvo		25				
Total		4 000				

Módulo de finura: 3,02

TAMIZ		Retenido		Retenido acumulado		53 % de tamaño medio.
Núm.	Abertura — mm.	gr.	gr.	%		
9	37,70	0	0	0		
8	18,85	0	0	0		
7	9,42	0	0	0		
6	4,70	1 950	1 950	49		
5	2,36	1 675	3 625	91		
4	1,17	225	3 850	96		
3	0,59	0	3 850	96		
2	0,295	0	3 850	96		
1	0,147	0	3 850	96		
Suma		3 850		524		
Polvo		150				
Total		4 000				

Módulo de finura: 5,24

TAMIZ		Retenido		Retenido acumulado		31 % de tamaño grueso.
Núm.	Abertura — mm.	gr.	gr.	%		
9	37,70	0	0	0		
8	18,85	175	175	4		
7	9,42	3 650	3 825	96		
6	4,70	135	3 960	99		
5	2,36	0	3 960	99		
4	1,17	0	3 960	99		
3	0,59	0	3 960	99		
2	0,295	0	3 960	99		
1	0,147	0	3 960	99		
Suma		3 960		694		
Polvo		40				
Total		4 000				

Módulo de finura: 6,94

Éstos nos permiten dibujar las curvas correspondientes a diversas proporciones de árido de esos tres tamaños, siendo la adoptada la correspondiente a una proporción de 430 litros de fino, 530 litros de tamaño medio y 340 litros de grueso, pues acercándose a las teóricas correspondientes al mismo tamaño máximo $D = 18,85$, proporciona una buena trabajabilidad, con la particularidad de que, teniendo más proporción de elemento fino que las citadas curvas teóricas, como puede observarse examinando el gráfico de la figura 3.^a citada, ofrece mejor impermeabilidad.

Es decir, hemos adoptado una mezcla tal que, en lugar de conseguir, como normalmente se hace para los hormigones corrientes, que el elemento fino rellene los huecos de los tamaños mayores, aquí ocurre que el elemento menos fino flota en la masa formada por los elementos finos.

Nos permitimos hacer la siguiente observación práctica, y es que con los tamices inclinados corrientemente empleados en las obras, hay parte del árido que teóricamente debiera pasar, dado su tamaño, y que, sin embargo, en la práctica no pasa, sino que escurre sobre el tamiz y no lo atraviesa, por lo que las curvas que se obtengan de tales tamizados resultarán dibujadas por bajo de las verdaderas.

La vibración del hormigón se llevaba a cabo mediante cuatro vibradores por tubo, que se colocaban unidos a las armaduras, en el centro de una cruz formada por dos angulares que se disponían unidos a los aros interiores del encofrado, y, por último, en el punto más alto. Se ponían en marcha intermitentemente, trabajando unos cinco minutos cada vez, siendo el tiempo de duración del vibrado de media hora aproximadamente en cada tubo.

En la fotografía 4.^a puede verse uno de estos sifones en construcción, los cuales fueron ejecutados por "Ferrocarriles y Construcciones A. B. C.", como destajista, habiendo sido nuestro querido compañero y

prestigioso Ingeniero José Juan Aracil, que en aquella fecha pertenecía a la citada Sociedad, el que intervino en estas obras con la competencia y eficacia en él características.

Sifones con tubos de hormigón centrífugado.

Cuando la carga sobrepasaba los 35 m. anteriormente indicados, se ejecutaron los sifones con tubos de esta clase, que no vamos a describir por ser suficientemente conocidos de todos, tanto los hechos por "Tubos Bonna, S. A.", como los que hace "Entrecanales y Távora, S. A."

El de mayor carga de toda la conducción, es el sifón de Socovos, próximo al pueblo albaceteño de este nombre, y hecho por "Tubos Bonna", como destajista. La citada carga máxima es de 90 m., y en las fotografías 5.^a y 6.^a pueden verse detalles de este sifón, referentes a las armaduras del entronque en la cámara de entrada, y un detalle de uno de los portasifones.

El diámetro interior de estos tubos es de 1,50 m.,

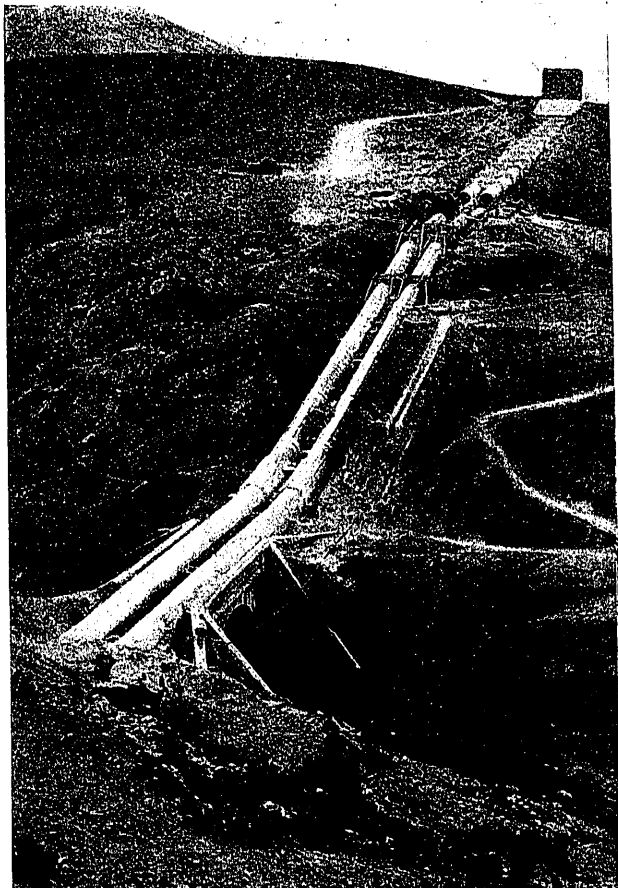


Foto 4.^a — Sifón de Burete.

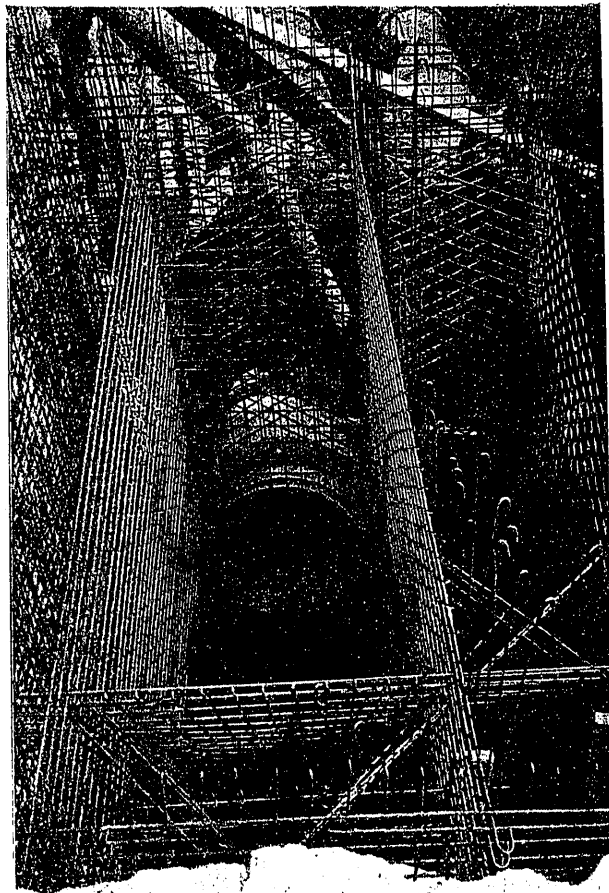


Foto 5.^a — Sifón de Socovos. Cámara de entrada.

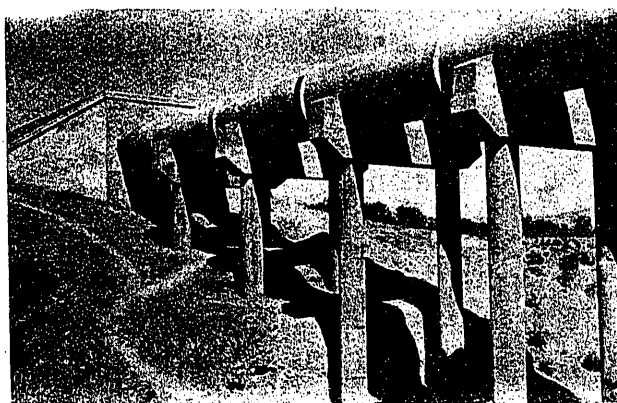


Foto 6.^a — Portasifón de Socovos.

y cada rama es capaz, como en los sifones anteriormente descritos, para dar paso a los $\frac{2}{3}$ del caudal máximo, que, en este caso, es de unos 4 m.³/seg. El comportamiento de estas obras durante este primer año de explotación ha sido todo lo excelente que de ellas se esperaba.