

construir un tramo del túnel. Era muy frecuente que en su época una frente de galería no excediese á la del túnel, en las diversas lumbreras, más que de cinco á diez metros. Nunca entró en sus planes, he dicho también, correr una galería extensa que sirviera para el desagüe general á la vez que para el servicio y ataque simultáneo de varias frentes de túnel, y por último, que tanto en el período provisional como en el definitivo de Administración, la Junta Directiva del Desagüe acordó é hizo llevar á cabo la apertura de esa galería, logrando poner fin á la construcción del túnel en más breve tiempo del que se había previsto, y con ahorro de instalaciones y servicios de desagüe.

La extraordinaria rapidez con que se obtuvo la galería, mayor indudablemente de la obtenida en trabajos semejantes, debe atribuirse á las siguientes razones: Primera y más importante, á la continuada atención y vigilancia personal de día y de noche, no sólo de los sobrestantes sino del mismo personal de ingenieros, quienes medían todas las mañanas el trabajo hecho, é imponían, según los casos, multas severas ó primas á los destajeros. Segunda, á la atención que se dedicó á los menores detalles del trabajo, siendo el principal el de que la vía férrea se conservase en estado perfecto, que la dotación de coches fuese la necesaria, y que los malacates y el servicio de extracción en las lumbreras fuese también perfecto, de manera que no interviniese ninguna demora ni interrupción en el servicio. Tercera, al hecho de haber aumentado el precio de los subcontratos ó destajos además de las primas que se le venían concediendo, aumento que quedó más que compensado con el tiempo ganado en el avance. Cuando á pesar de alguna oposición se redujo á ocho horas el tiempo del trabajo en lugar de diez en el día, se consiguió también tener un cuele por día de 5^m50.

Durante las ocho horas de trabajo las paradas de operarios permanecían constante é irremisiblemente en sus frentes. De ordinario tres hombres atacaban la frente, y de seis á diez, según la distancia que había á la próxima lumbrera, hacían el servicio de acarreo de tierras en coches, todos vigilados por capataces. Este pueblo se renovaba cada ocho horas. Había además un sobrestante inglés ó americano que cuidaba de la colocación del ademe en línea recta y á nivel, y tenía la obligación de vigilar la operación por doce horas. Además de la cuadrilla de operarios, de que se ha hablado, había

otra de seis hombres que abrían el caño de desagüe, armaban nuevos tramos de vía y completaban los marcos del ademe.

En las lumbreras se hacía el servicio con un hombre situado en el fondo, quien por medio de una campana se comunicaba con el exterior, á fin de avisar cuándo debía ascender el elevador que conducía los coches cargados; y fuera, en la parte superior de las lumbreras había de dos á seis hombres encargados de recibir y conducir los coches á los terreros para descargarlos.

Cuando el servicio general de cuele de galería no sufría ningún trastorno, la tarea que se exigía era de 5 metros lineales en 24 horas, salvo que hubiese dificultades, como tropezar con terreno pesado ó blando.

La dinamita se empleó sin excepción para apresurar por lo menos el cuele, consumiéndose de 2 á 3 libras por metro lineal de cuele, y una libra por metro cúbico.

En el túnel se distinguían dos clases de ademe: uno en terreno ligero que era la toba, ó tepetate como se le llama comunmente, y el otro en terreno pesado, que era la marga, llamada vulgarmente jaboncillo, la cual se alteraba al quedar expuesta al aire y requería, por este motivo, un ademe relativamente reforzado.

La facilidad que ofrecían las tobas permitía no solamente usar ademes más ligeros, suprimiendo madera, sino que casi siempre podían atacarse dos tramos de ampliación de galería ó túnel simultáneamente, y veces hubo que se atacaron hasta seis tramos. En las margas no fué posible obtener semejante simultaneidad. Un tramo sólo podía ampliarse á favor de un ademe reforzado, y además era preciso esperar á que su mampostería estuviese terminada antes de emprender un nuevo tramo. Los tramos medían 4^m25 de longitud; pero en los abiertos en marga hubo que reducir la longitud á 2^m75.

El juego ó dotación de madera para cada tramo se componía de nueve varas ó vigas, tres de ellas eran de encino, con sus puntales y apoyos ó pies derechos, formados de dos piezas ensambladas, y además de las piezas auxiliares empleadas en esta clase de ademe, las cuales representan las láminas 9 y 10. La longitud de los tramos de 4^m25 se reducía, como acabo de manifestar, á 2^m75 cuando el terreno era muy blando; y cuando era bastante resistente y pesado, el número de varas ó vigas empleadas era de 7, en lugar de 9, como se ve en las láminas 6 á 8, en que el ademe es mucho más sencillo.

Encontrando que la madera del ademe ocupaba mucho lugar, y que á causa del agua las varas se hacían muy pesadas y difíciles de mover, sobre todo, las tres del centro que era necesario sacar por tracción, se substituyeron las varas de madera por otras de fierro, formadas con dos rieles unidos entre sí por sus patines con pernos ó tornillos, colocando once varas de fierro en lugar de nueve de madera; las cadenas transversales se formaron de varillas de fierro huecas formadas de dos partes unidas con un tornillo templador para colocarlas entre las varas á presión. Las dotaciones de piezas de fierro no fueron en número suficiente para prescindir de las de madera, de modo que se limitó el uso de las primeras, y los ademes continuaron sin embargo siendo de uso dominante.

Entre las ventajas obtenidas con el uso del fierro se pueden señalar las siguientes:

- I. La excavación que tenía que hacerse para alojar las mamposterías era notablemente menor.
- II. Las varas eran mucho más ligeras, no aumentaban de peso con el agua, y necesitaban, en consecuencia, menos gente para manejarlas.
- III. Eran más baratas porque duraban un tiempo indefinido.
- IV. Siendo poco voluminosas, podían bajarse más fácilmente por las lumbreras, en las que el espacio era limitado.
- V. La longitud de los tramos de excavación podía ser mayor fortificando con fierro que con madera.

Hay que describir la manera ó procedimiento empleado para manejar el agua que bajaba por la galería general del fondo, al tiempo en que se hacía la mampostería del radier del túnel. Esta agua llegó á ser hasta de 340 litros por segundo, y había que recibirla directamente en el túnel.

Una vez excavado el radier, se colocaban, para que pasase el agua arriba de la excavación, tres tubos de 0^m30 de diámetro ó bien una canoa de madera de 1^m20X0^m50, sostenida por dos presas puestas en los extremos de la excavación, siendo uno de ellos la boca de la galería y el otro el radier recientemente hecho del tramo anterior de mampostería; de esta manera el campo para la mampostería quedaba libre y podía construirse extrayendo el agua que le había quedado con bombas de mano.

En terreno firme (toba volcánica) sobre que el ademe fué ligero

(lámina 8), se conseguía la enorme ventaja de atacar á la vez dos ó tres tramos de ademe de túnel consecutivos, y caso hubo en que se atacaran seis. Siempre que esto fué posible, se obtenía que las mamposterías podían continuarse sin interrupción día y noche.

Cuando fué posible atacar seis tramos consecutivos á la vez, se procedió del modo siguiente: la galería superior desde luego se avanzaba en un trayecto equivalente á siete tramos, haciendo comunicaciones entre su piso y el cielo de la galería general que quedaba abajo para echar por ellos las tierras, y transportarlas por ferrocarril á la lumbrera próxima. Después se escalonaba el trabajo de tal modo, que en el primer tramo se tenía ya concluída la cubeta y la cimbra colocada para construir la bóveda; en el segundo á su vez se tenía construída la cubeta hasta un poco arriba del nivel del agua; en el tercero se colocaban los tubos ó la canoa para excavar y hacer lugar á la mampostería del radier; tanto en el segundo como en el tercero, todo el ademe del cielo estaba hecho en este punto de la operación. Dos cuadrillas de albañiles se empleaban constantemente, día y noche, una en construir cubeta, y la otra, bóveda. El tramo número 4, entonces, también tenía ya colocadas todas las varas del ademe del cielo; el número 5 tres varas, y el número 6 una, la de la cima. Encontrándose siempre los trabajos escalonados como queda dicho, en el segundo tramo se recibían las varas que se iban quitando del primero, á medida que se construía la bóveda, en una plataforma puesta sobre rieles que iban de una solera de un ademe á la del siguiente, y de allí se mudaban al tramo en que se empleaban de nuevo. Todo el escombros que provenía de la ampliación que se hacía arriba y hasta el nivel de las soleras, se recibía en los carros del ferrocarril de la galería inferior, abriendo por esto las comunicaciones necesarias en el terreno que las separaba.

En los lugares en que se encontró terreno tan favorable que permitía atacar seis tramos, se podía avanzar una longitud de poco más de un tramo por día, consiguiendo hacer así en un mes, sin trabajar los domingos, 115 metros.

En terrenos menos propicios quedó el recurso de abrir intermedios y construir así diversos tramos, aunque no fueron consecutivos.

Mampostería.— Inmediatamente después de que un tramo de ampliación quedaba excavado y ademado, se procedía á construir la

mampostería correspondiente. Al efecto se colocaba una cercha de madera, con la forma exacta del paramento de la cubeta, en el extremo de la excavación hecha, con estricta sujeción al nivel y alineamiento del túnel, y se extendían hilos entre esta cercha (que llevaba marcas al nivel de cada junta de las dovelas artificiales) y las juntas de las dovelas del túnel acabado en el tramo anterior. En tal disposición, los albañiles comenzaban á construir el relleno de mampostería, y á su frente el paramento de dovelas artificiales, guiándose por los hilos referidos. Las últimas dovelas que coronaban las paredes laterales eran de forma especial para formar el salmen de la bóveda. En la última carrera de dovelas se dejaban huecos á intervalos de 1^m00, en los que entraban los extremos de unas vigas que se colocaban á traves para sostener un piso de tablas; éste, á la vez que sostenía las cimbras de la bóveda, servía para la estancia de los albañiles y materiales durante la construcción de aquélla. Las cerchas de las cimbras estaban hechas con dos espesores de tabla de 0^m05 de espesor, unidas con tornillos de tuerca y cortadas las secciones para formar el círculo requerido; las principales cerchas se hacían de 3 espesores para sostener la sobrecarga que les venía de las varas del ademe de la excavación que descansaban sobre ella. Sobre las cerchas se iban colocando duelas de madera de 4^m08 X 0^m10 X 0^m05 á medida que progresaba la elevación de la bóveda.

Cuando la bóveda subía de uno y otro lado hasta aproximarse á unos 0^m33 de la clave, se reducía el número de albañiles porque ya no quedaba lugar más que para un sólo hombre, y éste ya formaba la clave. En la práctica ordinaria se prefería usar pedazos de duela que iban de una cercha á la siguiente, en lugar de duelas de 4^m80; esta substitución daba mayor libertad de trabajo á los albañiles. Cuando el arco levantado se aproximaba á la altura de la clave, las duelas de la cimbra se substituían con piezas de madera de 0^m45 X 0^m30, y con batientes de los extremos para colocarse transversalmente y ya no paralelas, como las duelas, al eje del túnel. El uso de estas piezas proporcionaba á los albañiles fácil acceso para construir la clave y retaque superior, produciendo la causa de ello un trabajo satisfactorio.

La cuestión del retaque sobre la bóveda, que era muy importante, ofreció alguna dificultad al principio, porque fué difícil persuadir á los albañiles que debían ejecutarlo con toda propiedad.

El promedio de hombres ocupados en un tramo de túnel era de ocho, incluyendo las operaciones de ampliación ademada y mamposterías. Al comenzar la ampliación bastaban cuatro hombres, y ya para levantar las mamposterías el número subía á catorce. Al principio, como queda dicho, mientras se ampliaba solamente la galería á la altura de la bóveda bastaban cuatro hombres, y este número subía sucesivamente á seis y ocho, á medida que la excavación aumentaba hasta llegar á la cubeta. Cuando los albañiles comenzaban la cubeta en el radier, bastaban seis de ellos y seis peones; ya sobre las paredes laterales se necesitaban ocho albañiles y seis peones, y este número descendía al aproximarse á la clave de la bóveda en donde ya solamente había lugar para dos hombres. En estos números no se incluyen los sobrestantes, inspectores, ni los peones que manejaban los coches; los últimos variaban de tres á seis parejas, según la rapidez con que se hacía la excavación y la que se requería para traer el material de los albañiles.

La excavación y ademe, así como las mamposterías de un tramo de túnel, se hacía por subcontrato, á tanto por metro, precio que variaba según la naturaleza del terreno, la abundancia de agua de filtración y la distancia que había á la lumbrera, etc. De hecho, todos los trabajos se hicieron por subcontrato hasta donde fué posible, tanto en la superficie como al interior del túnel y lumbreras, y los resultados fueron así mucho más satisfactorios que cuando se pagaba á la gente por día de trabajo.

Me ha sido preciso ser minucioso, quizá hasta difuso, en los datos y pormenores consignados en este capítulo, y á veces me he visto obligado á pasar de un asunto á otro bruscamente; pero he juzgado conveniente hacerlo así en gracia de la utilidad que puedan proporcionar los métodos empleados en la construcción del túnel, para otras obras semejantes en lo futuro.