

blemente cúbicos, colocados a juntas inciertas o en filas curvilíneas.

VII-B. Empedrados concertados.

Pavimento ejecutado con piedras partidas o cantos rodados empotrados en un cemento.

VII-C. Adoquinados con elementos artificiales.

VII-C-1. De ladrillo.

VII-C-2. De piedra o escoria.

VII-C-3. De aglomerados de piedras con aglomerante bituminoso o hidráulico.

VII-C-4. De asfalto.

VII-C-5. De metal.

VII-C-6. De caucho.

VII-C-7. Varios.

Como puede observarse ha desaparecido la voz ma-

cadam, así como otras varias, si no tan extendidas, por lo menos tan corrientes como alquitranado, riego superficial, tarmacadam, etc., etc. Sería en alto grado deseable que se aceptara con generalidad la nomenclatura adoptada, aunque es de esperar que algunas palabras de las citadas sobrevivan a todos los intentos de anularlas.

Conviene hacer constar que la nomenclatura aceptada es producto de un compromiso entre muy variados modos de expresión, y considerada desde el punto de vista particular de cada país, no resiste a la crítica más benévola.

En sucesivos artículos seguiremos dando cuenta de los resultados a que se llegó en lo referente a unificación de ensayos.

Manuel AGUILAR
Ingeniero de Caminos

Abastecimiento de aguas de León ⁽¹⁾

II

Descrito ya en mi anterior artículo con alguna minuciosidad el proyecto, voy a decir unas cuantas particularidades de la construcción, por si alguna de ellas pudiera servir a algún compañero, aunque tengo la seguridad de que cualquiera de ellos habría resuelto las dificultades presentadas en la misma en mejor forma que la por mí empleada.

Ante todo, indicaré que, habiéndose comenzado las obras en 19 de marzo de 1924, y siendo criterio cerrado el de que el 1.º de septiembre de dicho año, o sea en un plazo de cinco meses, se terminaran, no había

más remedio que organizarse un poco a la americana para construir en ese plazo los 9217 m de conducción, el túnel, los tres sifones y uno de los depósitos.

Se trajeron, pues, cinco moldes metálicos de Grenoble, de núcleo interior conarticulación

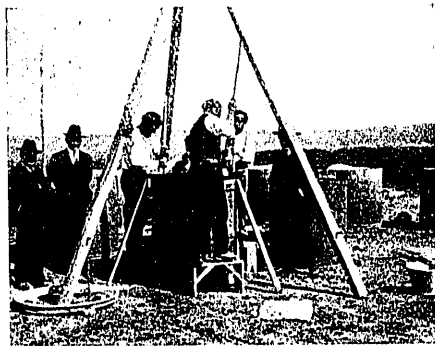


Fig. 11. Construcción de un tubo apisonado.

de paraguas y núcleo exterior de tres sectores, y organicé cinco tajos repartidos convenientemente a lo largo del trazado en sitios donde el agua, los acarreo de arena y cemento fuesen fáciles de obtener, y al cabo de tres semanas se llegaba a la cifra deseada de que cada tajo construyera 20 tubos diarios.

La inspección de las figuras 11 y 12 permite darse idea de la sencillez del procedimiento de fabricación de los tubos con apisonado vertical, ejecutados con mortero tan seco que permitía la extracción del núcleo interior y desmolde externo inmediatamente de terminarse el apisonado, quedando el tubo apoyado sobre una arandela de fundición que servía a su vez de molde a la boquilla inferior; en cuanto a la superior, se hacía con una terraja.

A los tres días los tubos eran tumbados, quedando

así libres las arandelas para nuevos tubos (fig. 13); se les daba una ligera capa de enlucido y quedaban en disposición de ser trasladados y colocados en la zanja.

La colocación es también sencillísima y la junta se reduce a recibir interiormente las boquillas con mortero y hacer luego exteriormente una estrecha faja, de mortero también.

Como a cada brigada de construcción le correspondía otra de colocación, se llegaban a construir y colocar 20 metros lineales diarios por brigada, lo que hacía un total de 100 me-

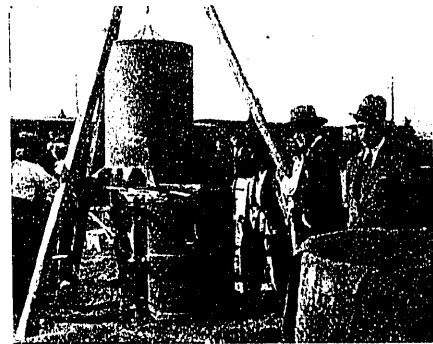


Fig. 12. Desmoldando un tubo. Extracción del núcleo.

tros diarios, longitud indispensable para la rapidez pretendida.

Al abrir la zanja en la ladera del pueblo de Villaquilambre nos encontramos con un terreno que, aparte de ser muy rico en aguas, era enormemente arenofangoso. Habría sido muy expuesto colocar la tubería directa-

mente, y recurrí a apoyarla sobre una losa de hormigón armado, detallada en la figura 14, con pilotes de rollizo en número de dos por metro lineal y calculada sin tener en cuenta la resistencia del terreno. Como,

además, era preciso cortar la corriente de agua atravesada con la zanja, por ser la que alimentaba unas fuentes del pueblo de Villaquilambre, que estaba inmediato, y que se secaron al descender el nivel de

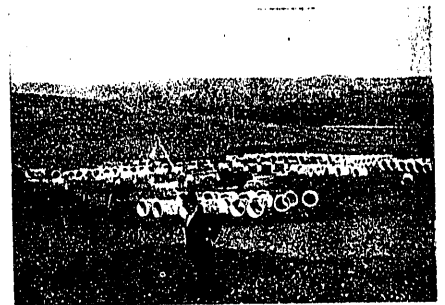


Fig. 13. Vista de un taller de tubos.

(1) Véase el número anterior, página 250.

dicha capa con la apertura de la zanja (lo que originó un serio conflicto con los naturales de aquel pueblo, que creyeron íbamos a meter en *nuestro tubo* su agua), rellené de hormigón la zanja para que constituyese una presa subterránea y las aguas volvieron a emerger en los manantiales, quizá con más caudal.

La perforación del túnel no dió lugar a ninguna sorpresa desagradable, a pesar de tener que recurrir a una fuerte entibación en algunos puntos por causa del agua; el avance se hizo a plena sección, llegando a unos cuatro metros lineales por cada boca y obteniendo un

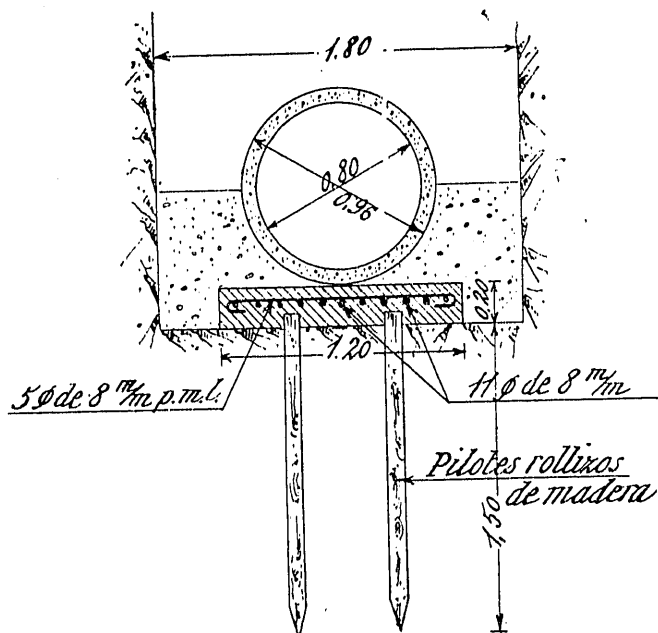


Fig. 14. Tubería cimentada sobre pilotaje.

ligerísimo error de alineación de 5 cm en el encuentro de los ejes de las galerías, gracias a las precauciones tomadas para garantizar la alineación por el exterior.

En cambio, en la construcción de los tubos de hormigón armado de los sifones se presentó una grave dificultad que detallaré, porque la juzgo de interés para cuantos se hallen en casos análogos. El armazón metálico estaba constituido, como he dicho, por 10 directrices de 10 mm trabadas a 8 generatrices de 8 mm; esta especie de jaula de ardilla se preparaba en unos moldes de madera, se ataban bien las directrices a las generatrices y el conjunto se introducía en el molde metálico, en el que se vertía luego el mortero de 600 kg por m³ de arena y gravilla y se apisonaba con unas barras, pues ya no se podían usar los pisones. Al proceder al desmolde inmediato, que era condición indispensable para hacer y colocar los 1 073,90 m de sifón en los cuarenta días que tenía de plazo, el tubo *estallaba*, materialmente, abriéndose una grieta circular proximamente a la altura de la tercera directriz desde arriba; hice numerosos ensayos aumentando la fluidez de la pasta hasta el límite que permitía el tener que desmoldar rápidamente, y todo inútil; la fatídica grieta, que penetraba en todo el espesor del tubo, seguía produciéndose, amenazando con imposibilitarme el plan trazado; por fin decidí, casi sin tener seguridad de que aquello me diera resultado, no atar las tres últimas directrices a las generatrices, sino irlas colocando sueltas a medida que el mortero apisonado iba llenando el tubo hasta sus respectivas alturas, y a partir de aquel momento las

grietas desaparecieron y los tubos quedaban perfectamente. ¿Explicación de esto? A mi juicio no es otra que el descenso pequeño que la pasta del mortero experimentaba al desmoldar, descenso poco sensible en la parte inferior del tubo, pero más acentuado en la superior por la menor compresión y mayor fluidez, debida al reflujo del agua, producido por los apisonados inferiores; como en este descenso el mortero no era acompañado por los cercos o directrices, por su sujeción a las generatrices se producía la separación del mortero y del cerco, y, por consiguiente, la grieta; al dejar libres los cercos superiores, éstos descendían juntamente con el mortero y la grieta quedaba evitada.

Los anillos armados se hacían aparte, sin que en su construcción se presentara dificultad alguna. En la figura 15 se detalla el taller de tubos armados para los sifones.

La colocación de los tubos y anillos fué también sencilla, pues la única variación sobre los de la conducción era el tener que prever espacio para colocar el anillo sobre el tubo ya sentado, a fin de dejar sitio para poder recibir la junta de los dos tubos con mortero, y una vez hecho esto se corría el anillo a su posición definitiva, y entonces se recibía con mortero, dejando unas estaquillas de madera de trecho en trecho; por un orificio que se dejaba en la parte superior del anillo se vertía luego la lechada, vigilando por medio del levante de las estaquillas el relleno del espacio anular, a fin de evitar que quedase aire o algún sitio sin rellenar de lechada.

Como garantía de impermeabilidad se dió en el interior de los tubos una mano de enlucido con Pudlo, teniendo la satisfacción de ver evitadas las resudaciones casi por completo.

En cuanto al primer sifón de cruce del río, que apenas estaba sometido a una carga de 3 m de agua, se hizo de 60 cm, tal como estaba proyectado (por disponer de un molde de ese diámetro) y sin armar, teniendo únicamente la precaución de hacer unas juntas de unos 20 cm de espesor de hormigón y de embeber en un macizo continuo de hormigón la parte de tubería correspondiente al cauce del río de forma a constituir una verdadera presa subterránea. Para poner a cubierto de socavaciones posibles, dada la naturaleza cascajosa del lecho, se hizo un pilotaje con pilotes metálicos (doble T) arriostros con cables y embebidos en el hormigón envolvente.

Afortunadamente, las cosas resultaron tal como se habían previsto, y el agua corría por las calles de León a primeros de septiembre, coronando así el esfuerzo que realizamos todos, en más o menos modesta escala, cuantos tuvimos intervención.

De acuerdo con el criterio de mi ilustre profesor D. José Eugenio Ribera, de que la pasión no debe cegarnos hasta el punto de no reconocernos nuestros

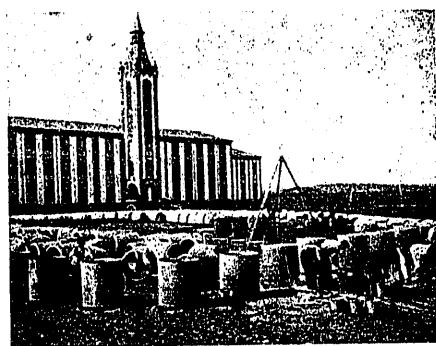


Fig. 15. Taller de tubos armados para los sifones.

defectos, y aun a riesgo de resultar algo pesado, séame permitida una ligera autocrítica.

En primer lugar, el emplear exclusivamente la alineación recta para el trazado por temor a dificultades de colocación de tubería, me parece no muy acertado, porque, aparte de multiplicar el número de registros, no permite ceñirse tanto al terreno, con el consiguiente aumento en la excavación.

De la estructura de los sifones nada he de decir, pues ya indiqué fué una solución forzada, obligado por el apremio del plazo, y aunque el resultado fué satisfactorio, creo preferible la fabricación *in situ* en casos análogos, con muy pocas juntas, por aquello

de que la junta es el enemigo de la construcción.

En cuanto a los depósitos, y dadas las dificultades que tuvimos para establecer y apisonar la delgada capa de hormigón protectora de la Kallendrita, creo que hubiera sido preferible sustituirla por una doble capa de rasilla enlucida, que habría surtido el mismo efecto y se habría colocado más fácilmente y con más economía. Respecto a ser descubiertos en el emplazamiento que tienen, creo que, de no mediar razones de otra índole, no debieron de hacerse así, y que no tardará la actual Sociedad en verse obligada a cubrirlos por el rápido crecimiento de la población.

José PAZ MAROTO
Ingeniero de Caminos

Nuevo dato de progreso en material de cañerías

Los tubos S. T. A. C. para presión

Cuando el Sr. Gallego y Ramos dió la primera noticia de la ingeniosa fabricación, de origen francés, de tubos de mortero de portland por rotación viva del molde (*centrifugados*, que se dice ya corrientemente), me permití rectificar algunas de las afirmaciones que al propio tiempo hacía el mismo fecundo publicista técnico con referencia a los tubos de hormigón apisonado.

Hube de comenzar con tal motivo y ocasión a significarme, dentro de la modestia en que debo siempre y no me enoja figurar, como un descubridor de las excelentes condiciones que es posible obtener en estos tubos con la seguridad y constancia necesarias para su muy satisfactoria aplicación a conducciones hidráulicas forzadas. Y aunque es cosa natural, y además muy dispensable, que uno se enamore de aquello que por sí mismo descubre, y que este enamoramiento le induzca a adolecer un tanto de exclusivismo, quiero demostrar ahora que antes que amante y entusiasta de lo mío, procuro ser ingeniero imparcial y sanamente dispuesto a reconocer y aplaudir los adelantos de los demás.

Si cuando escribí el artículo aludido ponía yo en duda que en los tubos centrifugados se llegara a obtener la resistencia a la presión hidráulica interior en grado equiparable al conseguido por mí en los apisonados, hoy ya noticias fidedignas me hacen creer que es ello cosa lograda, no sólo en los tubos S. T. A. C., sino también en los de amianto cementado o *Uralita*. E insistente en el tema que vengo sosteniendo tiempo ha, con referencia a esta modesta especie de obras (las cañerías), en que tengo concentrada casi toda mi atención profesional: «Que cuanto antes se difunda entre los ingenieros la clara visión y el convencimiento de que es perfectamente posible obtener de otros materiales una grandísima parte del servicio que se viene creyendo confiable sólo al hierro y al acero en conducciones forzadas, menos tardará el país donde ello suceda en disfrutar el doble beneficio resultante de una gran disminución de coste en las obras de este género que sean indispensables y del consiguiente desarrollo y mejora de las de higiene que las reclaman (muchas de las cuales permanecen años y años y de-

cenios sobre decenios en el estado de platónico idea o soñada aspiración por culpa de la prohibitiva cuantía de sus presupuestos), y que dicho beneficio ha de *cubicar* (permítase la palabra) anualmente muchas vidas humanas y no pocos millones de pesetas»; insistente, digo, en este tema, y lleno del espíritu y anhelo de progreso constructivo y conveniencia general que deben ser, creo, quasi obsesión de todo ingeniero, llamo una vez más la atención de mis queridos compañeros sobre el interés del asunto.

Merece éste la molestia de procurar conocer los verdaderos adelantos de los que se van destacando en avanzada hacia el objetivo de construir cañerías que, pudiendo servir lo mismo y durar más que las de hierro colado, cuesten menos que éstas y hasta menos también que las de acero asfaltado.

Los fabricantes de los tubos S. T. A. C., cuya demostración de avance en el año próximo pasado, al menos en lo referente a resistencia (10-11 kg por centímetro cuadrado de presión hidráulica interior, en tubos de 50 cm de diámetro) (1), es lo que me ha movido a escribir estas cuartillas, no sé si a la vez tendrán resuelto el problema de conseguir esto a precio conveniente y con seguridad y constancia que les permitan contraer compromisos y ofrecer garantías en firme; pero acaso lo hayan conseguido, gracias a la baratura de su felizmente ideado procedimiento de moldeo, tan rápido, y su también rápida y fácil confección de armaduras. Y si lo han conseguido, si pueden vender esos tubos a puerta de fábrica a precio no superior, por ejemplo, al 75 por 100 del de los tubos de acero asfaltado, es casi seguro que aventajen a éstos en el coste total de las cañerías, no obstante el mayor peso de los de mortero y consiguiente desventaja en los transportes; sobre todo si han llegado a sus técnicos a lograr la instalación llamada *flexible*, o sea las juntas que admitan cierto juego sin dejar de ser estancas, pues en tal caso se

(1) No me ofrece duda este dato; si bien veo con extrañeza anuncios muy recientes, de la misma empresa, en que se limitan a consignar ensayos más antiguos, con tubos de solo 10 cm de diámetro, que no pueden satisfacer para una generalización.