

Oeste, para aumentar el espesor del zampeado nuevo; el levante del terraplén de contorno al Oeste y al Sur, entre la parrilla y el dique, con la construcción de las ataguías, entre los años 1893 y 1902 y reconstrucción de algunos trozos de éstas, y, por último, en los años 1903 á 1905, la excavación hasta el final, la construcción de la tortada de hormigón y la reconstrucción de las tres gradas al Norte y dos del Sur, en el trozo que hizo el contratista, se relaciona á continuación:

18.603,20 metros cúbicos de excavación, en terrenos sueltos alrededor del dique para construir la ataguía de contorno.

410,90 ídem íd. de excavación submarina, en roca, para cimentar las ataguías.

7.596,17 ídem íd. de relleno de arcillas.

1.705,78 ídem íd. de hormigón hidráulico en la base de la ataguía de contorno.

538,49 ídem íd. de madera de pino para las mismas ataguías.

13.083 kilogramos de herrajes.

13.090 metros cúbicos de excavación en roca, dentro del cuenco, para extender la capa de hormigón.

1.814 ídem íd. de hormigón hidráulico de fraguado rápido, para la capa de avenamiento del zampeado.

10.101 ídem íd. de hormigón hidráulico, con cemento Portland, para el zampeado.

632,20 metros lineales de tajeas y tuberías de avenamiento.

No están incluidos en estas cubicaciones las de las fábricas para aljibes, talleres, casetas para las máquinas, las vías, hormigoneras, maquinaria, castilletes para el montaje de las bombas y transmisiones, etc., ni el cubo de los materiales sueltos en arcillas, fangos, tierra y piedra suelta, que continuamente aportaban las vías de agua y que ascienden á algunos miles de metros cúbicos.

Hasta 31 de Diciembre de 1905 y desde que se empezó la obra por administración, se habían gastado en el zampeado y en todos los ensayos y obras auxiliares para ataguías y maquinaria de agotamiento y por adquisición de material 1.154.902,15 pesetas en jornales, en materiales 1.674.790,91 y 23 703,89 pesetas en accidentes del trabajo. En total, 2.853.396 95 pesetas, y quedaban por gastar 180.781,02 pesetas. Pero de aquellas cantidades correspondían unas 80.000 pesetas á obras y gastos pertenecientes al presupuesto de la superestructura, por haber tenido que ir acompañando parte del zampeado con las gradas ó cajeros, especialmente en el lado Sur. Por lo tanto, quedaron disponibles en 31 de Diciembre 260.781,02 pesetas para terminar el zampeado, en cuyo presupuesto estaban incluidos el umbral y los cajeros de la entrada, el adoquinado y otras obras accesorias.

JESÚS GRINDA.
Ingeniero-Director.

TRACCIÓN MECÁNICA EN LOS CANALES

Son objeto de preocupación en los Estados Unidos todas las cuestiones relacionadas con las vías interiores de navegación y sobre todo lo referente al modo de tracción que se debe emplear en estas vías. Este interés se manifiesta constantemente, y la Comisión federal encargada acaba de transmitir al Congreso, y recomendado grandemente por el Presidente, su informe preliminar, y es probable que dentro de poco se verá producirse un desarrollo serio de las canales y otras vías de navegación interior.

En este informe se dice que existen en los Estados Unidos 40.000 kilómetros de ríos navegables, y una longitud casi igual de distintos cursos de agua que se podrían hacer navegables. Hay más de 4.000 kilómetros de canales y gran número de bahías, calas, etc., que se podrían enlazar fácilmente reuniéndolas por canales de una longitud colectiva de 1.600 kilómetros para formar vías navegables interiores paralelas á las costas del Atlántico y del golfo de Méjico.

Sobre los grandes ríos y ciertos cursos de agua, donde es posible emplear los medios ordinarios de propulsión mecánica y alcanzar velocidades de 15 á 20 kilómetros por hora, la navegación presenta ventajas indiscutibles; pero ha lugar á preguntarse, si hay un real interés económico en crear vías navegables de pequeña sección, donde las velocidades serán necesariamente débiles y que serán incapaces de luchar ventajosamente con los caminos de hierro.

La Comisión tendrá, naturalmente, que estudiar los diversos modos de tracción y de propulsión sobre los canales y deberá intentar obtener algunos datos sobre el costo de la potencia necesaria con estos diversos sistemas. La Comisión real inglesa de canales y vías navegables, ha publicado recientemente un informe muy detallado que trata de este asunto. Es permitido suponer que en el porvenir se deberá recurrir á la tracción eléctrica bajo una ú otra forma, pero el informe de que hablamos no estima encontrar gran ventaja en este sistema.

El motor de gas es, como se sabe, capaz de suministrar la fuerza motriz de una manera económica y se podría creer que pudiera emplearse con ventaja en los canales, pero hasta aquí la experiencia no le ha sido favorable en esta aplicación. Es verdad que sólo ha sido empleado en barcos de pequeño tonelaje con potencias de 20 caballos y velocidades de 5 kilómetros por hora entre esclusas; el costo de transporte en estas condiciones era de 2,2 céntimos por tonelada-kilómetro todo comprendido, salvo los derechos de navegación.

En la máquina de vapor, una experiencia profunda ha puesto de manifiesto un precio de costo sensiblemente igual; pero si se toman barcos en remolque, el precio puede bajar á 1,6 céntimos. Con el motor de petróleo el gasto es más elevado. Hemos dicho que estos precios no comprenden las cargas relativas al canal, interés, conservación y explotación. Pero el gasto medio de transporte de la tonelada kilométrica en el conjunto de los caminos de hierro de los Estados Unidos no pasa de 2,2 céntimos, comprendidos en él los gastos de toda naturaleza.

Se emplea en Alemania la tracción eléctrica sobre los canales, pero bajo una forma sujeta á objeciones por lo que se refiere al costo elevado de establecimiento y entretenimiento. En los Estados Unidos, la tracción eléctrica ha sido empleada sobre el canal del Erié y sobre el de Miami, y en Bélgica, sobre el canal de Bruselas á Charleroi, pero todas estas aplicaciones no han tenido éxito por razones económicas. Es necesario para la tracción eléctrica un tráfico muy considerable, 2 millones por lo menos de toneladas al año.

Se han empleado tres sistemas para la aplicación de este modo de tracción. El primero consiste en servirse de locomotoras que circulan por el camino de sirga. Se ha empleado en Francia; en Douai, las máquinas pesaban de 2 á 3 toneladas, desarrollaban una potencia de una decena de caballos y recibían la corriente de un conductor aéreo. Se reprocha á este sistema un desgaste rápido de las máquinas y del camino de sirga.

Una parte del canal de Douai, de 15 kilómetros próximamente de longitud, se explota por el segundo sistema, que consiste en disponer sobre el camino de sirga una vía férrea ligera sobre la cual circulan locomotoras eléctricas; estas máquinas llevan dos motores de 20 caballos cada uno, pesan 8 toneladas y ejercen un esfuerzo de tracción de 1.350 kilogramos, que es suficiente para sirgar cuatro barcos de 300 toneladas á la velocidad de 3.200 kilómetros por hora. En este canal no hay vía más que sobre una orilla, y cuando se encuentran barcos marchando en sentido inverso es necesario cambiar las locomotoras.

Una aplicación de este método en mayor escala se ha hecho en el canal de Teltow, en Alemania; las locomotoras pesan 8 toneladas y tienen dos motores; cada uno remolca dos barcos que llevan en conjunto 1.200 toneladas á una velocidad de 4 kilómetros por hora; es la velocidad máxima que se puede admitir en los canales, porque si se rebasa, se producen rápidamente erosiones en las márgenes, y, además, el esfuerzo de tracción aumenta considerablemente.

El canal de Teltow tiene 40 kilómetros de longitud y la instalación de electricidad; comprendidas las estaciones de producción de corriente, ha costado 150.000 francos por kilómetro, que es el precio de establecimiento de un camino de hierro en el Oeste de los Estados Unidos.

La relación entre la sección sumergida de los barcos y la sección mojada del canal, tiene una influencia considerable en la resistencia á la tracción y, por lo tanto, en el costo de ésta.

El profesor Marchant, en exposición hecha ante la Comisión real de vías interiores navegables, estima que, cualquiera que sea el modo de tracción, el límite de velocidad á considerar es de 4,8 kilómetros por hora, y evalúa el gasto de la tracción eléctrica, tal y como se emplea en el canal de Teltow, de la manera siguiente para diversas intensidades del tráfico: 5,4 céntimos por tonelada-kilómetro para 2 millones de toneladas por año, 4,6 céntimos para 3 millones y 4 céntimos para 4 millones.

El tercer método de aplicación de la tracción eléctrica ha sido empleado á título experimental en el canal del Erié; hay en este sistema un carril elevado colocado sobre el camino de sirga y sostenido á distancia conveniente por columnas; el ancho de la vía es de 1,015 metros, la velocidad normal es de 5,3 kilómetros por hora. La corriente gastada es de 12,8 kilowat horas por tonelada neta para 579 toneladas netas. El esfuerzo de tracción sobre el remolque es de 2.000 kilogramos próximamente.

La Comisión real estima, según la experiencia, que cada uno de los sistemas de tracción eléctrica ensayados aquí no puede luchar con la tracción de vapor ó la tracción animal tal y como se ha empleado en ciertos canales de Inglaterra; el precio de coste descende, en efecto, á 0,045 céntimos por tonelada-kilómetro. Lo que se ha dicho antes de un mínimo de 2 millones de toneladas por año para que la tracción eléctrica sea posible es interesante por cuanto hay muy pocos canales secundarios que realicen esta cifra. En 1860 el tráfico sobre el canal tan importante del Erié no llegó más que á 2.225.000 toneladas, y en 1896 no había aumentado sensiblemente. Los barcos de 1.000 toneladas que se deben emplear sobre este canal, exigen, para ser remolcados á 4,8 kilómetros por hora, una fuerza de 50 caballos en el remolcador, y el gasto relativo de fuerza motriz es próximamente 15.000 francos por año para el remolque de un barco.

En las diversas cifras que se han dado anteriormente para el costo del transporte por canales, se ha supuesto que estas cifras representan el gasto total de tracción y son entonces incomparables á los gastos de tracción de locomotoras que remolcan á pequeña velocidad trenes de mercancías. Que suponiendo el empleo del más antiguo y más lento medio de sirga, los caballos, ó el más reciente, la tracción eléctrica, el coste de la sirga en los canales europeos, en que la mano de obra es relativamente barata, puede estimarse en 0,5 céntimos por tonelada-kilómetro. El gasto de tracción por locomotora en los caminos de hierro para trenes pesados marchando á pequeña velocidad no rebasa, todo comprendido, 0,2 céntimos por tonelada-kilómetro, ó sea el 40 por 100 del precio de la tracción en los canales.

La conclusión será que los canales ordinarios donde la velocidad de los barcos esté limitada á 5 ó 6,5 kilogramos por hora, no representarán más que una débil capacidad de transporte enfrente de su costo de establecimiento y que les será imposible luchar ventajosamente con los caminos de hierro, puesto que sobre los canales de Europa el gasto de transporte, no comprendidos los derechos de navegación, se eleva á 1,4 ó 2 céntimos, en tanto que se transporta el carbón, en los caminos de hierro de los Estados Unidos, con la tarifa 1,1 céntimos. La navegación interior no puede ser aprovechada en los Estados Unidos más que en las grandes vías donde se pueden emplear barcos ó navíos de vapor marchando á la velocidad de los trenes de mercancías; son sólo estas vías las que se deberán comprender en el programa de las mejoras propuestas.—O.

PUENTE DE FÁBRICA con articulaciones en la clave y en los arranques, y con juntas de zinc.

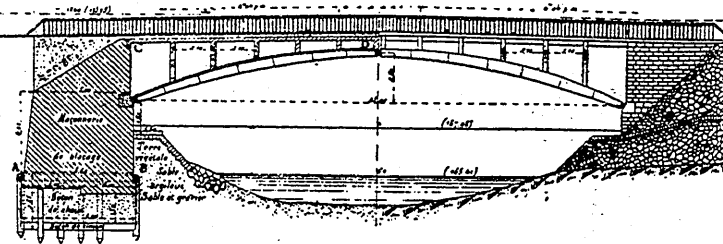
El puente Braula, establecido cerca de Lyon para asegurar la continuidad de la sirga de la Saône, está rebajado al 1/10, tiene 25 metros de luz y 4 de anchura. Lo forman dos arcos de sirga, articulados en los arranques y en la clave por medio de placas y rótulas de acero, y, por encima de estos arcos, una superestructura de hormigón y cemento armado.

Los arcos tienen una anchura de 0,60 metros y una altura que varía de 0,30 en la clave y en los arranques á 0,60 en los riñones.

El puente Braula, cuya ejecución se ha terminado con pleno éxito en 1906, está establecido según los principios preconizados por M. Bourdelles en la Memoria publicada en 1898 en los *Annales des Ponts et Chaussées*, bajo el título de «Puentes de fábrica articulados». La articulación de los puentes de fábrica en el vértice y en los arranques, por medio de placas y rótulas metálicas, suprime, como es sabido, la indeterminación del punto de paso de la curva de presiones en estos puntos, y permite hacer soportar á las bóvedas una presión más fuerte, ó, á igualdad de presión, dar á estas bóvedas una sección más débil. Para una diferencia determinada de altitud entre el trasdós en el vértice de la bóveda y el intradós en los arranques, lo que ocurre frecuentemente en la construcción de puentes, la articulación en la clave y en los arranques permite reducir la altura de la bóveda en estos puntos, disminuyendo además el rebaje, por esto mismo, de una manera apreciable.

El tipo realizado en el puente Braula difiere en dos juntas del sistema simplemente articulado de M. Bourdelles. Desde luego las juntas se han rellenado vertiendo en ellas zinc en lugar de cemento. Por otra parte, el puente está constituido por dos arcos independientes en lugar de estarlo por una bóveda reinando en toda su anchura. Con una bóveda se hubiera llegado á un espesor de piedra de tal manera débil, que la bóveda hubiera sido prácticamente irrealizable, ó bien á una presión por centímetro cuadrado demasiado débil, teniendo en cuenta la resistencia que puede soportar la piedra empleada.

Se deduce de aquí que para un puente de 25 metros de luz, solamente como el de Braula (véase la figura), las juntas ordinarias serían suficientes. En el pensamiento del autor está que el empleo de juntas metálicas no está justificado en las obras de



pequeña luz. M. Tavernier no lo ha propuesto aquí más que á título de ensayo, á fin de que pueda permitir á otros Ingenieros el aplicarlo á las obras grandes.

En el caso de puentes delgados que soporten un tablero de hormigón armado, se puede tener interés en hacer soportar á las fábricas una presión más fuerte de la que pueden soportar con juntas ordinarias, y el empleo de juntas metálicas puede estar justificado. Con las juntas de zinc, desde el momento en que el metal, vertido por encima en la junta, aparece en todo el contorno de la junta, se puede asegurar que ésta está bien hecha, ninguna falsa maniobra es de temer, y se puede contar con la resistencia de la junta tal y como ella haya sido reconocida en el laboratorio, para una piedra ó un metal dados.

En apoyo de su idea, el autor reproduce los resultados de los