

ta, descansaba en la apertura de una galería preparatoria partiendo al Sur de la lumbrera XVII, con objeto de comunicar sucesivamente las lumbreras XVI, XV, etc., con las IX y VIII.

El túnel debería á su vez irse atacando á continuación, aprovechando todas las frentes de que pudiera disponerse en las lumbreras, sin perjuicio del avance de la galería. Con objeto de impulsarlo se abrirían los intermedios que fuere posible: así, entre la XVII y XVIII se continuaron las dos frentes de un intermedio que estaba abierto desde Enero anterior, y se abrió además otro. Sucesivamente después se abrieron dos intermedios entre la XVII y XVI, tres entre la XVI y XV, dos entre la XV y XIV y uno entre la XIV y la XIII. La marcha de estos trabajos está indicada en el registro gráfico.

Por la parte del Sur, entre las lumbreras VI, V, IV y III, tan luego como fué posible reponer el estado de los motores, se procuró luego la comunicación entre las lumbreras por medio de galerías, para distribuir así el agua entre cuatro bombas y poder dominarla.

En la IV, por ejemplo, en que había relativamente poca agua, la bomba pudo auxiliar eficazmente la de la V, por medio de la comunicación que tuvo lugar á principios de Agosto, y más tarde en Diciembre á la III y VI.

El agua repartida ya pudo dominarse, y construir entonces casi la totalidad del túnel que había pendiente entre la IV y VI, como se ve en el registro en este grupo de lumbreras.

Paso á ocuparme de los arbitrios á que hubo de recurrirse para dominar el agua en las lumbreras del Norte.

Se disponía de las bombas de 16" ó sea de 300 galones por minuto, y estas bombas bastaban, en rigor, si se instalaban dos en cada lumbrera, pues se creía que era necesario extraer de 300 á 400 galones de agua por minuto. Ciertamente que una bomba de 16" tenía capacidad para ello; pero necesitaba un motor que pudiese hacer esta extracción á 70 metros de profundidad, y no se disponía de esta clase de motores.

En la lumbrera XIV estaba la máquina Compound fija, que sí era bastante. En la XIV había una locomóvil Compound traída por los Sres. Read & Campbell, en la que tenían 20 caballos nominales, disponibles también: ésta bastaba para accionar una bomba.

Había otras dos locomóviles como la anterior, pero de diez y seis caballos nominales solamente y que podrían servir en lumbreras que no fueran de las más profundas. Después de estas máquinas las demás eran chicas, podían sólo utilizarse forzándolas un poco en las lumbreras del Sur.

Pero además del motor de la XVI se necesitaban cinco dobles instalaciones con motores chicos, y por tanto diez de estos últimos para otras tantas bombas en las lumbreras XV á X. De ellos había cuatro, pues el motor establecido en la lumbrera XVI pronto quedaría disponible, y se tenía, además, el motor fijo de la XIV y los otros dos de diez y seis caballos.

Ya los Sres. Read & Campbell, en la época de su contrato, se habían arbitrado la fuerza que necesitaban en la lumbrera XIII para mover una bomba de 16", aplicando la acción simultánea de dos locomóviles de diez caballos á un árbol único que la transmitía al balancín de la bomba. Naturalmente esta combinación desde luego se imponía, y se adoptó para procurar con ella la dotación de motores que eran necesarios.

Los proyectos de instalación fueron los que siguen:

En la lumbrera XVI reponer los engranes que se habían roto, con lo cual se juzgaba que sería bastante para continuar la galería del Norte y apresurar la comunicación con la de la XVII.

En la lumbrera XI colocar dos bombas movidas cada una con un par de máquinas chicas de diez caballos.

En la lumbrera XIV, en la que estaba instalada una bomba movida por la máquina Compound fija, de veinticinco caballos nominales, reponer los engranes que se habían roto, por cuya causa se había suspendido el trabajo de esta lumbrera, é instalar otra bomba. El motor que debería moverla, sería el mismo que estaba en la XVI, y que con oportunidad se esperaba disponer en la XIV.

En la lumbrera XIII había ya una bomba instalada movida con dos locomóviles de diez caballos; instalación hecha por los Sres. Read & Campbell en la época de su contrato. En la misma lumbrera también se proyectó instalar una segunda bomba que se moviera con una locomóvil mediana de las de diez y seis caballos.

En las lumbreras XII y X se instalarían, en cada una, dos bombas con nuevas combinaciones de dos locomóviles de diez caballos.

De acuerdo con estas disposiciones, se procedió á preparar los

cimientos que se necesitaban en las lumbreras referidas, á reparar las máquinas en los talleres, y á pedir inmediatamente á Inglaterra diversas piezas de refacción que se necesitaban, sobre todo para las bombas.

*
* *

Retrocediendo un poco, debo hacer referencia á los temores que abrigaba la Junta Directiva, respecto á que las bombas de 16" de que ya se disponía, no bastaran á pesar de todo. Las aseveraciones que emanaban de la convicción que tenían los Sres. Read & Campbell, sobre la necesidad de pedir las bombas de 1000 galones, la inclinaban á pedir, cuando menos, dos instalaciones con esa capacidad, y el deseo de acertar mejor le sugirió la idea de llamar al ingeniero D. Andrés Aldasoro para que interviniera en el estudio de las instalaciones, y principalmente en la elección del tipo de bombas de 1000 galones que debieran pedirse.

El ingeniero Aldasoro efectivamente puso á disposición de la Junta los excelentes conocimientos que posee en ese ramo, y mucho cooperó al arreglo de las instalaciones á que he hecho referencia.

En cuanto al pedido de nuevas bombas, era partidario de las bombas Rittinger, y fué esa su elección; pero con la idea de ilustrar mejor su juicio, se dirigió á diversas fábricas de Europa con datos especiales pidiendo proyectos, y con ellos á la vista poder decidir por alguno. Se disponía también de proyectos semejantes que los Sres. Read & Campbell habían obtenido directamente de varias fábricas.

Los pedidos quedaron sin efecto, y las mismas instalaciones de la XV á la X hubieron de modificarse mucho. El avance de las galerías, supuesto en 40^m por mes, según el parecer de los Sres. Read & Campbell, resultó desde los primeros meses doble cuando menos, y más tarde llegó á ser de 150^m: por otra parte, el agua no aumentó en la proporción que se suponía.

Las instalaciones que estaban proyectadas en ambos supuestos tuvieron que sufrir cambios.

En la lumbrera XV, las obras hechas para instalar la segunda bomba no se aprovecharon, porque no fué necesario.

En la lumbrera XII, apenas acababa de montarse la primera de las bombas, cuando llegó allí la galería, y aunque á pesar de ello

se continuó la instalación hasta colocar la segunda bomba, no respondió ya al objeto con que se proyectó.

En la lumbrera X se estableció sólo una bomba, y no dos como se había proyectado, siendo esto debido á modificación que promovieron los Sres. Read & Campbell. Pero esa sola bomba en la X no bastó, y tuvo que suspenderse el trabajo de los frentes de galería para continuarlos más tarde, después de que se comunicasen con ellas la frente del Norte de la lumbrera núm. IX.

En el registro gráfico, á que antes me he referido, se encuentra indicada la marcha que hubo en los trabajos, tanto de túnel como de galería, durante el período del contrato de administración con los Sres. Read & Campbell, y en los anteriores en que los mismos habían trabajado en la obra por su cuenta.

Me falta decir que las dos máquinas que sirvieron en la lumbrera XIV, fueron trasladadas á las lumbreras VIII y VII. La máquina Compound fija lo fué á la VIII para mover dos bombas de 16", ésta fué montada de nuevo con bastante perfección y habilidad, habiéndose repuesto el engrane de transmisión, que era débil, con otro que tenía ya la suficiente resistencia.

La locomóvil de veinte caballos, también sistema Compound, se estableció en la lumbrera VII aplicada á una bomba de 16".

Una y otra de estas instalaciones bastaron con exceso para su objeto.

La VIII por el pronto funcionó, tanto para terminar el pequeño tramo de túnel que había allí pendiente, como para continuar la frente del Norte de la IX hasta comunicarla con la X, frente que hubo que suspenderse porque el agua aumentaba y las bombas de la IX no podían dominarla, ni auxiliadas como estaban por otra bomba de acción directa.

*
* *

No será por demás hacer una reseña acerca de los métodos empleados en la construcción del túnel, siguiendo el sistema que se adoptó definitivamente, sobre todo, cuando después de rescindido el contrato de los Sres. Read & Campbell, se entró de lleno bajo la administración de la Junta, hasta la conclusión del túnel.

Queda dicho que la operación principal consistía en hacer avanzar la galería del fondo como obra preparatoria, y principalmente

de desagüe. Ya en Febrero de 1892, principio del contrato de administración, se tenían próximamente tres kilómetros de túnel hechos en el Norte, comunicados con el extremo abierto, lo cual constituía una excelente salida para el agua. En lo sucesivo la galería preparatoria fué impulsada de una lumbrera á la siguiente, siguiendo la regla de no intentar ninguna otra obra en el mismo tramo, porque se había hallado que detenían más ó menos el progreso de la galería. Tan luego como dos lumbreras estaban comunicadas, se establecían frentes de túnel entre ellas, teniendo cuidado de no detener el curso del agua, y así expeditar el avance de la galería para comunicarla con la próxima lumbrera del Sur.

En orden al túnel, para obtener un progreso rápido, se necesitaba multiplicar las frentes, y esto se conseguía por medio de secciones intermedias entre las lumbreras; de esta manera, como dos frentes partían de los dos tiros contiguos, se elegía entre ellas un punto conveniente que servía de punto de partida de dos frentes intermedias, y por este medio se obtuvo la multiplicación de los puntos de ataque del túnel. (Lámina núm. 11.)

El número de intermedios dependía de las circunstancias y de la naturaleza del terreno; por ejemplo, entre las lumbreras XIV y VIII, sólo se aprovechó un intermedio; entre la XIV y XV, dos; entre la XV y XVI tres, etc., según puede verse en el registro gráfico. No obstante que estos intermedios permitían acelerar el túnel, se observó luego, sin embargo, que era conveniente no exceder de dos intermedios entre dos lumbreras. Como cada frente permitía hacer de veinte á veinticinco metros de túnel por mes, la multiplicación de estas frentes, por medio de los intermedios, dió por resultado que pudiera unirse el túnel entre dos lumbreras en un período de tres meses.

Además, cuando era consistente el terreno, en cada frente podían atacarse dobles tramos de túnel, aumentando así la rapidez de la construcción.

No solamente en el Norte, donde se disponía de la galería general, se aceleraba el trabajo del túnel; al Sur también, en puntos aislados donde el agua podía dominarse con las bombas, se atacaban el túnel y galería vigorosamente.

Materiales.—Los que se emplearon en la construcción del túnel fueron los siguientes:

En la bóveda: ladrillo, con dimensiones de $0^m24 \times 0^m12 \times 0^m06$, teniendo una resistencia de 300 kilos por centímetro cuadrado, experimentando la pieza entera en la prensa, y sobre 100 kilos solamente cuando se experimentaba en cubos labrados de 0^m05 por lado. La absorción de agua era de 20 á 23%.

En la cubeta: dovelas de betón comprimido hechas con cuatro partes de arena y una de cemento. Estos dos materiales se mezclaban primero en un aparato rotatorio, y la mezcla humedecida se apisonaba á mano en moldes para producir dovelas, de la forma y dimensiones apropiadas á los arcos que concurrían á formar las paredes y fondo. Se tenía cuidado de que las capas de mezcla no fuesen demasiado gruesas, á fin de obtener por medio del pisón una compresión uniforme. Los pisonos eran de fierro.

Mortero.—Comunmente consistía en una mezcla de cal, arena y polvo de tezontle en partes iguales, y en casos extraordinarios se usó el cemento. La cal era de muy buena calidad y ligeramente hidráulica, con un peso de 640 kilos por metro cúbico. La piedra para fabricar la cal procedía de una cantera labrada en un banco de toba caliza, que se encuentra en el trayecto del canal de desemboque del túnel, y que fué necesario cortar para el paso de este canal. El tezontle, nombre azteca con que es conocida vulgarmente la lava andesítica muy esponjosa.

La arena era bastante limpia naturalmente y sus granos esquinados.

La mezcla y batido de los morteros se hizo en molinos semejantes á los chilenos. Los ingredientes del mortero se depositaban primero en lechos que se alternaban, midiendo cada uno un espesor como de 0^m10 , con los cuales se formaba un banco de 1^m50 á 2^m de altura, protegido contra la intemperie bajo un tejado. A la vez que se depositaban los lechos de cal, arena y tezontle, se humedecían con agua regada y se conservaban por el mayor número de días posible, que no excedían de 10 á 15. La mezcla así preparada pasaba á los molinos, agregándole agua para formar la pasta. Este mortero fraguaba lentamente, lo cual permitía conservarlo un poco de tiempo antes de usarse, sin perjudicar sus cualidades.

El mortero de cemento se hacía con una parte de cemento Portland y tres de arena mezcladas á mano. Se usó solamente en casos especiales. En lugares inundados el movimiento del agua arrastra-