

probable, estimamos se podría obtener la de 230; por carretera hay 239 kilómetros.

En Burgos uniría nuestro trazado con la actual línea del Norte, y, por tanto, recogerá el tráfico de Oporto, Lisboa y todo Portugal; mediante un túnel ganaríamos el Ebro. Para descender este enorme escalón, con la pendiente máxima de 5 milésimas, no es posible ir a Miranda, 448 metros, porque está demasiado bajo y hay que pasar el Ebro entre Trespaderne, 507 metros, y Quintanilla escalada, 666 metros, probablemente por el valle de Valdivielso, en Valdenoceda. Esto nos lleva a dirigir el ferrocarril a Villarcayo, 528 metros de cota, con una distancia en línea recta de 66 kilómetros, y probable, en la realidad, de 70. No sería un solo túnel, porque hay algunas barrancadas en la línea que permitirían puntos de ataque y su división en dos o tres.

De Villarcayo hay que bajar a la costa, y con la pendiente tan reducida de 5 milésimas, no es posible hacerlo ni a Bilbao ni a Santander. Recurrimos a un mapa y su examen nos va indicando los puntos forzosos de paso. De Villarcayo a Orduña, 314 metros; distancia en línea recta, 48 kilómetros; probable, 50 kilómetros. De Orduña a Durango, 198 metros, con 35 kilómetros en línea recta y 36 probable; de Durango a Elgoibar, 19 y 20, respectivamente. En dicho punto cruzaría el valle del Deva, y de aquí a San Sebastián, Pasajes e Irún, 54 y 60 kilómetros. En total 466 entre Madrid a Irún, con una longitud real entre Madrid y Dax menor a la del ferrocarril Soria-Alduides, a pesar de las enormes diferencias de sus características. Se podría ir en menos de cinco horas de Madrid a Bilbao, enlace de Orduña, Pasajes, San Sebastián e Irún. El puerto de Madrid sería Pasajes, y como éste revertió al Estado, si la Nación construyera la línea, tendría en sus manos un puerto excepcional y un ferrocarril extraordinario.

Para apreciar el factor de la velocidad, conviene recordar que en el anteproyecto de los Alduides se estimaba en siete horas lo que se tardaría entre Madrid y Alduides, y una hora cincuenta minutos entre dichos montes y Dax. Por Irún se gana una hora, según demostró la Comisión Burgalesa de iniciativas; pero aun así, la diferencia es de importancia.

Una mercancía podría ir en nueve horas de Madrid a Pasajes, y esto equivaldría a colocar el Cantábrico a las puertas de Madrid.

Con la percepción media de 0,1023 pesetas obtenida por la Compañía del Norte en el ejercicio de 1919 para la tonelada-kilómetro, una mercancía cuesta transportarla de Madrid a Pasajes 62,40 pesetas tonelada, y por el ferrocarril propuesto, considerando sólo una economía de una tercera parte en las tarifas, y como la distancia es de 476 kilómetros, sería de 31,78 pesetas, ¡la mitad!, el aumento del tráfico de esta rebaja colosal. Nadie puede predecir los límites extremos a que en un plazo relativamente corto llegaría. Igual ocurrirá con los viajeros. Hoy día, el viaje entre Madrid a Irún vale 36,66 pesetas, al precio de 0,572 pesetas kilómetro, percepción media de la Compañía del Norte. Rebajadas en un tercio las tarifas por los menores gastos de explotación, quedaría reducido el coste a 17,77 pesetas para recorrer los 466 kilómetros del trazado.

Queda ahora la mayor incógnita. ¿Cuánto costaría un ferrocarril así planeado? A juzgar por el de los grandes túneles de los Alpes y del Metropolitano de Madrid, nosotros estimamos en 4 millones de pesetas el kilómetro, cifra que no debe considerarse excesiva cuando el tranvía Madrid-Alduides cuesta 1.200.000 pesetas el kilómetro, y tampoco deficiente, porque toda la línea no es un túnel de dimensiones excepcionales; el de los alrededores de Madrid es en terreno diluvial de fácil perforación y revestimiento,

se disminuyen considerablemente las expropiaciones, y los métodos serían mejores que los empleados en los Alpes, no sólo por los mayores adelantos de la técnica, sino por las distintas condiciones del trazado, que permitirá instrumental en muy grande escala y economías diversas. En total, el ferrocarril costaría 1.884 millones de pesetas. Redondeando la cifra, 2.000 millones.

Ahora bien, adoptada para este ferrocarril la vía española, que, como dice acertadamente el ingeniero industrial, marqués de Morella, satisface cumplidamente las necesidades futuras, este ferrocarril no costaría más que el de los Alduides, porque dicha vía, proyectada con ancho de 1,43 metros, lleva consigo el estrechamiento de 12.000 kilómetros de vía férrea española, más 3.000 en Portugal, *sine qua non* es posible que los españoles aceptemos la construcción de dicho ferrocarril, y todo ello costará 1.500 millones a España y 280 a Portugal, más 500 del trazado Madrid-Alduides, sin contar la parte francesa. En resumen, nuestro proyecto, que es infinitamente más grandioso que aquél, satisface las necesidades nacionales en sus diversos aspectos comercial, militar, técnico, y colocaría al país en condiciones extraordinarias, con la ventaja inapreciable de ser más barato en conjunto. Además de las dichas tendría la de permitir un estudio profundo de la Geología española, descubriendo importantes yacimientos mineros. Así, al cruzar Burgos, es casi seguro se cortarían el carbonífero que está recubierto por otros terrenos secundarios y terciarios, y cuya importancia nos es desconocida por el Estado, que se ha reservado las concesiones en una extensa zona, que llega hasta la misma capital.

Sin que se pueda defender el ferrocarril propuesto como un negocio financiero, es fácil ver que no es tan excesivamente ruinoso como pudiera estimarse, y que es probable que a los diez años de servicio remunerase el capital con un interés del 3 por 100, previsto para el proyecto Soria-Alduides. En efecto, la línea del Norte, llamada principal, tiene en tráfico que este año sobrepasará de 125.000 pesetas por kilómetro.

Rebajadas las tarifas de viajeros y mercancías en un tercio, esta cifra se reduce a 83.334 pesetas, y con sólo que se multiplique por seis este tráfico se obtendría 492.444 pesetas, cifra que no parece excesiva para un ferrocarril de esta naturaleza, teniendo en cuenta la insuficiencia de las vías actuales por falta de material fijo y móvil. Pues con dicho guarismo y un coeficiente de explotación de 50 se obtendría un interés para el capital de 5,717; si el aumento del tráfico en 600 por 100 puede estimarse exagerado, no lo sería la multiplicación por 4, en cuyo caso el capital estará remunerado con un 3,94 por 100. Reducido el coste del transporte a la mitad, ¿qué menos se podría suponer que el tráfico aumentara como el cuadrado de la reducción?

Tal ha sido mi sueño técnico, y aunque creo que la Humanidad lo realizará algún día, hoy ofrece grandes dificultades, pero que no deben ser obstáculo para que, planeándose actualmente ideas vastísimas, no expongamos los españoles nuestras grandes concepciones.

LUIS R. ARANGO,  
ingeniero de Caminos.

## Nota relativa a los esfuerzos que deben resistir las bóvedas subterráneas:

El ingeniero que debe determinar los esfuerzos a que están llamadas a resistir las bóvedas subterráneas y que debe establecer después, en consecuencia, el perfil de estas bóvedas, procede generalmente por aproximación, tomando ejemplos que hayan dado

buenos resultados en terrenos comparables e aquellos en que el subterráneo que proyecta ha de establecerse.

Este método es excelente, pero no puede aplicarse cuando la obra a ejecutar no es de un tipo corriente o debe ser construída, en un terreno de naturaleza excepcional, dado que en estos casos ya no es posible establecer comparaciones útiles con obras existentes.

Sería, por lo tanto, muy conveniente el disponer de un modo de cálculo que permitiera determinar el perfil que debe adoptarse en cada caso. Desgraciadamente, el problema se hace muy complejo por el conocimiento, generalmente imperfecto, que se tiene de los terrenos en que ha de establecerse la obra.

El modelo de cálculo que se indica en la presente nota no puede pretenderse en modo alguno que sea de un rigor absoluto, pero como los resultados a que conduce concuerdan con los hechos que han podido observarse en las obras del Metropolitano de París, nos parece interesante resumir estos elementos.

Cuando se ejecuta una excavación en un terreno homogéneo, el asiento, si se produce, puede repercutir hasta el nivel del suelo:

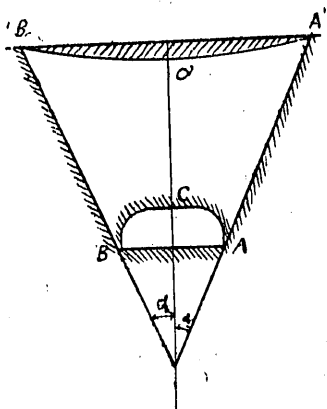


Fig. 1.ª

y la porción de terreno removido está en este caso limitada en sección vertical por dos rectas AA', BB', inclinadas a un ángulo  $\alpha$  sobre la vertical.

La abertura del ángulo  $\alpha$  varía con la naturaleza del terreno. Muy pequeña en los terrenos compactos, aumenta bastante en los terrenos flojos (por ejemplo,  $50^\circ$  en un terraplén arcilloso húmedo).

Se sabe que el asiento produce en la superficie del suelo una depresión tal, como A'C'B' y que frecuentemente el terreno se fisura en las proximidades de los puntos A' y B'. El prisma, cuya sección es ACBB'A', se asemeja a una bóveda cuyos estribos serían AA' y BB', y que se deformaría bajo el efecto de su propio peso, a causa de la falta de resistencia de los materiales que la forman.

Llamemos  $D$  el peso específico del terreno, supuesto homogéneo, y  $r$  su resistencia. Esta resistencia permitiría a la bóveda ACBB'A' sostenerse por sí misma, si su peso específico, en lugar de ser igual a  $D$ , tuviese un valor  $D'$  menor que  $D$ .

La diferencia  $D-D'$  representa el exceso del peso específico del suelo que ejerce una presión efectiva sobre la bóveda del subterráneo.

La determinación de la curva de presiones en la bóveda ACBB'A' no puede hacerse de un modo riguroso. Se sabe solamente que esta curva no se sale del tercio central puesto que, en la mayor parte de los casos, no se producen fisuras o grietas que demuestren un trabajo del suelo a la extensión, o si se producen no son muy profundas. Por consiguiente, parece legítimo evaluar la presión máxima como el doble de la presión media. Si se admite además que la presión en los arranques es normal a las líneas

AA' y BB', se hace fácil calcular muy sencillamente la presión máxima.

Sean:  $2l$  la luz de la bóveda.

$H$  su altura flecha.

$p$  la profundidad del cielo de la galería debajo del suelo.

La presión máxima en la clave es igual a

$$\frac{2 \text{ peso de la parte rayada}}{p \operatorname{tg} . \alpha} = P$$

Para simplificar admitiremos que el volumen de la semiexcavación es igual a  $\frac{2}{3} l H$ , lo que da una aproximación muy suficiente en la mayor parte de los casos.

Se tiene entonces

$$P = \frac{2 \times D}{p \operatorname{tg} . \alpha} \left[ (p + H) \left( 1 + \frac{p + H}{2} \operatorname{tg} . \alpha \right) - \frac{2}{3} l H \right] = \frac{2 D}{p} \left[ \frac{1 (p + \frac{H}{1})}{\operatorname{tg} . \alpha} + \frac{(p + H)^2}{2} \right] \quad (1)$$

Verifiquemos que esta fórmula para grandes profundidades no conduce a resultados irracionales.

Si  $p$  es muy grande,  $H$  se hace despreciable con relación a  $p$ , y la fórmula se reduce a

$$P = 2 D \left( \frac{1}{\operatorname{tg} . \alpha} + \frac{p}{2} \right)$$

Aun si  $\alpha$  es pequeño, el segundo término del paréntesis queda preponderante. Por ejemplo, para  $l = 4$  metros,  $p = 1.000$ ,  $\alpha = 5^\circ$ ,  $\operatorname{tg} . \alpha = 0,087$ , de modo que con bastante aproximación,  $P = 1.092 D$ , es decir, que la presión en el suelo es sobre poco más o menos igual al peso de los terrenos superpuestos, lo que es absolutamente lógico. Así es que en el túnel del Simplón ( $l = 2,85$ ,  $H = 4,00$ ,  $D = 2.000$ , por lo menos), se han observado verdaderos estallidos en la masa de gneis a través de la que se perforaba el túnel, cuando la altura del terreno natural por encima del suelo del túnel alcanzaba 1.800 metros. La presión a que estaba sometida la roca ( $P = p \times D$ ) debía elevarse a 380 kilogramos por centímetro cuadrado, lo que correspondía en algunas de sus partes al límite de resistencia. Nada tiene, por lo tanto, de extraño que se produjeran esos estallidos. En el mismo túnel, bajo el Alpé di Valle ( $p = 1.200$ ) donde la roca era un esquisto micáceo bastante blando, fué preciso emplear entibaciones metálicas sumamente robustas. El límite de resistencia de la roca había sido sobrepajado.

Estas indicaciones sólo se dan a título de verificaciones límites, porque es manifiesto que no puede establecerse ningún cálculo para subterráneos a gran profundidad por causa de la incertidumbre completa en los datos que deben adoptarse, principalmente, por razón de la multiplicidad de capas de terreno superpuestas unas sobre otras.

Para profundidades menores, la incertidumbre se disipa. Así es que en las margas y arcillas suprayesosas de Belleville y en los terraplenes arcillosos de las canteras de Buttes-Chaumont,

hemos reconocido examinando la zona afectada por los asientos que el ángulo  $\alpha$  era generalmente de  $45^\circ$ .

Hemos observado igualmente que en estas arcillas las zanjas para un túnel de una vía ( $l=3$ ,  $H=3$  metros,  $p=14$  metros,  $D=1.700$ ) apenas producen carga, mientras que una zanja de una luz ligeramente superior da lugar siempre a asientos. Se ha deducido que la resistencia del suelo a la compresión es  $r = P = 4,60$  kilogramos por centímetro cuadrado.

En la estación Place des Fêtes del Metropolitano de París, ejecutada en esta clase de terreno, las entibaciones han trabajado enormemente y algunos anillos de la bóveda se han agrietado. Este resultado podía haber sido previsto por la fórmula (1). En efecto, los elementos de la zanja son:  $l = 8,35$ ,  $H = 4,50$ ,  $p = 15,50$ ,  $D = 17,00$ ,  $r = 4,60$  kilogramos.

$$P = \frac{2D}{p} \left[ \frac{l \left( p + \frac{H}{3} \right)}{\text{tg. } \alpha} + \frac{(p+H)^2}{2} \right] = 7,49 \text{ k. por cm}^2$$

excediendo en 2,89 kilogramos.

Por lo tanto, las bóvedas de la estación soportan la parte de peso de los terrenos superpuestos que excede de la carga que pueden soportar por sí mismo dichos terrenos.

Llamemos  $D'$  la densidad ficticia que deberían tener esos terrenos para sostenerse por sí mismos. Se obtiene  $D'$  por la ecuación (1), reemplazando  $P$  por el valor encontrado más arriba (4,6 kilogramos por centímetro cuadrado, o sea 4.600 por milímetro cuadrado). De donde  $D' = 1.044$ .

Como estas arcillas pesan en realidad 1.700 kilogramos por metro cúbico, la fracción de la carga soportada por las bóvedas es el peso de los terrenos superiores, suponiéndoles que tienen un peso específico de  $1.700 - 1.044 = 656$  kilogramos por metro cúbico. Con un espesor de bóveda de 80 centímetros en la clave, este resultado corresponde a una presión de 32 kilogramos por centímetro cuadrado en la mampostería de la clave y 17 kilogramos en los riñones.

Estas presiones considerables han debido, efectivamente, producirse, puesto que varios de los primeros anillos construídos se han roto. Fué preciso reconstruírlos reforzándolos aumentando sus espesores. Con las nuevas dimensiones la presión en la clave debía descender a 25,5 kilogramos y en los riñones a 15 kilogramos, que, aunque muy elevada, es admisible para mamposterías con mortero de cemento.

Estos resultados explican el interés que hay en desarrollar los trabajos procurando disminuir en lo posible el ancho de las zanjas.

Si, en efecto, como se indica en el lado izquierdo de la figura 3.<sup>a</sup>, se ha podido establecer el estribo  $C$  antes de abrir la zanja, por medio de una galería construída especialmente con este ob-

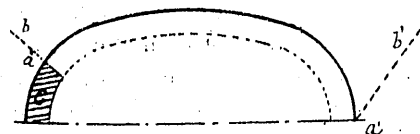


Fig. 3.<sup>a</sup>

jeto, no habiéndose movido el terreno con la apertura de esta galería de pequeña sección, no cargará en el momento de la excavación más que según la línea  $ab$ . Por el contrario, si la zanja se abre en grande (lado derecho de la figura), el terreno cargará según la línea  $a'b'$ .

Un artificio de este género se empleó anteriormente en la estación Place des Fêtes para reducir la extensión de las excavaciones.

En las estaciones rue d'Allemagne y rue Bolivar, los terrenos superpuestos estaban constituidos por terraplenes muy antiguos de arcilla húmeda. El ángulo de deslizamiento  $\alpha$  se elevó con frecuencia a  $50^\circ$  y a menudo excedió de esta cifra. La resistencia del suelo no debía exceder de 3 kilogramos, atendido a que las casas de tres pisos que existían a lo largo de la estación no tienen cimentación especial, mientras que las casas más elevadas están cimentadas sobre pozos. Las otras características de las excavaciones para estas estaciones son  $p = 8$ ,  $l = 9$ ,  $H = 4$  para la estación rue d'Allemagne.

Llevando estos valores a la ecuación (1) y tomando  $D'$  como incógnita, se obtiene  $D'$  densidad ficticia del suelo, sosteniéndose por sí mismo para una resistencia de  $3 \text{ k.} = 841$  kilogramos. Admitiendo que el peso del terraplén gredoso compacto y húmedo es de 1.700 kilogramos por metro cúbico, el trabajo de las bóvedas se ha obtenido admitiendo que los terrenos superpuestos producen un peso sobre la bóveda como si tuvieran un peso específico de  $1.700 - 841 = 859$  kilogramos. El trabajo de las fábricas así calculado alcanzó hasta 17 kilogramos en la clave. Estas bóvedas han trabajado mucho en efecto, y uno de los anillos de la estación se agrietó.

Lo que acabamos de exponer se aplica a terrenos dotados de cierta coherencia y cierta plasticidad, tales como las margas y las arcillas.

Si se trata, por el contrario, de terrenos sin coherencia, tales como la arena, el fenómeno se presenta bajo un aspecto algo diferente.

Por razón de la resistencia a la compresión de los terrenos arenosos, la bóveda ficticia  $AA'BB'$ , constituida por las capas superpuestas al subterráneo, debería poder resistir, en la mayor parte de los casos corrientes, a los esfuerzos que resultan de su propio peso y no producir, por consiguiente, ninguna carga sobre las obras.

Esto es, efectivamente, lo que ocurre después de cerradas las bóvedas, pero no durante su ejecución. Con motivo de la escasa coherencia de los granos de arena los unos con los otros, se producen frecuentemente pequeños desprendimientos que aflojan poco a poco las capas del terreno y lo ponen en movimiento, es decir, que le permiten ejercer presiones sobre las entibaciones y las mamposterías hasta que se hayan rellenado los vacíos producidos y el suelo haya recobrado su existencia. Si los derrames de arena a través de las entibaciones son bastante importantes, se forma encima de las mismas una campana cuya altura alcanza a veces varios metros y que puede hundirse bruscamente sobre las obras subyacentes.

Estos diversos efectos, cuyos elementos dependen de las condiciones mismas de la ejecución de las obras, escapan al cálculo.

¿Será posible, después de lo que acabamos de exponer, afirmar que puede establecerse *a priori*, por medio del cálculo, el espesor de la bóveda de un subterráneo a perforar en determinadas capas de terreno?

La respuesta sería afirmativa si los datos característicos del peso específico  $D$  y del ángulo  $\alpha$  fuesen conocidos para cada naturaleza del suelo. Desgraciadamente estos datos son sumamente inciertos por razón de que el suelo está generalmente constituido por capas sucesivas de diferente composición para las cuales sólo la experimentación directa en cada caso pueda precisar los datos que se buscan.

¿Quiere decir esto que no debe utilizarse el método expuesto? Ciertamente que no, puesto que una vez que la obra esté en marcha y se hayan determinado las condiciones del suelo por la observación de la zona de los asientos, se puede emplear el cálculo.

para reconocer cuál será el trabajo probable de las fábricas y determinar si pueden realizarse economías por reducción de los espesores.

Igualmente puede determinarse por el cálculo el espesor que debe darse a la bóveda de una obra especial, tal como el ensancha-

miento de un subterráneo, según sean las dimensiones del subterráneo corriente.

Sólo en este orden de ideas nos ha parecido útil dar a conocer este método.

H.

## REVISTA EXTRANJERA

### La transformación del canal del Ródano al Rhin (Francia).

El canal del Ródano al Rhin se destaca del Saona canalizado en Saint-Symphorien, a 4 kilómetros del canal de Borgoña. Se dirige hacia Dôle, donde alcanza al Doubs, después de un recorrido de 19 kilómetros. De Dôle a Voujeancourt, cerca de Montbéliard, el canal se confunde con él por medio de presas y esclusas. La longitud del trozo común es de 141 kilómetros. A partir de Voujeancourt, la vía Ródano-Rhin toma el valle del Allaine, tributario del Doubs, franquea la garganta de Valdien, y gana la llanura de Alsacia hacia Mulhouse. De aquí, sigue el Ill hasta Estrasburgo (figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>).

La alimentación del tramo de partición, se obtiene por las aguas de dos arroyos: el Loutre y el Suersine. Además, en la vertiente del Franco-condado, el canal recibe el resto del Doubs,

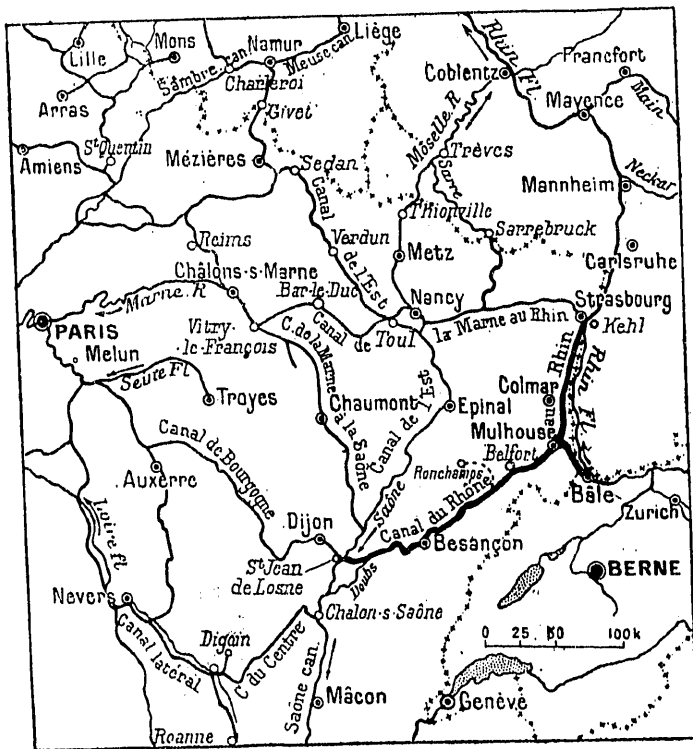


Fig. 1.<sup>a</sup>

y en la vertiente alsaciana los del Rhin y del Krafl, brazo del Ill.

El canal debe conquistar en esta primera vertiente un desnivel de 173 metros, y en la segunda uno de 206 metros. De aquí que se hayan tenido que multiplicar las esclusas, sobre su recorrido: no se cuentan menos de 161 en total, de las que 75 corresponden a la vertiente del Ródano.

En particular, el descenso de la garganta de Valdien sobre la Alsacia ha exigido la construcción de 39 esclusas, en un recorrido de 32 kilómetros; de aquellas, 23 solamente están repartidas en un trayecto de 9 kilómetros, de modo que el canal presenta en esta sección el aspecto de una verdadera escalera.

La profundidad de la vía y las dimensiones de las esclusas no permitían antes de la guerra el paso de los barcos de 300 tonela-

das más que en la sección Estrasburgo-Mulhouse (160 kilómetros, 47 esclusas), y en la sección Saint-Symphorien-Sur-Saône-Deluz (93 kilómetros, 30 esclusas). En esta última sección, las esclusas miden 38,50 metros de longitud y 5,20 de anchura, a excepción de tres obras. El calado, en esta parte del trayecto, no es más que de 1,80 metros en el estiaje, entre Saint-Symphorien y Dampierre (Jura), y cae hasta 1,55 metros entre Dampierre y Besançon.

Entre Deluz y Mulhouse, el canal es todavía menos accesible: en 125 kilómetros se cuentan 84 esclusas. El calado en esta sección no excede de 1,60 metros; las esclusas no tienen más que 30,50 metros de longitud y 5,20 metros de anchura, a excepción de sus obras, situadas entre Voujeancourt y Fesch-le-Châtel; en fin, la altura de los puentes (2,45 metros) es en general muy insuficiente. Así es que la capacidad de los barcos no podía exceder de 130 toneladas.

La insuficiencia del gálibo y la falta de homogeneidad del canal han sido reconocidas desde hace largo tiempo, y M. Auguste Pawlowski, en un artículo publicado en *Le Génie Civil*, y que extractamos en esta nota, detalla los diferentes proyectos redactados para mejorarlo.

Ahora bien, habiéndose por el armisticio de 1918 restituido Alsacia a Francia, y, por lo tanto, el canal en su integridad, importaba asegurar a Francia, en un espacio mínimo de tiempo, las comunicaciones más completas con Alsacia-Lorena, especialmente con objeto de facilitar la importación de las hullas del Sarre y del Ruhr.

No se podía evidentemente pensar en construir en seguida, y en pocos meses, el canal de 600 toneladas necesario para constituir la gran vía navegable de mañana entre el Rhin y el Mediterráneo, provista de largos tramos, independiente del Doubs, practicable a la navegación por vapor. El problema, delicado, de la alimentación de esta arteria tenía que resolverse antes. Pero se ha considerado que el canal del Ródano al Rhin podría ya prestar importantes servicios si podían navegar por él en toda su longitud barcos de 300 toneladas.

Expone después M. Pawlowski las decisiones ministeriales y parlamentarias que han recaído sobre este asunto, la organización de los trabajos para la sección Montreux-Besançon, las dificultades que presentaba la obligación de la mano de obra y la necesidad de agrupar un enorme material, que detalla.

Las obras más importantes y más urgentes que habían de realizarse debían referirse a la reparación y reforma de las esclusas. Estas pertenecían a dos categorías: las unas en el río Doubs, las otras en derivaciones.

Tan pronto como llegaron los martinets y las maderas, se procedió a la construcción de ataguías, dejando a la derecha de las esclusas un paso para los barcos, a fin de no detener la circulación más que en el momento del descanso fijado en agosto, debiendo obstruirse la apertura para esta fecha. Después de la parada de la circulación por el canal, se procedió al agotamiento de los depósitos y se emprendió la construcción de las mampos-terías.

Se ejecutaron simultáneamente todas las obras de impermeabilidad del canal y de reforma de los puentes, puentecillos y