

TUNEL DE CAVILOLEN

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA CONSTRUCCION

Exposicion jeneral.—La via férrea de los Vilos a Illapel i Salamanca, al llegar a la cordillera de la costa, atraviesa el cordon de «Cavilolen» por un túnel de 1 606 22 m de largo, que lleva el nombre del cerro, para entrar a la hacienda de «Las Cañas», situada en el valle del rio Choapa.

Ese túnel, distante 33 430⁷⁸ km de los Vilos, penetra en la montaña a la altitud de 488 61 m sobre el nivel del mar; sube en 1 461 69 m con una gradiente de 25 mm por metro, i sigue en 144,62 m con una curva vertical de 10 000 m de radio, para desembocar a la altitud de 527 73 m, siendo por lo tanto 39 12 m la diferencia de nivel entre las bocas.

Fué preciso dar al túnel esa gradiente algo fuerte, a causa de la notable diferencia de niveles en que se encuentran los valles de «Cavilolen» i de «Las Cañas».

La altitud de la cumbre del cerro, sobre el eje del túnel, es de 773,75 m, lo que da al macizo un espesor de 267,65 m sobre el túnel.

La entrada del túnel, o boca Sur, está situada por 31° 46' 48" de latitud i 71° 29' 16" de longitud Oeste (Greenwich), siendo el rumbo magnético del túnel 18° 27' 40" al Este.

Descripcion jeneral de la construccion.—Los trabajos preliminares se iniciaron en el mes de Marzo del año 1892, siendo contratistas los señores Peroglio, Garneró, Sotovia & C.^a, por la perforacion por la boca Sur, de una galería de avance de 2 m de ancho por 2 m de altura, haciéndose el trabajo a mano.

A mediados del mes de Julio siguiente, agotados los fondos consultados para la construccion del ferrocarril de Vilos a Illapel i Salamanca, quedaron paralizados los trabajos del túnel con los demas de la línea.

Durante los cuatro i medio meses de trabajo habíanse perforado 135 m lineales de galería, con un cubo total de 540 m³.

A principios del mes de Agosto, estando paralizados los trabajos de construccion, el ingeniero don Enrique Labatut, procedió a la instalacion, en la boca Sur, de un grupo de dos máquinas compresoras, las que se habian usado para la perforacion del túnel de «Palos Quemados», en la línea de Calera a Ligua.

La instalacion de dichas máquinas quedó terminada a fines del mes de Octubre siguiente.

En el mes de Febrero de 1893, habiéndose celebrado un nuevo contrato con los mismos señores P. G. Sottovia & C.^a, para la perforacion del túnel, se reanudaron los trabajos, usándose las máquinas perforadoras. En ese mismo mes llegó el infrascrito a hacerse cargo de los trabajos.

El 15 de Julio del mismo año, la Direccion de Obras Públicas ordenó la paralización de los trabajos, por haberse agotado los fondos consultados.

En virtud de esa orden, los contratistas tuvieron que licenciar el personal que tenian empleado.

Con fecha 11 de Setiembre siguiente, llegó la orden de proseguir la construccion; pero, por falta de operarios, sólo pudieron iniciarse los trabajos el dia 19, con personal reducido i poco al corriente del trabajo, teniendo que hacerse la perforacion a mano.

Sólo un mes mas tarde, estuvieron las cuadrillas reorganizadas i pudieron usarse las perforadoras.

En el mes de Setiembre se inició la construccion de revestimientos de albañilería en las partes donde la poca firmeza del terreno ofrecia peligros de derrumbamientos; los revestimientos tuvieron que ejecutarse, mas tarde, en toda la estension del túnel.

A mediados del año 1894, la Direccion de Obras Públicas resolvió iniciar la construccion del túnel por la boca Norte, i en 22 de Agosto, se firmó con los mismos contratistas el contrato para la ejecucion de los trabajos, como tambien un contrato especial para la instalacion de máquinas compresoras en la boca Norte; esa instalacion quedó terminada en el mes de Enero de 1895.

Entre tanto, el infrascrito llevó a cabo los trabajos de triangulacion i nivelacion necesarios para fijar exactamente el largo del túnel i poder empezar la perforacion por la boca Norte. Tambien se presentó á la aprobacion de la Direccion de Obras Públicas, los proyectos de las bocas Sur i Norte.

Los cálculos arrojaron una longitud de 1 530,32 m para la parte perforada, i la de 1 606,22 para la distancia entre ámbas bocas.

Los trabajos de perforacion por la boca Norte, se iniciaron a mano en el mes de Noviembre de 1894, i con máquinas perforadoras en Febrero de 1895, haciéndose al mismo tiempo los revestimientos de la boca Norte.

La perforacion siguió sin interrupcion por ámbas bocas hasta el 21 de Noviembre de 1895, dia en que, a las 7 15 P. M., se hizo estallar la última perforacion que puso en comunicacion las galerías de avance, a una distancia de 1 164,67 m de la boca Sur.

No hablaré del entusiasmo indescriptible de todos los operarios que, durante tres años, trabajaban dia i noche atacando la masa granítica, en medio de una atmósfera a veces sofocante i casi irrespirable.

Estraídos los escombros, procedió el infrascrito a hacer las comprobaciones a fin de fijar las diferencias que probablemente debían de existir, tanto en el largo como en el nivel.

Esa comprobación dió los resultados siguientes:

1.º *Dirección*.—Los seis hilos a plomo, colocados tres a cada lado, una semana antes de la ruptura, resultaron en línea recta sin que se pudiera notar diferencia apreciable.

2.º *Longitud*.—Medida cuidadosamente la distancia entre las estacas de fierro extremas, dió un largo de 28,10 m en vez de 28,11 m que indicaba el perfil longitudinal; resultando, pues, solo 1 cm de diferencia entre el largo indicado por la triangulación i el largo medido en el interior del túnel.

3.º *Nivelación*.—La diferencia de nivel que debía existir entre las estacas de fierro antes citadas, era de 0,980 m, i se encontró en realidad 1,006 m, por lo que resultó en la nivelación un error de 26 mm.

El resultado fué, pues, por demás satisfactorio:

En esa fecha, el ensanche estaba terminado en una longitud de 1 200,40 m, correspondiendo 1 111,70 m al lado Sur, i 88,70 m al lado Norte; los revestimientos de albañilería estaban ejecutados en una extensión de 1,024,80 m.

Después de algunos días de descanso, continuaron los trabajos de ensanche i de revestimiento.

La escavación quedó enteramente terminada el día 9 de Mayo de 1896; los revestimientos i muros guarda-lastre se concluyeron con fecha 5 de Octubre del mismo año, con lo que se dió término a los trabajos de construcción del túnel, contratados con los señores Peroglio, Garnero, Sottovia & C.^a, habiéndose ejecutado la enrielladura i colocado el lastre algunos meses después, por el contratista de los trabajos del ferrocarril.

Ejecución de los trabajos.—1.º *Perforación a mano*.—La perforación de la galería de avance de 2 × 2 m, que se ejecutó en el año 1892, en un largo de 135 m, se hizo a mano, por tres cuadrillas trabajando ocho horas cada una.

Cada cuadrilla se componía de un cabo, cuatro mineros, dos peones para el transporte de los desmontes al depósito, acarreo del agua, barrenos, etc. Dos herreros con sus oficiales, trabajando 12 horas cada uno, componían las herramientas.

Los 135 m corridos de galería se hicieron en 146 días de trabajo efectivo, de modo que el avance diario medio fué de 0 924 m, lo que da un cubo de 3 370 m³.

Se ejecutaron también a mano 31,20 m de galería de 2,50 por 2,50 m, i 20,60 m de ensanche por la boca norte, hasta que se terminó la instalación de las máquinas compresoras.

Finalmente, durante la perforación a máquina, la mayor parte de la banquina se perforó a mano, como también parte de la strauseta, i los pequeños tiros para la afinadura de las paredes.

2.º *Perforación a máquina*.—La maquinaria instalada en la boca sur en el año 1892 comprendía dos grupos de máquinas compresoras con sus calderos para el aire comprimido, cañerías de 4", etc., pudiendo trabajar sea juntas, sea separadamente. Ca-

da grupo estaba accionado por una máquina horizontal de unos 15 caballos vapor de fuerza, i el aire comprimido llegaba a un caldero cilíndrico de 9 000 litros de capacidad, repartiéndose en seguida a las perforadoras por medio de una cañería de fierro fundido de 4" de diámetro prolongada por mangueras de goma de 2". Sólo cuatro perforadoras podían trabajar a la vez en buenas condiciones, funcionando una sola compresora.

Dos grupos iguales se instalaron en la boca norte, como hemos dicho anteriormente, a fines del año 1894.

Esas máquinas marca «Atlas Engine Work». = Henry Front. — Indianapolis. — U. S., aunque de un poder algo deficiente, prestaron muy buenos servicios i han trabajado más de tres años, en la boca sur, sin sufrir sino descomposturas de poca importancia, gracias es verdad, al cuidado que se ha tenido con ellas.

Durante el primer año se empleó carbon de piedra para caldear las calderas; pero siendo algo costoso el uso de dicho combustible, i principalmente a causa de las dificultades de acarreo desde Los Vilos hasta la boca del túnel, los contratistas se resolvieron a usar leña, comprada tanto en la hacienda de «Las Vacas» como en la de «Las Cañas». El resultado fué satisfactorio en todo concepto, i desde el año 1895 se abandonó el empleo del carbon.

La cantidad de combustible gastado para la construcción del túnel fué la siguiente:

Carbon de piedra.....	710 658	Toneladas
Leña (espino i quillai).....	6 748,848	»

En el mes de Febrero de 1893 se inició el trabajo a máquina por la boca sur, ensanchándose la galería ejecutada a mano anteriormente, i con fecha 17 de Marzo se continuó la galería de avance.

Las columnas-gatas en que se fijaron las perforadoras teniendo más de dos m de largo, fué preciso dar a la galería una sección de 2,50 x 2,50 m.

El método empleado para la perforación fué el llamado «belga», que es el que presenta mayores facilidades en terrenos de regular dureza.

La cuneta o straus (ver calco anexo), en la que se colocó la vía provisional de 1,00 de trocha, llevando wagoes que podían trasportar dos i medio m³ de desmontes, seguía al frente de la galería a una distancia de 30 a 40 m.

El acarreo de los desmontes de la galería se hizo en carretillas hasta la cuneta, donde se vaciaban directamente en los carros.

La tracción de dichos carros se hizo, de vuelta del botadero, por medio de caballos que se mudaban en cada uno de los desvíos colocados a 450 m uno de otro, a fin de permitir el cruzamiento de trenes.

La mayor parte de los desmontes del túnel se emplearon en la construcción de los terraplenes de acceso; la distancia menor de transporte fué de 950 m por la boca sur i de 500 m por la boca norte.

Sólo por memoria hablaré de la locomotora «Juan E. Muxica» que se trajo en 1895, pero que con su poco poder i mal estado no pudo prestar servicios.

En la boca norte, i a causa de la gradiente de la línea, se colocó una línea Decauville de 0,50 m de trocha con carros de $\frac{1}{2}$ m de capacidad; en esta boca el trabajo se hizo con dificultades por las muchas filtraciones encontradas i por la dificultad de agotarlas.

Cada perforacion de la galería de avance se componia, segun la naturaleza del terreno, de 10 a 16 tiros de 1,50 m de hondura media, hechos con barrenos de $1\frac{1}{4}$ de diámetro, trabajando a la vez dos perforadoras en la frente.

El tiempo necesario para terminar cada perforacion mui variable: algunas se concluyeron en 7 horas i otras demandaron hasta 22 horas de trabajo constante.

La perforacion del túnel se hizo casi en su totalidad empleando dinamita como explosivo; sólo se usó pólvora para la afinadura de las paredes.

La dinamita empleada fué, en su mayor parte, dinamita «Nobel», que resultó de mui buena calidad. Una partida de 300 cajones llegada de San Francisco de California, i cuya marca no tengo presente, resultó mui inferior a la precedente, no tanto por su poder explosivo como por los gases nocivos desarrollados por la explosion, los que incomodaron de tal modo a los trabajadores que fué preciso usarla sólo una vez que se comunicaron las galerías i que la ventilacion fué mui activa.

Para la construccion del túnel se usaron en todo:

2 100 cajones de dinamita.

66 500 fulminantes.

148 qq pólvora para mina.

11 162 rollos guías para mina.

Para el alumbrado se usaron lámparas de minero con aceite de nabo; cada lámpara alumbraba durante doce horas con un gasto de 0,33 litros de aceite.

La duracion de los trabajos de perforacion se indica en los cuadros siguientes:

PERFORACION POR LA BOCA SUR

GALERÍA DE AVANCE (SIN CONTAR LO HECHO EN 1892) DE 2,5 x 2,5				ENSANCHE (SECCIONES VARIABLES)			
Años	Días trabajados	Largo ejecutado	Avance medio	Años	Días trabajados	Largo ejecutado	Avance medio diario
1893.....	148	205 50	1 388	1893.....	251	314 20	1 252
1894.....	329	440 20	1 338	1894.....	329	411 30	1 250
1895.....	294	383 97	1 306	1895.....	330	426 70	1 293
1896.....	.....	.....	.....	1896.....	117	156 47	1 337
TOTAL..	771	1 029 67	1 335	TOTAL..	1 027	1 308 67	1 274

PERFORACION POR LA BOCA NORTE

1894.....	13	22 50	1 730	1894.....	13	11 20	0 861
1895.....	294	343 15	1 167	1895... ..	330	97 20	0 294
1896.....	.....	.....	.....	1896.....	117	113 25	0 968
TOTAL..	307	365 65	1 191	TOTAL..	460	221 65	0 482

El mayor largo de galería de avance ejecutado en un mes lo fué en el mes de Mayo de 1894 en que se perforaron 46,60 m de galería en 28 dias de trabajo efectivo, lo que dió un avance diario medio de 1,664 m.

	Galería de avance	Ensanche
Mayor largo de perforacion hecha en un dia..	2 225 m	1 874 m

PERFORACION COMPLETA DEL TÚNEL

	Años	Dias trabajados	Lonjitud de perforacion	Avance diario medio
Por la boca sur.....	1892.....	146	.....	.....
	1893.....	251	.....	.....
	1894.....	329	.....	.....
Por ámbas bocas.....	1894.....	13	.....	.....
	1895.....	330	.....	.....
	1896.....	117	.....	.....
TOTALES.....	.....	1 186	m 1 530 32	m 1 290

El cubo de escavacion pagado al contratista, fué el siguiente:

Parte con revestimiento de

0,50 m de espesor.....	1428,22 m con seccion de 26 28 m ² = 37533,62 m ³
0,80 m de espesor.....	52,10 m con seccion de 30 68 m = 1598,43 m ³
1,00 m con radier.....	50,00 m con seccion de 42 275 = 2113,73 m ³
Nichos de refujio.....	16,00 m con seccion de 2 26 m ² = 36,16 m ³
	Cubo total pagado..... = 41281 94 m ³

En realidad, el cubo realmente estraido alcanzó a 47295 m³, incluyendo derrumbes i excesos de seccion que no se pagaron a los contratistas.

El personal que se empleó para la perforacion, en la boca sur, fué el siguiente:

Personal ocupado	Empleos	Número de trabajadores
Conduccion i compostura de los máquinas compresoras i perforadoras...	{ 3 jefes..... 2 fogoneros..... 2 oficiales..... }	7
Maestranza.....	{ 2 herreros..... 1 carpintero..... 3 oficiales..... }	6
Perforacion con perforadoras.....	{ 2 cabos mecánicos..... 14 mecánicos..... 8 oficiales..... }	24
En la perforacion a mano.....	{ 4 cabos mineros..... 3 cuadrillas de 14 cada una.... 3 oficiales..... }	49
Carga i trasporte de los desmontes i varios.....	{ 3 cuadrillas de 12 cada una.... 3 cuadrillas de 4 cada una.... }	48
Acarreo de combustible.....	{ 3 arrieros..... }	3
TOTAL.....		137

En los trabajos de perforacion por la boca norte, el promedio de trabajadores i operarios fué de 68 hombres.

La verificacion i direccion del eje, nivelacion de la razante, etc., se hicieron mensualmente aprovechando el domingo del pago de los trabajadores; pues, paralizándose el trabajo el dia sábado en la tarde, la atmósfera en el interior del túnel estaba bastante clara para permitir ejecutar esos trabajos.

La direccion se daba por tres estacas colocadas en la bóveda de la galería a una distancia de 8 a 10 metros una de otra; tres hilos a plomo colgando de esas estacas permitian seguir la galería de avance durante el mes siguiente con la mayor precision. Estando tambien niveladas esas estacas, se determinaba la altura de la parte en ejecucion con un nivel de agua:

En la parte ya ensanchada, se colocaron estacas de fierro en la razante, perfectamente medidas a 40 m de distancia i niveladas, las que sirvieron para la ejecucion de los revestimientos.

Naturaleza del terreno.—El terreno encontrado se compone, en su mayor parte, de roca granítica bastante dura pero mui dividida, siendo en jeneral formada de bancos mui inclinados, desde 0,20 m hasta 4,00 m de espesor i separados por una capita de arcilla sumamente delgada que, espuesta algun tiempo al aire húmedo, se hinchaba provocando así deslizamientos i derrumbes de consideracion.

Por ese motivo fué preciso construir revestimientos de albañilería en toda la estension del túnel.

En ciertas partes, cuya ubicacion i lonjitud están indicadas en el perfil lonjitudinal adjunto, la roca estaba enteramente descompuesta i mui mezclada con arcilla, por lo que fué preciso enmaderar la escavacion i aumentar el espesor del revestimiento.

La falla mas notable se encontró en km 34,030; de un espesor de 17 m i mui oblicua con relacion al eje del túnel, se componia esclusivamente de jaboncillo (marne verte schisteure) sumamente blando.

La primera enmaderacion que se habia colocado en esa parte i que debia permitir ejecutar revestimientos de 0,80 m de espesor, no resistió.

Estando presente el infrascrito, esta enmaderacion, hecha con piezas de pino de $0,20 \times 0,20$ i tablones de roble de 2 pulgadas de espesor, se corrió de 0,35 m i se rompió en un largo de 7 m.

Fué preciso, pues, colocar otra enmaderacion mas resistente i de dimension tal que permitiera ejecutar revestimientos de 1 m de espesor.

El revestimiento se construyó a medida del avance del ensanche por trechos de 3 m de largo, empezándose por la bóveda i ejecutándose un radier cóncavo de 0,50 m de espesor. Esta parte peligrosa exigió, para salvarle, grandes sacrificios i un trabajo constante de tres meses.

Las filtraciones fueron en ciertos puntos bastante abundantes, principalmente en los km 34 010, 34 530 i 34 780.

Muestras de las distintas clases de terrenos con su ubicacion, fueron enviadas a la Direccion de Obras Públicas.

BOCAS I REVESTIMIENTOS

Datos jenerales.—En vista de las condiciones de los accesos al túnel, situados en quebradas de cierta importancia, las bocas se prolongaron fuera del socavon: de 10 m la boca sur i de 65 90 m la boca norte, conforme a los proyectos remitidos a la Direccion de Obras Públicas.

Encima de dichas bocas se hizo un relleno de tierra apisonada de espesor variable con un revestimiento de piedra en seco en forma de cuneta para el escurrimiento de las aguas lluvias que bajan de las quebradas.

El tipo jeneral del proyecto del túnel consultaba revestimientos de 0,50 m de espesor, los que se ejecutaron primeramente en las partes donde el terreno no ofrecia todas las garantías de seguridad. Hemos visto anteriormente que, mas tarde, tuvieron que ejecutarse los revestimientos en la estension total del túnel.

En dos partes distintas (ver perfil adjunto) se ejecutaron revestimientos de 0,80 m de espesor en un largo total de 50,10 m; i finalmente, en km 34 050, los revestimientos se hicieron de un metro de espesor, con radier de 0,50 m de espesor.

Los trabajos de albañilería, comprendiendo los revestimientos tanto interiores como exteriores, bocas, muros guarda-lastre, etc, se iniciaron en Setiembre de 1893 i quedaron terminados el 27 de Octubre de 1896. Se trabajó en ellos durante 950 dias hábiles; lo que, en un largo total de 1 606,22 m, da un promedio diario de 1,69 m corrido de albañilerías ejecutadas.

El personal que se ocupó en los trabajos de albañilería fué el siguiente:

Designacion i ocupacion de los trabajadores	Núm. de trabajadores
Jefes albañiles.....	2
Albañiles i emboquilladores.....	8
Canteros para debastadura de la piedra.....	2
Mezcleros.....	2
Oficiales de albañiles.....	15
Peones ocupados en trasportar piedras.....	6
Id. id. id. mezcla i arena.....	9
TOTAL.....	44

Cinco caballos para traccion de los carros.

(Continuará)

