

Túnel del Simplon entre Suiza e Italia

(Resumido de los diversos números de la Revista Jeneral de Ferrocarriles de 1896 a 1906)

POR

ELEAZAR LEZAETA A.

Con motivo del gran túnel de 9 kilómetros, que se consulta en una de las propuestas presentadas últimamente para la aduccion de agua potable para Santiago, de la Laguna Negra, ha estado en estos dias en el tapete de la discusion lo relativo a esta clase de obras. Por esto he creido que puede tener algun interes para los colegas dar una descripcion suscinta de los trabajos llevados a cabo en el túnel mas largo del mundo, el del Simplon, i en el que, conjuntamente con el de Loetschberg, se ha bati-do el *record* mundial en lo relativo al avance de la perforacion.

Proyecto

El 22 de Enero de 1853, un grupo de financistas i contratistas franceses obtuvieron del Gobierno suizo la concesion de un ferrocarril, que partia del lago Léman para subir por el valle del Ródano i atravesar los Alpes en el Simplon.

Un estudio detallado de la naturaleza del terreno fué pedido a los jeólogos de Francia, Suiza e Italia, que mejor conocian los Alpes.

Despues de haber confeccionado varios proyectos, se decidió la construccion de acuerdo con uno confeccionado en 1893, para un túnel de simple vía, de 19 731 m de largo.

La orijinalidad de este proyecto consistia en el sistema de construccion, que preveia una galeria secundaria paralela a la principal i a 17 metros de distancia de ella, destinada al escurrimiento de las aguas, i a llevar el aire i agua fria bajo presion. Es al agua comprimida hasta 100 atmósferas que se recurriria para ventilar i refrescar las faenas de ataque i para accionar las perforadores.

La galería auxiliar podría ser ensanchada, cuando se quisiera, transformando el túnel en de doble vía.

Con las perforadoras Brandt, que han obtenido en el Arlberg i en el Cáucaso avances de 5,60 m a 7,38 m en 24 horas, se pensaba concluir el túnel en ménos de 6 años.

En fin, gracias a los potentes medios de enfriamiento i de ventilacion, la temperatura interior no pasaria de 25°, miéntras que la de 31° del San Gotardo fué causa de muchas enfermedades.

La altura de la montaña sobre el nivel del mar es de 2 840 m, i el largo del túnel 19 731 m.

La boca Norte (Suiza Brig) está a la cota 687,19 m, el punto culminante a 705,30 m i la boca Sur (Italia-Iselle) a la cota 633,75 sobre el nivel del mar. La diferencia de altura entre las bocas es, pues, de 53.44 m.

El espesor medio de la montaña, sobre el eje del túnel, es de 1 140 m i el espesor máximo, en el medio, de 2 135 m.

La pendiente por el lado Norte es 2.8°, indispensables para el escurrimiento de las aguas, i la pendiente del lado sur de 7.8°.

Si se admite, como en el San Gotardo, un grado de aumento de temperatura por cada 44 m de profundidad, el calor interior alcanzaria a 40°. En las faenas del túnel será reducida considerablemente por medio de una ventilacion enérgica i con la ayuda de agua fría pulverizada bajo una alta presion. Se ha previsto hasta 50 m³ de aire por segundo, miéntras que en el San Gotardo no se disponia sino de 2 m³.

Se contó emplear para la perforacion, ventilacion, alumbrado etc. 800 caballos por el lado sur.

En lugar de un túnel de doble via se construirán dos de simple via, distantes 17 m de eje a eje.

Desde el principio de los trabajos, se perforará por cada lado de la montaña dos galerías de avance paralelas, que irán unidas cada 200 m por galerías transversales. La galería de base del túnel I, será agrandada, segun la seccion completa del subterráneo, miéntras que la II, por ahora nó.

La galería II, de 8 m² de seccion, servirá de canal de ventilacion, cerrando sus puertas e introduciendo aire por medio de potentes ventiladores. Las galerías transversales se cerrarán, a escepcion de las mas cercanas al fronton, por los cuales penetrará el aire a la galería I atravesando todas las faenas para salir por la boca de esa galería.

Todas las aguas del túnel saldrán por un canal que va a lo largo de la galería II.

Las cañerías de agua tambien van colocadas en la galería II, quedando libres de accidentes.

Los carros entrarán por esta galería II para salir por la I, lo que es de gran importancia.

Toda reparacion que haya que efectuar en la galería I se hará con facilidad por la II.

Las galerías I i II han sido abiertas simultáneamente por medio de perforadoras hidráulicas de rotacion Brandt. En cada ataque trabajaron 3 a 4 perforadoras, a las cuales el agua motriz era proporcionada por dos cañerías de 100 mm de diámetro.

Para la primera mitad del lado norte (esquisto) se previó una presion de 70 atmósferas; para la segunda mitad del lado norte i para el lado sur (gneiss) la presion fué de 100 atmósferas.

Fuera de las 6 u 8 perforadoras para las galerías de avance de base, se previó a cada lado 4 máquinas para los ensanches i galerías transversales. Las 12 máquinas consumian 18 litros de agua motriz por segundo, a una presion de 70 a 100 atmósferas.

La ventilacion hecha, como hemos indicado por la galería II, pasando por las galerías transversales del túnel I, ha tenido por objeto proveer a las faenas de aire puro i refrescar la roca.

Se previó un máximo de 50 m³ de aire por segundo.

Presupuesto

1.º Para las instalaciones de las dos bocas, toma i conduccion de aguas, máquinas, ventiladores, compresoras, dinamos, locomotoras, carros, alumbrado eléctrico, etc.....	Fr. 7 000 000
2.º Para el túnel; con doble via al medio, lastre, colocacion de la via, galería de avance II i galerías transversales.....	47 500 000
3.º Espropiaciones.....	310 000
4.º Línea de acceso N. comprendida la estacion de Brig.....	1 900 000
5.º Rectificacion del Ródano.....	220 000
6.º Material de la vía para el túnel.....	640 000
7.º Gastos jenerales	1 250 000
Total.....	Fr. 58 820 000
Suponiendo hechos los dos túneles de simple via.....	Fr. 75 000 000

Iniciacion de los trabajos

Los trabajos se comenzaron el 1.º de Agosto de 1898.

El túnel I i la galería de avance del II debian estar terminados en 5½ años. Por cada dia de atraso la Sociedad pagaria una multa de 500 francos diarios i recibiria una prima tambien de 500 francos por cada dia de adelanto.

Estado de ellos en 1899

No estando terminadas en 1899 las intalaciones de las máquinas eléctricas, se atacaron los trabajos por medio de perforadoras accionadas por máquinas a vapor.

A fines de Junio de 1899 los avances eran:

Galería lado Brig N...	1 293 m
» » Iselle S.....	695 »

El avance medio diario fué:

Por el lado Norte en capas de yeso i anhidrite..	4,70 m
« » » Sur en gneiss mui duro	4,36 »

Habia 12 perforadoras en servicio i 2 600 hombres en los diversos trabajos.

Por el lado Norte la derivacion del Ródano, de 2 300 m de largo, se hizo de cemento armado para un canal a cielo descubierto i la cañería forzada se construyó de palastro de fierro de 1,60 m de diámetro. El gasto era de 5 m³ por segundo i la caída útil de 44,50 m, con la que se tenia una fuerza disponible de 2 225 caballos.

En la derivacion del Diveria, por el lado sur, la cañería de fierro tenia 0,90 m de diámetro. La toma de agua de 1 m³ como mínimo, i 1,40 m³ en aguas medias, con una caída de 158 i 139 m, daba 1 475 a 1 855 caballos.

Por el lado Norte la direccion del túnel fué determinada por dos puntos de mira colocados de 500 a 600 m adelante i atras del observatorio.

Por el lado Sur, a causa de lo estrecho que es el valle del Diveria, los puntos de mira sólo quedaron a 75 i 114 m atras del observatorio.

En cada observatorio se encontraba un anteojo de 0,60 m de largo, con objetivo de 0,06 m, dando un aumento de 40 veces,

Avance en 1900

A fines de Febrero de 1900 el avance de los trabajos era el siguiente:

Galería lado N. Brig	2 593 m
» » S. Iselle	1 838 »

I el avance mensual respectivamente:

Lado N. Brig ...	132 m
« S. Iselle.....	122 »

lo que corresponde a un avance diario de la perforación mecánica por cada boca de:

Lado N. Brig en esquisto calcáreo.....	4,71 m
» S. Iselle en gneiss duro.....	4,36 »

Estado del trabajo en 1901

El estado de los trabajos a fines de Marzo de 1901 era el siguiente:

	Lado Norte Brig	Lado Sur Iselle
Galería inferior túnel I.....	4 693	3 610
Galería túnel II.....	4 596	3 633
Galería superior túnel I.....	3 960	2 800
Parte concluida.....	3 874	2 763
Cubo extraído.....	190 110	138 671
Largo del revestimiento.....	3 546	2 475
Cubo de albañilería.....	35 737	24 972

El término medio del avance diario en los tres meses últimos fué:

Galería inferior túnel I i galería II. Lado Norte Brig.....	6,00 m
Galerías correspondientes. Lado S. Iselle.....	5,90 m i 5,60 m

La mayor parte en el lado Norte en una calcárea gris siliciosa, que alternaba con hojas de mica, filones de cuarzo i otros. Por el lado Sur continuó el gneiss de Antigorio.

La temperatura de la roca entre el km 4 i el 4,6 por el lado Norte varió entre 28° 4 i 30° 2; i por el lado Sur entre el km 3 i 3,4 entre 26° 8 i 31° 6.

El número total de operarios dentro i fuera del túnel en esta época fué de 3 344.

Estado del trabajo a fines de 1902 i en 1903

A fines de 1902 el estado de avance del túnel era el siguiente:

	N. Brig.	S. Iselle
Galería de avance I.....	8 469	5 859
Galería II.....	8 307	5 803
Ensanches i estroso.....	7 611	4 903
Revestimientos.....	6 428	4 647

En el mes de Enero de 1903 el avance diario medio, en la galería de avance fué:

Por el lado N. Brig. en esquisto micasquítico calcáreo i esquisto cuarcífero mui calcáreo.....	6,00 m
Por el lado S. Iséle, en gneiss esquistoso por capas horizontales.....	5,00 »

La temperatura de la roca, medida a 1.50 m de hondura en el fondo de los barrenos, fué:

Por el lado norte:

En el Km 8,003.....	52°,4	con temperatura del aire de	24°
» » » 8,289.....	53°,4	»	» » » 30°
» » » 8,402.....	53°,6	»	» » » 25°,5

Por el lado sur:

En el Km 5,200.....	29°
» » » 5,600.....	34°,6
» » » 5,800.....	35°,3

Se hacia un término medio diario de 66 m³ de albañilería.

El consumo medio de dinamita era de 1,88 a 2,05 Kgs por m³ de desmonte.

En el cuadro que sigue se indican el estado de los trabajos a fines de Junio de 1903.

	N. Brig.	S. Iséle
Galería de avance I.....	9 427	6 766
Galería II... ..	9 310	6 730
Revestimientos... ..	8 414	5 824

Durante el último trimestre el avance medio diario de las galerías de direccion, abiertas por medio de perforadores, fué:

Por el lado N. Brig. en esquisto micasquítico i gneiss esquistoso.....	7,52 m
Por el lado S. Iséle, en gneiss claro de grano fino i capas de micasquita con granos de cuarzo i gneiss.....	5,68 »

La temperatura en la roca fué, en el avance:

Por el lado norte:

En el Km 8,950.....	52°,5	con temperatura del aire de	29°
» » » 8,206.....	50°,8	» » » » »	27°
» » » 9,405.....	50	» » » » »	25°

Por el lado sur:

En el Km 6,2.....	37°,5
» » » 6,4.....	38°,5
» » » 6,6.....	38°,4

El número de operarios dentro i fuera del túnel era de 3 418.

Estado del trabajo en 1904

En Abril de 1904 el estado de los trabajos era el que sigue:

	N. Brig.	S. Isélle
Galería de avance I.....	10 293	8 358
Galería II.....	10 154	8 164
Revestimientos.....	9 416	7 121

Por el lado norte se reanudaron en Marzo los trabajos de la galería de avance paralizados desde Noviembre de 1903.

La temperatura media era:

	Brig.	Isélle
Al exterior.....	2°,25	2°,58
En la galería-avance.....	29°	27°,4
En las faenas de albañilería.....	27° a 31°,5	26° a 29°,5

El consumo medio de dinamita era en esta época de 1,12 a 1,24 Kgs por m³ de desmontes.

Se hacia de 9,46 a 10,80 m³ de albañilería por metro corrido de túnel.

Terminacion del trabajo

Las galerías de avance norte i sur del túnel del Simplon se juntaron el 23 de Febrero de 1905 a las 7 A. M.

Ha quedado el túnel con un largo total de 19,731 m, resultando, en consecuencia, el mas largo del mundo.

La construccion demoró $6\frac{1}{2}$ años en lugar de $5\frac{1}{2}$, que se habia fijado en el contrato.

Resultó, por consiguiente, un avance medio de 8,40 m diarios por las dos bocas juntas.

Las vertientes del túnel del Simplón

La apertura de este túnel tropezó con dificultades extraordinarias, entre otras la temperatura mui elevada i, sobre todo, la abundancia de vertientes de agua, que perturbaban la marcha de los trabajos de una manera imprevista.

En los cerca de 20 km de largo que tiene el túnel, se encontraron 237 vertientes, sea una cada 83 m. Miéntas por la boca Norte su número fué de 142 con un gasto de 350 litros por segundo, por el lado sur 95 vertientes daban un gasto de 1 500 litros por segundo.

Algunas se escurrian bajo una débil presion, miéntas que otras brotaban con una fuerza tal que las perforadoras aplicadas sobre la roca con una presion de 100 atmósferas eran lanzadas violentamente hácia atras.

La temperatura del agua variaba entre 10° i 48°.

En la seccion Norte en un largo de 10 km el agua que habia aparecido no pasaba de 200 litros por segundo, pero al atacar el último medio kilómetro, se encontraron las vertientes mas importantes, su temperatura se elevó considerablemente i el gasto de ellas fué mui grande. Pero no han sido las vertientes de este lado del túnel las que han retardado el trabajo.

Ha sido en la seccion Sur donde mas se ha tenido que sufrir por las aguas. Esta seccion de cerca de $9\frac{1}{2}$ km de largo, habia recorrido 4 km sin encontrar agua, cuando se llegó a cortar las vertientes que tanto debian influir en la marcha de la empresa. Para hacer 40 m de túnel en esta parte fué necesario emplear un año, gastando un millon de francos. En una estension de sólo 10 m se encontraron 20 vertientes, entre ellas las mas abundantes de todo el túnel.

En el medio, pues, del túnel fué donde se encontró la mayor cantidad de aguas calientes, precisamente donde los jeólogos encargados de estudiar la posibilidad de la apertura del túnel del Simplón, habian asegurado que era donde ménos habia que temer la existencia de vertientes.

Se tuvieron dificultades enormes e imprevistas, llegando a decirse que si se hubiera sospechado que se iba a tropezar con tales dificultades, no habria habido empresa que hubiera osado emprender la construccion de este túnel.

Basta pensar en las condiciones en que debian trabajar los obreros: bajo chorros de agua caliente, que brotaba en todos sentidos de las paredes de la galería, habia que perforar el terreno, hacer saltar las rocas i ejecutar las albañilerías. En una estension de 10 m, 100 litros por segundo de agua a 46° se escurria de las paredes, miéntras que no se disponia para refrescar el aire sino de 25 litros de agua por segundo a 16°, cuyo efecto era insignificante. Fué, renovando frecuentemente las cuadrillas, que al cabo de largos meses, se llegó a dar término a esta obra.

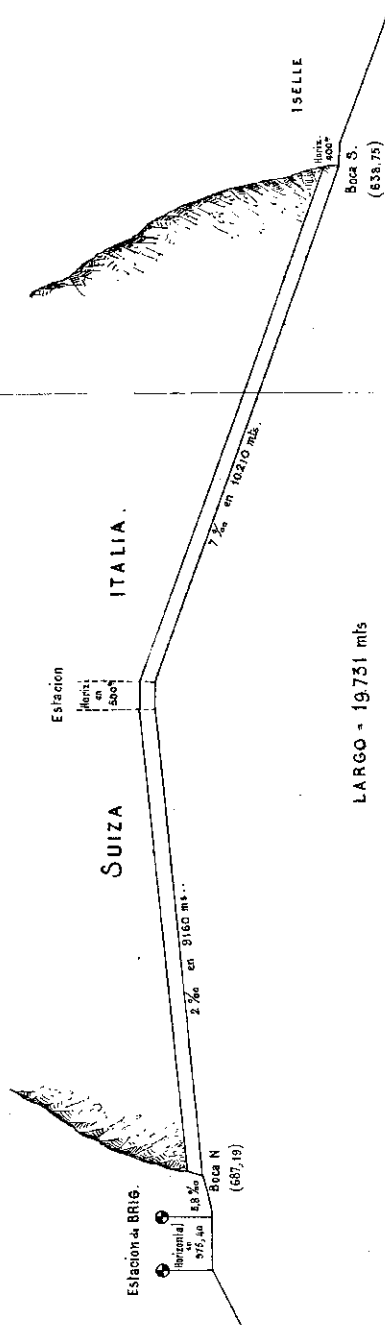
Como hemos visto, el túnel del Simplón se compone de dos galerías de simple vía, de las cuales una servia principalmente para el escurrimiento de las aguas, i que estaba unida a la principal por galerías transversales. Con este objeto se habia abierto un canal en el fondo de la galería secundaria de 0,50 m×0,60 m; pero apenas se llegó al 4 km en la seccion Sur, el canal resultó insuficiente i hubo que abrir otro en la galería principal de 0,90×0,80 de seccion, en 4½ km de largo, con un costo de 750 000 francos.

Se ha discutido mucho el orígen de las aguas del túnel. Parece fuera de duda que son el producto de infiltraciones de aguas fluviales i de la fundicion de las nieves en las fisuras de las rocas calcáreas.

PERFIL DEL TÚNEL DEL SIMPLON



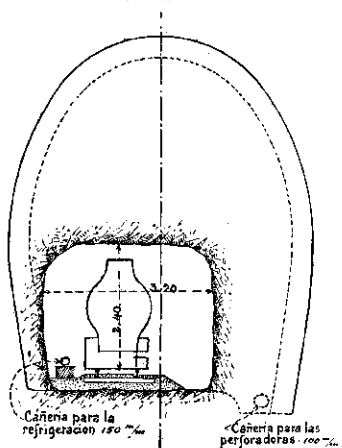
Escalas { Horizontal = 1^{mm} = 1 m.
Vertical = 0,5^{mm} = 10 m.



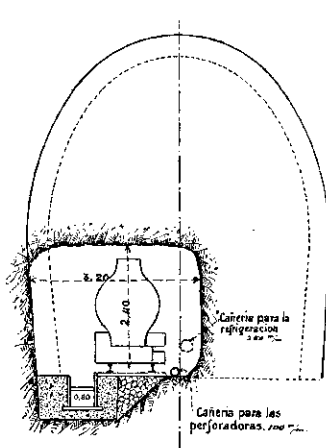
Perfiles trasversales de las galerías de base.

ESCALA 1/100.

Túnel I

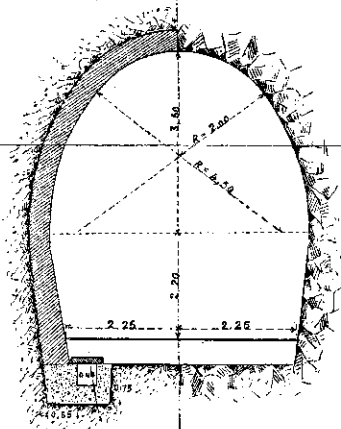


Túnel II



Perfil de la simple via

con revestimiento Sin revestimiento



Seccion doble via del medio del tunel.

Revestimiento segun la clase de roca.

