

PERFORACIÓN DE LOS TÚNELES DEL FERROCARRIL TRASANDINO

Al atravesar la cordillera que separa Chile de la Argentina, por el ferrocarril que ha de completar la comunicación entre Montevideo y Valparaíso, enlazando los dos Océanos Atlántico y Pacífico, ha sido necesario emprender la perforación de varios túneles, que tanto por ser de longitudes de consideración, como por las especiales condiciones en que se hallan, merecen dedicarles algunas consideraciones.

Los datos que hasta ahora hemos podido suministrarnos se refieren exclusivamente á las instalaciones y aparatos que han de emplearse en la perforación; de modo que dejando para más adelante el estudio de la marcha de los trabajos, nos limitaremos á analizar aquéllos, comparando las disposiciones adoptadas con las que se han seguido en los grandes túneles alpinos.

Las denominaciones y logitudes de los túneles próximos á la divisoria son:

Las Leñas.	690 metros.	} República Argentina.
Navavia.	750 —	
Las Cuevas.	850 —	
La Cumbre.	{ 1921 — 3144 —	
Calavera.	3750 —	} República de Chile.
Portillo.	1885 —	
Juncalillo.	1275 —	
Juncal.	1104 —	

La mayor altura alcanzada por la vía se halla cerca de la entrada por la Argentina del túnel de La Cumbre y llega á 3.188 metros sobre el nivel del mar; desciende á 3.178 metros en la boca argentina de aquel túnel, cuya pendiente es de 5 por 100 hasta el vértice y baja después con una pendiente constante del 8 por 100, en la que están todos los túneles de la vertiente chilena. En la argentina se baja también al 8 por 100 desde la cota de 3.188 metros, y en esta pendiente se hallan los tres túneles de Las Cuevas, Navavia y Las Leñas.

El trazado en el resto de la sección montuosa, que comprende unos 240 kilómetros, no admite pendientes mayores del 2,5 por 100, y sólo en estos 15 kilómetros se adopta la del 8 por 100, para lo que las locomotoras van provistas de ruedas dentadas que, sin detener la marcha, empiezan á funcionar al llegar á estas fuertes pendientes.

El túnel del Portillo es de lazo y su trazado en planta se compone de curvas de radio de 200 metros, unidas por alineaciones rectas.

Todos son para la simple vía, con un área libre de 18,51 metros cuadrados, ancho en la solera 3^m,40, radio del intrados 2 metros y altura hasta la clave 5^m,30.

La ausencia de combustible en las proximidades y el elevado precio á que hubiera resultado su transporte, decidieron el aprovechamiento de la fuerza hidráulica para mover las perforadoras; pero como no se podía encontrar medio práctico de reunir caudal de agua suficiente, en las bocas de aquellos túneles, cuya importancia aconsejaba la perforación mecánica, se ha dispuesto el colocar las máquinas hidráulicas en los sitios adecuados á su conveniente instalación, transportando la fuerza motriz hasta las bocas de aquéllos.

Para hacer estas transmisiones de fuerza que había que llevar hasta distancias de 7.000 metros, se ha recurrido á la reversibilidad del trabajo mecánico en eléctrico, según la cual, la corriente producida por un dinamo generador es capaz de poner en movimiento otro dinamo receptor, que devuelve el trabajo mecánico desarrollado sobre el primero.

Siendo esta la primera vez que se ha transmitido por cables eléctricos á tan largas distancias la fuerza motriz necesaria para la perforación de túneles, daremos algunos detalles acerca de las disposiciones adoptadas por el ingeniero Sr. Schatzmann, muy práctico en los trabajos de perforación, por la experiencia adquirida en San Gotardo y otros túneles europeos.

La instalación en la vertiente chilena, de la que vamos á ocuparnos primero, consiste en la estación que llamaremos primaria de Juncal, donde están las turbinas y dinamos generadores y las secundarias de Juncalillo y Calavera, donde los dinamos receptores ponen en movimiento los compresores de aire. Están situadas en las bocas de los túneles de aquellos nombres y distan 3.000 y 7.000 metros respectivamente de la estación primaria.

El agua se toma del río Juncalillo, y después de pasar por un estanque de sedimentación, llega á las turbinas por una doble línea de tubos de acero de 20 pulgadas (0^m,507) de diámetro, recorriendo una longitud de 1.300 metros. Las bridas son de hierro y se obtiene una gran presión en las juntas interponiendo cuñas de madera formando un anillo, que se dilatan con la humedad.

El caudal es de 500 litros por segundo con una presión de 170 metros de altura.

Para aprovechar esta gran caída podrían haberse empleado máquinas de columna de agua ó turbinas. Las primeras pueden utilizar saltos de 300 y 400 metros; pero mientras no se pase de 180 metros, son en general preferibles las turbinas, de construcción más sencilla y menos expuestas á desarreglos. Esto, unido á que en el caso actual se trataba de poner en movi-

miento dinamos que conviene que funcionen con gran velocidad, cosa que no puede conseguirse sin interposición de engranajes más que valiéndose de turbinas, aconsejaban la elección de estas máquinas hidráulicas para la instalación primaria que describimos (1).

Las turbinas construidas para la estación de Juncal dan 700 vueltas por minuto y reciben cada una 50 litros de agua por segundo. Son de eje horizontal y la rueda, que es de una sola pieza para resistir la enorme presión á que está sometida, tiene un diámetro de 0^m,70 y pesa unos 500 kilogramos. El peso total de la turbina es de 1.500 kilogramos, siendo la rueda la pieza más pesada, circunstancia importante en un sitio en que son muy penosos los transportes.

Cada turbina da una fuerza disponible de 80 caballos de vapor, de modo que su rendimiento es de

$$\frac{80}{\left(\frac{50 \times 170}{75}\right)} = 0,70.$$

Están construidas por la casa Escher, Wyss y C.^a, de Zurich, que también suministró las de la vertiente italiana del túnel de San Gotardo.

Aun cuando trabajan en condiciones hidráulicas semejantes á las cuatro turbinas que primeramente se colocaron en este túnel italiano, que estaban movidas por un caudal de 300 litros con caída de 180 metros, hay diferencias importantes debidas al distinto objeto á que se dedican las de la instalación de Juncal, pues tratándose de que el eje de la turbina fuese el mismo que el del dinamo que mueve, para evitar las pérdidas de fuerza inevitables en las transmisiones, convenia: 1.º que el eje fuese horizontal, y 2.º que diese gran número de vueltas; condición, que ya hemos dicho, es necesaria para el buen rendimiento de aquellas máquinas eléctricas.

La última condición, unida á la dificultad de los transportes, son las principales causas que creemos han hecho que sean de mucho menor diámetro que las de San Gotardo, que eran de 1^m,20 de diámetro, eje vertical y sólo daban 350 vueltas por minuto.

El número de turbinas es doce, de las que seis están empleadas como fuerza motriz para la estación de Juncalillo, cuatro para la de Calavera y dos de reserva.

(1) En el gran túnel alpino de Aariberg se emplearon máquinas de columna de agua á presión de 13 atmósferas y de mecanismo análogo al de una máquina de vapor, para mover compresores de aire del sistema Sommeiller perfeccionado, que sólo conviene que den 6 á 8 emboladas por minuto; pero en la instalación de la boca Oeste, en que los compresores de agua del sistema Kirchwengerger marchaban á 60 vueltas por minuto, se dió la preferencia á las turbinas, aun cuando dada su velocidad de 160 vueltas había necesidad de interponer un engranaje.

Cada una de las seis primeras turbinas mueve directamente un dinamo generador, de 80 caballos, estando éstos divididos en dos grupos de á tres, cada grupo con sus dos cables de comunicación con los dinamos receptores de la estación de Juncalillo á 3.000 metros de distancia.

Esta disposición tiene la ventaja de que si un desarreglo impide el funcionamiento de uno de los grupos no se interrumpe el trabajo de la perforación.

Con objeto de que todos los dinamos de cada serie desarrollen corrientes de igual intensidad, lo que es muy conveniente para la buena transmisión del trabajo á distancia, se han dispuesto además de los reguladores ordinarios de cada turbina, aparatos automáticos que basados en la fuerza centrífuga, actúan sobre la válvula de admisión de agua regularizando la velocidad de aquéllas.

Los dinamos generadores constan de seis bobinas cada uno y están contruidos teniendo presente el sitio y género de trabajo á que se destinan, por lo que sus piezas fijas son muy resistentes y duraderas; las cajas de grasa se han construido de modo que no hay necesidad de renovar el aceite en varias semanas, los cepillos de cobre de los colectores pueden reemplazarse con facilidad y la armadura, que es la pieza de más peso, sólo tiene el de unos 230 kilogramos.

Contruidos por la casa Oerlikon, de Zurich, que ha estudiado mucho el transporte de fuerza motriz á distancia por la electricidad, desarrolla cada uno 400 volts y 136 ampères, ó sean 54.000 watts, equivalentes á 73 caballos de vapor.

El rendimiento es, pues, de $\frac{73}{80} = 0,91$.

Los cuatro cables que unen las dos series de dinamos de la estación de Juncal con otras dos series análogas de la secundaria de Juncalillo, están contruidos por la casa Siemens y se han calculado para $400 \times 3 = 1.200$ volts, de modo que teniendo una conductibilidad relativa al cobre puro de 0,98 y sección de 5^{mm},8, las pérdidas entre los cables de ida y vuelta de cada serie es de 8 por 100, siendo por tanto el coeficiente de rendimiento de 0,92.

Debido á las pérdidas experimentadas en la línea, los dinamos receptores sólo dan 600 vueltas por minuto con un rendimiento de 0,90.

El rendimiento total mecánico del transporte de fuerza de la estación primaria de Juncal á la de Juncalillo es, pues, de

$$0,91 \times 0,92 \times 0,90 = 0,75348$$

y siendo la fuerza inicial de $2 \times 3 \times 80 = 480$ caballos de vapor, quedan disponibles á los 3.000 metros $480 \times 0,75348 = 361,67$ caballos de vapor.

Los dinamos receptores, idénticos á los generadores, transmiten cada uno directamente la fuerza motriz á un árbol general que pone en movimiento los compresores de aire, las máquinas del alumbrado eléctrico y un taller.

Por medio de poleas de diámetros en la relación de 2 á 1 mueven el árbol general con velocidad de 300 vueltas por minuto, y éste, también por medio de poleas de diámetros convenientes, hace que los compresores de aire trabajen con la de 180 vueltas al minuto.

Admitiendo una pérdida del 5 por 100 en todas estas transmisiones, quedan $361,67 \times 0,85 = 343,58$ caballos de vapor para mover los compresores, taller y alumbrado eléctrico.

Los compresores, del tipo Burckhardt y Weiss, son de la casa Burckhardt y C.^a, de Basle, que también suministró algunos para los grandes túneles alpinos.

Constan de una bomba de aspiración y compresión directa cuyo pistón, de 300 milímetros de diámetro, tiene una excursión de 200 milímetros. Para evitar la elevación de temperatura que aminora el trabajo útil de la compresión, hay camisas envolventes de los cilindros por las que circula agua fría.

Dando 180 vueltas por minuto, el volumen engendrado por el pistón es de $0,200 \times 0,300 \times 180 = 10,8$ metros cúbicos, y como producen nueve metros cúbicos de aire á la presión normal, la relación es de $\frac{9}{10,8} = 0,83$, muy superior á la que suelen dar la generalidad de los compresores.

Cada dos compresores forman un grupo, uniéndose por medio de bielas los extremos de sus émbolos á dos manivelas acunadas á 180° , de uno y otro lado de la polea que enlaza el grupo con el árbol motor.

Esta disposición, ya usada en el túnel de San Gotardo, da gran regularidad al trabajo.

(Se continuará.)

CÁLCULO DE LA PARADA DE UN TREN

EN LOS DOS CASOS DE LLEVAR FRENOS CONTINUOS AUTOMÁTICOS DEL SISTEMA

CLAYTON Ó FRENOS DE TORNILLO SERVIDOS

Deberes del servicio que desempeñamos en el ramo de ferrocarriles, nos han obligado á determinar por cálculo los elementos de la parada de un tren de viajeros dado por su composición, descendiendo á la velocidad