

NÚMERO 18.

FERRO-CARRIL SOBRE EL MONT-CENIS.

Cuando una línea férrea tiene que cruzar una cadena de montañas, se presenta la cuestión de si será más económico pasar por la cima ó construir un túnel de mayor ó menor longitud. Estudiados convenientemente los gastos de construcción y de explotación, es necesario determinar la altura que puede alcanzarse, y en su consecuencia, la longitud del túnel que se haya de construir, según las circunstancias de cada caso, siendo el elemento más importante de este cálculo el límite superior á que pueden llegar las rasantes, bajo el punto de vista de la seguridad y de la economía.

La inclinaciones que hasta ahora han podido vencer las locomotoras en buenas condiciones técnicas y económicas eran muy limitadas; y si bien en algunos puntos, como son los ferro-carriles del Semmering, de Turin á Génova y otros, han llegado á recorrer rasantes al 5,5 por 100 y curvas de 190 metros de radio, ha sido necesario adoptar máquinas con órganos complicados y numerosos, de grandes dimensiones, y como consecuencia de esto, de un peso considerable, para aumentar la fuerza de tracción y la adherencia, sin lo cual no se hubiera alcanzado el objeto apetecido; siendo en definitiva la explotación de estas líneas mucho más costosa que la de otras que no tienen condiciones tan desventajosas.

Con objeto de evitar estos graves inconvenientes y de poder alcanzar el tránsito por rasantes de mucha mayor inclinación que las admitidas hasta el día, ha obtenido Mr. J. B. Fell el privilegio de unas locomotoras con dos pares de ruedas motrices verticales y otras dos de la misma clase horizontales, que se apoyan en un tercer carril situado en el centro de la vía, obteniendo de esta manera una gran adherencia. Los resultados que se consiguan á continuación, están extractados del informe que ha escrito el capitán Tyler, comisionado por el go-

bierno inglés para presenciar las experiencias que se han llevado á efecto en el Mont-Cenis.

Desde Setiembre de 1865 hasta Febrero del año siguiente, se han verificado diversas experiencias, aprovechando para el objeto un ferro-carril del Derbyshire en una longitud de 750 metros, de los cuales 164 estaban al 7,4 por 100, y 157 en curva con radios desde 50 á 70 metros, y una pendiente de 8,5 por 100, arrastrando por él la nueva locomotora una carga variable desde 24 á 50 toneladas, á una presión en la caldera de 8,4 kilogramos por centímetro cuadrado.

A consecuencia de los favorables resultados obtenidos en Inglaterra, ha propuesto Mr. Fell á los Gobiernos francés e italiano construir, sin subvención alguna, un ferro-carril sobre el Mont-Cenis, que enlace á San Miguel con Susa, uniéndose con las vías ya existentes, y cuya explotación durará tan sólo el tiempo que se tarde en concluir la apertura del gran túnel, habiendo prometido los referidos Gobiernos otorgar la concesión solicitada, siempre que se demuestre de una manera práctica los buenos resultados del proyecto.

Con este objeto se ha construido un trozo de línea para verificar las experiencias, la cual parte desde Lansleburgo y llega hasta la divisoria del Mont-Cenis, abrazando una longitud de 2 kilómetros próximamente, con una pendiente media de 7,7 por 100, estando la máxima al 8,5. Pasa por una rápida revuelta con una curva de 40 metros de radio, y á excepción de este punto se ha establecido la vía en la parte exterior de la carretera actual, ocupando un ancho de 3,5 á 4 metros, y dejando otros 5, y en algunas partes más para el tráfico ordinario que por la misma transita, el que por espacio de tres meses se ha estado viendo que se realiza con seguridad completa, no obstante el paso frecuente de los trenes. La porción de vía construida comprende una de las partes más difíciles de la carretera que se piensa aprovechar.

Esta línea tiene un ancho de 1,10 metros entre Madrid 15 de Setiembre de 1865.

carriles, siendo la sección de éstos de doble T y de 57 kilogramos de peso por metro lineal. Los exteriores están unidos en sus extremos y se apoyan en cojinetes de fundición, sujetos como de ordinario á las traviesas, que distan entre sí 0,90 metros. El carril central, que es lo que constituye la especialidad de esta vía, tiene la misma sección que los exteriores, y está 0,20 metros más elevado.

Una parte de este carril se apoya en cojinetes de fundición y otra en cojinetes de hierro forjado, pesando 9 kilogramos los de las juntas y 7 los intermedios. Actualmente distan entre sí 1,80 metros en las alineaciones rectas y de 0,60 á 0,90 en las curvas, pero se piensa poner placas de junta en las uniones cuando se establezca la línea de una manera definitiva, y separar los cojinetes 0,90 metros en las alineaciones rectas y 0,45 en las curvas, asegurándolos además sobre el larguero en que descansan por medio de pernos. El larguero tiene 0,20 metros de alto y 0,50 de ancho, estando perfectamente sujeto á las traviesas.

La sección del carril central no es la más á propósito para que las ruedas motrices horizontales se adhieran bien á él; pero se trata de sustituirle por otro de forma más en armonía con el objeto que debe llenar, cuando se establezca la línea definitiva, con lo cual se aumentará de una manera notable la adherencia de las máquinas.

Suponiendo que la divisoria entre San Miguel y Susa esté situada en el punto medio de la distancia que separa á ambas poblaciones, resultará para la línea definitiva una pendiente media de 5,91 por 100, y la máxima estará al 8,55; adoptándose el carril central en todas las que pasen del 4. En los 1.960 metros construidos provisionalmente para verificar las experiencias, hay 850 en curva, de los que 450 tienen radios desde 84 á 40 metros, y los de los 400 restantes son de 100 y más metros; pero esta proporción se disminuirá en la línea total definitiva, modificándose además las pendientes en las curvas y forzándolas algo en las rectas, sin que en ningún caso pasen del 8,55 por 100.

A consecuencia de las condiciones especiales que tiene esta línea habrá diez pasos á nivel con la carretera, seis de los cuales se hallarán en rasantos que pasen del 4 por 100, y en alguno de estos puntos se suprimirá el carril central, construyendo probablemente en otros las rampas convenientes

de la manera usual, para que puedan salvarse los tres.

Se ha calculado que tendrá necesidad de estar cubierta la línea en diferentes trechos, cuya longitud total será de unos 15 kilómetros, adoptando para este objeto, y según los casos, tres disposiciones distintas: una que consiste en cubierta y costados de madera, como preservativo de la nieve cuando no es muy abundante, y cuya longitud será de 5 kilómetros; otra, análoga á la anterior y también de madera, pero reforzada con hierro, que se establecerá en los puntos en que la nieve cae con gran abundancia, extendiéndose en unos 7 kilómetros; y por último, arcos de fábrica muy resistentes en los sitios por donde corren las avalanchas, que tendrán próximamente 3 kilómetros de extensión. De esta manera se conseguirá que sea segura y regular la explotación de la línea, condición de gran importancia en el caso de que se trata.

Las dos locomotoras que se han empleado en las experiencias del Mont-Cenis, satisfacen en lo posible á tres condiciones distintas, que son: 1.º el desarrollo de fuerza máxima con un mínimo de peso, pudiendo así utilizar una gran parte de ella para la tracción; 2.º el aumento de adherencia independiente del peso, por medio de ruedas horizontales que se aplican fuertemente al carril central por resortes; 3.º marchar con velocidad moderada y recorrer curvas de pequeño radio.

Entraremos en algunos detalles acerca de la que se ha construido últimamente, en la cual se han hecho varias mejoras y perfeccionamientos, adoptando el acero para ciertas partes. Su peso sin carga es de 15 toneladas y de 17 con la mayor cantidad de combustible y agua que puede contener, pesando los órganos que sirven para poner en acción las ruedas horizontales 2.700 kilogramos. La caldera tiene 2,55 metros de longitud, 0,97 de diámetro, y se halla provista de 158 tubos de 0,058 de diámetro exterior, presentando en conjunto la caja de fuego y los tubos una superficie de calefacción de 55 metros, y siendo de 0,95 el área de las parrillas. En vez de los cuatro cilindros que tenía la máquina primeramente construida, hay sólo dos en la que se considera, con una carrera de 0,40 metros y un diámetro de 0,58, que actúan sobre las cuatro ruedas acopladas horizontales y las otras cuatro verticales de la misma clase, teniendo todas un diámetro de 0,68. La distancia en-

tres los ejes de las ruedas verticales es de 2 metros y de 0,70 la de los horizontales, siendo la presión máxima en la caldera de 8,45, y la efectiva en los cilindros de 5,27 kilogramos por centímetro cuadrado.

Esta locomotora es más estable que la otra, más fácil de manejar por su mecanismo, y puede regularizar el maquinista á voluntad la presión sobre las ruedas horizontales; presión que se aplica por medio de una barra de hierro en conexión con unas roscas que se mueven en uno ó en otro sentido, las cuales transmiten la acción á otra barra ó larguero que está á cada lado del carril central, y que actúa sobre un resorte que comprime las ruedas horizontales contra el carril. La presión empleada durante las experiencias fué de 2,5 toneladas en cada rueda, ó sea un total de 10; pero son susceptibles de mucha más, y en algunos casos será necesario llegar hasta 6 en cada una, ó 24 toneladas entre todas.

Las ruedas verticales se ponen en movimiento por medio de los vástagos de los émbolos situados en la parte anterior de los cilindros; y los horizontales por los de la parte posterior. Los movimientos transmitidos á las ruedas horizontales actúan perfectamente; pero hay necesidad de reforzar algunos de los órganos de la parte anterior del cilindro, que se enlazarán con las ruedas verticales. A pesar de esto se han recorrido en las experiencias 4.800 metros de la vía provisional, con una carga de 16 toneladas, distribuida en tres wagones en el espacio de tiempo de 6½ minutos, ó sea á razón de 17,5 kilómetros por hora, en vez de los 12 que se ha ofrecido recorrer en los trenes directos. La presión de la caldera descendió desde 7,9 á 7,2 kilogramos, bajando el nivel del agua 0,07 metros, no habiéndose permitido la alimentación de la caldera mas que en el último periodo de la experiencia.

Prescindiendo de la resistencia originada por las curvas, produce esta máquina una fuerza representada por 177 caballos; y si se aumenta un 10 por 100 en atención á esta resistencia, producirá 195 caballos, esto es, cerca de 12 por cada tonelada de su propio peso, y unos 60 más de los que se necesitan para el transporte de las cargas que se han prometido, con una velocidad de 12 kilómetros por hora, y recorriendo rasantes y curvas de las condiciones fijadas.

Si se admite que por cada 0,57 metros cuadra-

dos de superficie de calefacción se desarrolla la fuerza representada por un caballo de vapor, tendrá entonces esta locomotora 150 caballos, ó 45 menos de los que ha producido en las experiencias. Esto no obstante, esta fuerza es mucho mayor de la que se necesita para cumplir las condiciones presentadas, puesto que los trenes de pasajeros arrastrados por una máquina, recorrerán sin dificultad alguna el trayecto entre San Miguel y Susa en cuatro horas, en lugar de las cuatro y media.

De las experiencias practicadas se ha deducido también, teniendo en cuenta la presión necesaria para el movimiento de la máquina sola, que podrá recorrer las rasantes al 8 por 100 con una carga bruta de 48 toneladas, cuando la presión de la caldera llegue á su límite superior.

Hasta ahora sólo se ha construido para esta línea un carruaje de viajeros, cuya disposición general es la de los ómnibus ordinarios, y se piensa dotar á todos los que se destinan á la misma, con frenos dispuestos de la manera usual, poniendo además otros que actúan sobre el carril central.

Con la construcción de esta línea se acortan de una manera notable las distancias que habrá desde París á Turin y Genova, siguiendo el camino por el Mont-Cenis en vez del de Marsella, como se ve á continuación, en cuyos resultados no se tiene en cuenta la parte común que hay entre París y Macon.

	Por Marsella.	Por Mont-Cenis.	Diferencia á favor del
	kilómetros.	kilómetros.	Mont-Cenis.

De Macon á Genova: . . . 900 . . . 524 . . . 376

De Macon á Turin. . . 1060 . . . 564 . . . 496

La cuestión económica se ha estudiado también detenidamente, y de los datos recogidos resulta que el aumento medio anual del tráfico entre San Miguel y Susa, es de 10 por 100 en los cuatro últimos años, y suponiendo que siga en esta proporción después de la apertura del ferro-carril que se trata de construir, aunque lo probable es que aumente, resultará que el ingreso total en 7 años, desde 1867 á 1875, para cuya época se supone que estará concluido el túnel, excederá de 27 millones de francos, cantidad que dejará al cabo de este tiempo una utilidad líquida de algunos millones, después de deducir el importe del pago de intereses de las acciones y obligaciones del capital

invertido, su amortización y demás cargas, quedando después a favor de la Compañía todo el material empleado.

Según los cálculos del Ingeniero Mr. Brunlees, costará la línea definitiva por el Mont-Cenis 8 millones de francos, resultando el kilómetro a 104.000; mientras que el trazado por el túnel no bajará de 155 millones, incluyendo el interés del capital invertido, al 6 por 100, durante el tiempo que se tarde en la construcción.

Se deduce por lo antes expuesto que, si bien hasta ahora no se han hecho más que experiencias, por más que hayan sido bastante en grande para poder juzgar con algún acierto de los resultados, que se obtendrán al aplicarlas convenientemente, y aunque las modificaciones que es necesario introducir, tanto en las locomotoras como en el resto del material fijo y móvil, no se hayan determinado de una manera definitiva, sin embargo puede sentarse que la aplicación de este sistema en los terrenos accidentados y montañosos, de los que tantos casos se presentan en nuestro país, y en el que podrá utilizarse con extraordinarias ventajas, cambiará por completo las condiciones técnicas y económicas del establecimiento y explotación de las vías férreas. Por los datos consignados más arriba es fácil deducir que es posible la construcción de un ferro-carril, salvando una altura dada, el cual tenga la mitad de longitud de la que necesitaría otro del sistema ordinario y con un gasto menor que los dos tercios de este, en razón a que, si bien la vía saldrá algo más cara, se podrán en cambio reducir y hasta anular en muchos casos los movimientos de tierra y la importancia de las obras de arte. Otro tanto puede decirse respecto al coste de la conservación y explotación de la línea, puesto que su longitud se habrá reducido a la mitad, disminuyéndose convenientemente la velocidad de los trenes, sin que por esto se tarde más tiempo en recorrer la distancia que separa los puntos extremos, y pudiendo, por último, arrastrar la misma carga bruta con un gasto de tracción que sea con poca diferencia igual para ambos casos, en virtud del aumento de adherencia de las locomotoras y de la disminución del peso muerto de los trenes.

Este sistema posee además la gran ventaja de aumentar considerablemente la seguridad de los trenes en marcha, puesto que el carril central sirve no sólo para la mayor adherencia de la máquina y fácil arrastre de las cargas en rasantes de gran

inclinación, sino también para poder aplicar un freno tan enérgico como sea conveniente según las circunstancias; y si se tiene en cuenta además el corto radio de las curvas que se construyen en este sistema de vía el cual constituye uno de sus caracteres especiales, parece preferible la adopción de este carril aún en rasantes de menor inclinación que la del 4 por 100, para conseguir en la mayor longitud posible de la línea las incontestables ventajas que su establecimiento proporciona.

— J. A. REBOLLEDO.

PROYECTO DE LOS TRAMOS DE HIERRO

PARA EL

PUENTE DE ENCINAS SOBRE EL RIO TORMES.

El puente de Encinas sobre el río Tormes, situado en la inmediación del pueblo de aquel nombre, y en la carretera de Villacastín a Vigo, se abrió al tráfico en 1846. Constaba entonces de dos estribos y cinco pilas de sillería, dejando seis claros de 90 pies cada uno (25^m.07), en los que se construyeron seis arcos escarzanos de madera, del sistema de cerchas curvas, dando una sección total de desagüe de 650 metros.

Por efecto de los movimientos que tuvieron lugar en dos de estos arcos y del poco desagüe dado a la obra, según se observó en las arriadas que tuvieron lugar en 1855, las que se abrieron paso rompiendo los terraplenes de las avenidas, se mandó formar un nuevo proyecto, que fué aprobado, habiéndose principiado inmediatamente su construcción.

Este consistía en, aprovechar las pilas y estribos del antiguo puente, construyendo otras seis pilas en los puntos medios de los claros, del mismo espesor que las antiguas, con lo cual resultaban doce claros de 40 pies (11^m.20), volteando después doce arcos escarzanos de sillería. Para dar mayor sección de desagüe a la nueva obra, se aumentaban en cada una de las avenidas, a 515 y 568 metros de distancia, dos grupos de pontones y alcantarillas.

A consecuencia de un informe del inspector D. Ramon del Pino, de 1.º de Febrero de 1859, proponiendo se aumentase la sección de desagüe del nuevo proyecto, así como por las cuestiones suscitadas con el contratista, se suspendieron los