

## Notas sobre la construcción de los grandes túneles

POR

MATEO CLARK

---

### LA COMPAÑIA CONSTRUCTORA DEL TUNEL SAN GOTARDO

---

El capital de la Compañía consistía:

En acciones .....	Frs. 34 000.000
En obligaciones .....	80 000.000
	<hr/>
	Frs. 114 000.000

Las siguientes subvenciones fueron acordadas:

Por Italia.....	frs. 55 000.000	
por Alemania..	30 000.000	
por Suiza ....	28 000.000	Frs. 113 000.000
	<hr/>	
		Frs. 227 000.000

---

El largo del Gran Túnel es 14 984 m.

Ha sido construído en línea recta, pero con el objeto de empalmar en la boca tiene un trozo de 191 m. en curva de 300 m.

A partir de la boca norte (1 109 m. de altura) el túnel tiene una pendiente de 5.32 ‰ que se extiende hasta 17 822 m., sigue un nivel de 319 m. de largo en la cota 1 154.55 m., que es un punto culminante. Desciende en seguida con pendiente de 0.5 ‰ (2 273 m.), después con 2 ‰ (3 793 m.) y, por último, 1 ‰ 972 m. hasta llegar a la Estación Airolo, altura 1 144 88 m.

Las pendientes de Airolo a Braica alcanzan a un máximo de 27 ‰.

## LAS PERFORACIONES DEL GRAN TUNEL «SAN GOTARDO»

14 984 m.

La perforación del túnel propiamente dicho, empezó el 13 de Septiembre de 1872 por el lado sur, y el 24 de Octubre de 1872 por el lado norte y continuó sin interrupción hasta su terminación.

La perforación mecánica de la galería de dirección empezó el 4 de Abril de 1873, por el lado norte, y el 1.º de Julio del mismo año por el lado sur.

El progreso mensual total (ambos lados) fué:

	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
Enero.....		44.9	123.7	194.0	153.8	185.4	128.6	191.3	176.8
Febrero.....		38.6	121.1	184.1	135.6	147.3	115.6	161.7	200.6
Marzo.....		48.2	145.3	178.8	151.6	203.1	120.9	187.6	
Abril.....		42.4	110.3	225.6	117.4	215.1	207.4	250.8	
Mayo.....		65.0	126.7	216.5	168.7	218.0	259.5	238.6	
Junio.....		67.7	133.4	214.3	136.1	218.1	229.	194.5	
Julio.....		98.4	157.	240.6	158.0	195.3	260.6	202.	
Agosto.....		155.7	179.5	215.7	216.0	201.4	278.7	210.9	
Septiembre.....	28.7	110.4	159.4	229.1	171.0	207.6	200.8	178.3	
Octubre.....	39.4	130.	186.5	243.8	200.3	200.3	270.8	226.4	
Noviembre.....	22.4	126.1	168.3	157.3	172.2	111.4	217.	148.8	
Diciembre.....	30.1	148.2	172.9	129.3	185.6	112.3	250.3	149.6	
TOTAL.....	120.6	1 075.6	1 784.5	2 429.1	2 026.3	2 224.5	2 538.9	2 335.5	377.4

Calca 39	486.4	791.21	316.22	474.4	333.3	2.337	219.7	190.2	40.
Cunette de	257.2	554.61	408.21	608.1	209.32	647. 2	0 8.9	2.784	146.9
Strosse	163	2 135	847.3	156.71	910.82	540.92	471.7	22973	087.3
Voute 13	132.	272.81	145 1	356.73	046.83	796.61	451.43	268.4	930.7
Pied droite	121.7	955	662.71	432.52	442.12	409.12	164.61	259.0	4 625

El costo del túnel concluído fué de frs. 66 666 581 = Frs. 4 449.73 por metro lineal, para doble línea sección libre 45 m.

## TUNEL SAN GOTARDO

El *ensanche* en «calota» fué hecho *parte* a mano y *parte* con perforación mecánica.

El progreso de este trabajo ha variado siguiendo los años de 0.64 m. a 9.4 m. diarios.

La «cunette» de la parte superior del «stross» se escavó *a mano* y desde 1875 (Airolo) la parte *inferior* a máquina. Más tarde se extendió la perforación me-

cánica, reemplazándose a veces por el trabajo a mano para evitar que las cargas demasiado fuertes *dañasen la bóveda*. El promedio del adelanto diario fué 4.74 m.

*Stross*.—En su mayor parte fué excavado a mano, resultando un progreso medio de 0.58m. a 10.72 m. diarios.

La sección libre del túnel es 45 m<sup>2</sup>.

Aparte de esto, ha sido necesario excavar el espacio requerido *para el revestimiento*, 127 850 m.

### FERROCARRIL DE «SAN GOTARDO»

#### COSTO DE LOS TUNELES EN ESPIRAL (HELICOIDALES)

*Lado Sur.*

	L A R G O	Excavación por metro lineal	Costo de la excavación por m. l.	Costo completo
Freggio.....	1 567 8 m.	47.49 Frs.	1 387 Frs.	1 560
Pratto.....	1 560.3	43.58	1 359	1 506
Prano Fondo.....	1 508	46.38	1 320	1 582
Fravi.....	1 547	48.06	1 351	1 569

*Lado Norte.*

Pfaffensfrung 1 476.

Promedio por 1 551 m. l.

#### COSTO DE LOS TUNELES MENORES

18 túneles para vía sencilla = 8 877 m. Frs. 845 por m. l.

20 id. para dos vías = 2 904 1 525 » »

26 id. con parte doble = 14 922 1 396 » »

64 26 783 m. costo total, frs. 32 760.858  
= frs. = 1 227 m. l.

Con excepción de los tres túneles de mayor largo en los cuales se emplearon perforadoras en parte, todos los demás fueron excavados a mano.

La sección libre del *gran* túnel es de 45 m.<sup>2</sup>

COSTO DE LOS TUNELES Y GALERIAS MENORES  
(Aparte del gran túnel)

Largo total.....	24 287m.		
Excavación total.....	1 047.680	Costo Frs.	21 098.230
Albañilería .....	205 140	»	7 846.310
Varios otros trabajos .....			283 640

COSTO TOTAL..... Frs. 29 223.181

El costo de los túneles para una sola vía ha sido desde frs. 580 (Rindelfluh) a frs. 1 058 (Buscierinde) por metro lineal.

Excavación manual.

Promedio, frs. 845.

El gran túnel «Monte Cenere», excavado parte a máquina y parte a mano, costo frs. 1 040 por metro lineal.

El costo medio de los túneles para doble vía fué frs. 1 516 metro lineal.

El costo medio de los túneles en espiral fué frs. 1 551 metro lineal.

REVESTIMIENTO (EN LA LINEA DE ACCESO)

Túneles en los cuales la calota únicamente fué revestida, parte de 8 con 2 256 metros lineales = 15%.

Túneles con la bóveda y un solo costado 26 con 7 585 m. l. = 50%.

Túneles totalmente revestidos, 3 348 m. l. = 22%.

Túneles sin revestimiento (13% de 15 156 m. de 29 cunetas = 1 967 m.) 2,189 m. l.

PROGRESO DE LA PERFORACION DEL «GRAN» TUNEL

El mayor avance de la perforación en un mes fué de 146 m. en Octubre de 1878, en el lado norte y de 171 m. en Agosto de 1878, en el lado sur. Los dos juntos 278 m. en Agosto de 1878.

El promedio de la perforación por día, 3.29 norte y 3.02 sur.

El máximo, 7.30, norte y 7.80 sur.

TUNEL «SAN GOTARDO»

SISTEMA DE CONSTRUCCION DE ESTE GRAN TUNEL

1 Galería de dirección.....	7.7m <sup>2</sup> .	de excavación	
2 Ensanche en calota.....	9.5 »	»	
3 Cuneta del Strosse.....	9.5 »	»	
4 Strosse.....	18.4		

45.1 m<sup>2</sup>.

Distancia entre una y otra operación:

Ensanche de la calota .....	835 m. promedio
Bóveda .....	1.860 »
Cuneta de Strosse.....	1.820 »
Strosse.....	2.425 »
Primer (pied droite) costado.....	2.350 »
Segundo (id).....	2.895 »

#### GRADOS DE CALOR EN EL TÚNEL

Se notará que mientras más se acerca al centro, mayor es el calor siendo esto debido al mayor espesor de la montaña sobre el eje del túnel.

*Lado norte.—Distancia de la boca.*

608-1 637—18.72 °c.—1 637-2 810—21.22 °c.—2 810-3 816 = 3 816-5 027 = 21.08 °c  
—5 047—6 356—23.97 °c.—6 356-7 533 = 26.42 °c.—7 533—7 744—30.35 °c.

*Lado sur.*

596-1313—15.49 °c = 1 313—2 599—21.10 °c.—2 599—3 620—23.40 — 3 620—  
4 614—2 418—5 844—25.84 °c.—5 844—7 002—28.20—7 002—7 168 = 2 930 °c.

El máximum de la temperatura alcanzó a 34°c. en 1880.

#### *Máquinas de Perforación*

Se principió con la «Dubois Francois», pero en el lado norte fueron luego reemplazadas por las del sistema Ferroux—Junio 1874. Estas fueron considerablemente mejoradas en 1875.

*Progreso comparativo en las galerías de avance en los túneles:*

Mont Cénis,  
San Gotardo y  
Arlberg.

El cuadro siguiente representa el progreso por períodos de cinco meses durante la perforación mecánica funcionando a ambos lados:

MESES	«Monte Cenis» desde el 1.º de Enero de 1853	«San Gotardo» 1.º Julio 1873	«Arlberg» 1.º Dic. 1880
			812.60
1 a 5	271.40	620.60	1 157.50
6 a 10	369.50	648.60	1 341.40
11 a 15	396.50	756.40	1 549.70
16 a 20	437.65	905.80	1 453.50
21 a 25	518.55	1 075.80	1 561.80
26 a 30	615.20	975.20	1 745.10
31 a 35	429.10	787.10	
36 a 40	396.70	881.40	
41 a 45	438.19	893.60	
46 a 50	445.22	1048.10	
51 a 55	749.86	769.20	
56 a 60	582.78	932.40	
61 a 65	537.55	1 227.60	
66 a 70	573.85	1 041.70	
71 a 75	564.40	1 024.30	
76 a 80	613.10	897.20	
81 a 85	572.25		
86 a 90	619.40		
91 a 95	782.90		

## TUNEL «SAN GOTARDO»

Consumo de dinamita:

Kgm. 21,5 por metro lineal de galería (7.7m<sup>2</sup>.) *promedio* Kgm. 65 por m de túnel = 1.18 Kgm. por mt.<sup>3</sup> excavación.

Número de perforadoras empleadas en el trabajo:

En el túnel Arlberg se emplearon 6 en el primer tiempo, aumentándose en 11 a 8. Esto fué por el lado del Este, Fercoux.

Por el lado del Oeste se emplearon 2 rotativas del sistema Brandt y más tardí

En el Transandino se han empleado hasta 14 perforadoras a' mismo tiempo que no era necesario. Era una extravagancia.

## LA PERFORACION DEL TUNEL DEL MONT-CENIS

La galería de dirección (en línea recta) fué de 12 233 m.

El túnel con las curvas de empalme, 12 849 m.

Se perforó a mano 1 646 m. (725 m. y 921 m.)

La galería de dirección fué de 7.2 m<sup>2</sup>.

La perforación se empezó en Agosto de 1857; se completó en 25 de Diciere de 1870, 13 años y 4 meses.

Avance por día, 2.51 m.

La perforación mecánica por aire comprimido se empezó por el lado de Bardonneche el 12 de Enero de 1861 y por Modane dos años después (Enero 1863).

Por Bardonneche se perforaron 6.355 m. = 1.75 por día y por Modane 4.232 m. = 1.45 por día.

El avance máximo mensual en la galería de dirección se obtuvo en el lado sur en Mayo de 1867, que fué de 90.60 m. Del lado norte en Mayo de 1865 se alcanzó a perforar 91.30. El mayor adelanto mensual de las dos galerías juntas fué de 177 m. en Mayo de 1867.

El año 1870, en que se terminó el túnel, fué el más favorable, pues se perforaron 1 635.30 = 2.27 m. por día.

### EL TUNEL DEL «ARLBERG»

El largo total de este túnel es de 10 270 metros.

En línea recta, la galería de dirección resultó 10 260 m. 564 m. se perforaron a mano.

La sección transversal de la galería de dirección fué de 7.m<sup>2</sup>.

La perforación empezó del costado Este el 24 de Junio de 1880 y al día siguiente por el lado del Oeste.

Se terminó la perforación de la galería el 13 de Noviembre de 1883, 3 años 4 meses y 20 días = 8.28 m. por día.

En el lado del Oeste resultaron partes de roca blanda con partes arcillosas y con agua, debido a lo cual fué necesario suspender la perforación mecánica y seguir a mano, perdiéndose mucho tiempo.

Del lado del Este se empezó la perforación mecánica a percusión por medio del aire comprimido el día 17 de Noviembre de 1880.

Del lado del Oeste se empezó el 13 de Noviembre de 1880 por medio de perforadoras rotativas a presión de agua.

El largo total de la perforación mecánica fué 9.696 m., siendo 5.290 por el lado del Este y 4.406 por el del Oeste.

Deducción hecha de las suspensiones por una causa u otra (48 días del lado Este y 206 del Oeste) la perforación mecánica duró 1 044 días del lado Este y 889 del lado Oeste; resulta un promedio de 5.07 por día por el Este y 4.95 por el Oeste. El adelanto máximo en un mes por el Este fué 195 m. en Junio de 1882 y de 194.6 por el Oeste en Julio de 1883.

El mayor adelanto total en un mes fué de 380 m. en Julio de 1883.

El adelanto por día fué de 5.45 del lado Este y de 5.43 del lado Oeste, siendo por junto de 10.88.