

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

NOTA

SOBRE LOS MEDIOS DE AUMENTAR LA CAPACIDAD DE TRÁFICO DE LA SUBIDA DE PAJARES,
EN LA LÍNEA DE LEÓN A GIJÓN

POR

D. FÉLIX BOIX

Ingeniero de Caminos, Director adjunto de la Compañía de Caminos de hierro del Norte.

La línea de León á Gijón, que establece la comunicación directa de la región asturiana con el resto de la Península, salva la cordillera Cantábrica por el puerto de Pajares á la cota de 1.290 metros, que es la de la boca Sur del túnel de la Perruca.

Á partir de este punto, la extremada inclinación transversal de la vertiente Norte de la cordillera ha obligado á desarrollar la línea, adoptando un trazado que en un recorrido de 50 kilómetros salva un desnivel de 950 metros, con pendientes casi continuas de 0^m,02, y en terreno tan accidentado, que ha requerido la construcción de 69 túneles, que suman una longitud de 25.400 metros, superior, por lo tanto, al 50 por 100 del desarrollo de la bajada.

Si á estas condiciones del perfil se agregan las del trazado horizontal constituido en un 40 por 100 de su longitud por curvas de 300 metros de radio, y si además se tiene en cuenta la naturaleza del clima, se formará cabal idea de las dificultades de explotación que ofrece esta sección de montaña que en el sentido ascendente determina un verdadero estrechamiento del tráfico de la línea.

El creciente desarrollo de la producción carbonífera de Asturias ha hecho pensar en los medios de ampliar la capacidad de tráfico de la sección de que se trata, para el caso de que la actual resultase insuficiente; ampliación que puede obtenerse, ó por el aumento de la frecuentación, ó por el de la carga de los trenes, ó por la reunión de ambos procedimientos.

Al primero de éstos pertenece el establecimiento de la doble vía, solución de realización económicamente imposible, y la habilitación de apartaderos intermedios entre las estaciones que existen en la bajada.

El número de trenes previstos en el servicio actualmente vigente es de 19, de los que 16 son de mercancías, trazados con la velocidad de marcha de 20 kilómetros por hora. Este número no es de fácil aumento, porque descontando el intervalo de algunas horas que es preciso reservar normalmente, sin circulaciones, para poder efectuar las continuas reparaciones que exigen los túneles, todo el tiempo que queda hábil está aprovechado, sin que sea posible intercalar más circulaciones, dada la distancia entre las estaciones y la velocidad de marcha que no conviene

forzar, puesto que lo que se ganase en número de trenes, se perdería al reducir la carga. Únicamente se podría, en épocas de aglomeración de tráfico, poner en circulación trenes especiales en el espacio de tiempo ordinariamente reservado á los trabajos del servicio de vía y obras.

Pero si las distancias que separan las estaciones se disminuyesen, como el tiempo que tarda un tren en recorrer el espacio que media entre las dos contiguas más distantes determinan el número de los que pueden circular en un período dado, claro es que durante el mismo podría tener lugar un mayor número de trenes.

Con arreglo á este principio, se han proyectado cinco apartaderos, que al reducir las distancias entre los puntos en que los cruzamientos son posibles, habían de permitir aumentar el número de trenes.

Esta solución, completamente estudiada en detalle, pero cuya ejecución está aplazada, ofrecía como única dificultad la necesidad de establecer los nuevos apartaderos en pendiente de 0^m,02, puesto que en la subida no existen más tramos horizontales que los de las actuales estaciones, sin que haya medio fácil de establecer otros. Esta dificultad ha sido salvada merced á una disposición especial de los apartaderos-estaciones, que aleja la probabilidad de todo riesgo.

La ampliación de la capacidad de tráfico de la sección por el aumento de la carga de los trenes puede lograrse, ó por el empleo de máquinas poderosas de tipo especial, articuladas ó acopladas, ó recurriendo al uso sistemático de las dobles tracciones.

De estos diferentes medios, el que resulta á todas luces más práctico y se adapta mejor á las condiciones de la subida, es la doble tracción por cola, aplicada ya hace bastantes años en diferentes ferrocarriles españoles para el servicio de mercancías en secciones de rampa, si bien las circunstancias especiales que concurren en la de Pajares obliguen á realizarla en condiciones particulares, sobre las que daremos algunos detalles.

El servicio de mercancías en la subida de Pajares se efectúa normalmente, en la actualidad, en simple tracción con máquinas de cuatro ejes acoplados de adherencia total, que pesan en servicio de 48 á 49 toneladas y remolcan trenes de 180 á 190, no siendo prudente aumentar esta carga, para no exponer al personal á los efectos del patinaje en los túneles. En tales condiciones, las 16 circulaciones ascendentes reservadas á los trenes de mercancías permiten subir á Busdongo 192 vagones diarios, con peso medio de 15 toneladas y un tonelaje neto que se acerca á 2.000, cifra que hasta ahora ha sido suficiente, pero que conviene tener la posibilidad de aumentar, en previsión de un futuro desarrollo del tráfico.

Para ello estaba naturalmente indicado el empleo de la doble tracción por cola, que aleja toda probabilidad de riesgo de ro-

tura de enganches en trenes de mucho peso, si bien debían adoptarse las medidas especiales requeridas por las dificultades que para su empleo ofrecían los túneles.

La considerable proporción de éstos, que, como ya hemos indicado, excede del 50 por 100 de la longitud total, ha constituido siempre una dificultad para la tracción, pues aparte de la disminución de la adherencia, la evacuación de los humos se efectúa con dificultad en muchos de ellos, no siempre los más largos, y en el caso de que se produzcan patinajes prolongados, que dan lugar á desprendimientos importantes de vapor y humos en el interior de los túneles, el aire se hace casi irrespirable, produciendo al personal las consiguientes molestias.

La elevación de la velocidad de 15 kilómetros por hora á 20, que es la actual para los trenes ascendentes de mercancías, el empleo del escape anular Vortex, con el que se logra mejor vaporización, menores arrastres de carbonilla y que el vapor y los humos carguen menos la atmósfera de los túneles, y la fijación de la carga á un límite inferior al en que se producen los patinajes, han reducido sensiblemente aquellas molestias; pero para evitar su reproducción para el personal del tren y el de la máquina de cola, ha parecido conveniente adoptar disposiciones análogas á las empleadas en el servicio de doble tracción por cola en el ferrocarril del San Gothardo.

La parte de esta línea que presenta mayores dificultades para la tracción, y es, hasta cierto punto, similar á la subida de Pajares, se encuentra distribuida en las dos vertientes del San Gothardo. La meridional ofrece una rampa media de 0^m,018, aunque en algunos puntos la máxima llega á 0^m,026. Esta es igualmente la rampa máxima de la línea en la vertiente Norte, en la que la media sube á 0^m,022, pero con una longitud total que no es más que de 29 kilómetros.

La proporción de la longitud en túnel en estas dos subidas es inferior á la de Pajares, y como las curvas son menos numerosas y cerradas y la línea es de doble vía, presentando, por lo tanto, los túneles una sección considerable, las dificultades no son, en conjunto, mayores que en Pajares.

En cuanto al gran túnel de 15 kilómetros entre Goschenen y Airola, que enlaza las dos subidas, no ofrece dificultad alguna desde el punto de vista que nos ocupa, puesto que la rampa en su interior no es más que de 0^m,006, circulando en él los trenes con una sola máquina.

La tracción de los trenes de mercancías en las dos rampas de acceso se hace con dos máquinas, una en cabeza y otra que empuja el tren por cola sin engancharse á él.

Estas locomotoras, aunque algo más pesadas que las empleadas en Pajares, son del mismo tipo, de cuatro ejes acoplados y adherencia total, simple expansión, cilindro exterior y tender separado y se encuentran provistas de aparatos fumívoros, no consumiendo más que carbones de buena calidad, con exclusión de los menudos.

En estas rampas prestan también servicio, con resultado satisfactorio, cinco locomotoras provistas del sobrecalentador Pie-lock, sobre el que haremos algunas indicaciones más adelante.

También funciona en el mismo ferrocarril una máquina tender, articulada, de seis ejes, doble expansión, del sistema Mallet, que, á pesar de presentar una adherencia superior á la del conjunto de dos máquinas de cuatro ejes acoplados, no remolca mayor carga que éstas en doble tracción, lo que debe atribuirse á la tendencia al patinaje que presentan las locomotoras con dos mecanismos independientes no reunidos por bielas de acoplamiento, inconvenientes que hacen que tales máquinas se presten mal al servicio en las fuertes rampas.

Los ensayos de la doble tracción por cola en la subida de Pajares se han efectuado sobre la base del servicio del ferrocarril cuyas características acabamos de indicar.

Era preciso, en primer lugar, resolver la cuestión de los humos, para evitar que el personal del tren y de la máquina de cola encontrase la atmósfera en malas condiciones; dificultad que se ha salvado dotando á las locomotoras de análogas disposiciones

que tienen las del San Gothardo para lograr la fumivoridad, y que consisten sencillamente en una introducción racional de aire por la puerta del hogar, la instalación en el mismo de una bóveda de ladrillos refractarios y una inyección de vapor hecha horizontalmente encima de la capa de combustible.

La bóveda, además de constituir un verdadero regulador ó volante de calor que mantiene una alta temperatura en el hogar, á pesar de la introducción del carbón frío, obliga á los gases desprendidos en la combustión de aquél á que se pongan en contacto más directo con el suplemento de aire que entra por la puerta, arrastrada por el tiro y por los chorros de vapor que salen encima de la puerta con dirección á la bóveda.

La entrada del suplemento de aire se hace por un ventanillo en forma de mariposa, practicado en la puerta del hogar, que el fogonero deja abierto del todo, después de cargar el fuego, y que cierra por completo una vez hecha la destilación de los gases.

Existen aparatos automáticos para el cierre gradual de la mariposa que no resultan prácticos, porque además de constituir un mecanismo delicado y de fácil desarreglo, cierran en un período de tiempo fijo que no conviene siempre á la mejor conducción de la combustión, razón por la cual en las locomotoras que hacen servicio en Pajares se deja la introducción de aire á merced del fogonero.

Estas disposiciones, que se reducen, en resumen, á procurar una perfecta combustión mediante la mezcla lo más íntima posible de los gases con una cantidad conveniente de aire, han dado los resultados que se esperaban, evitando las molestias que antes sufría el personal en determinadas circunstancias.

La segunda dificultad que ha sido preciso vencer para el remolque de los trenes de que se trata, ha sido la de establecer la necesaria comunicación entre el personal de las máquinas de cabeza y cola, imposible de obtener por los medios acústicos ordinarios en el interior de los túneles de Pajares tratándose de trenes de cierta longitud.

Después de ensayar diferentes medios (comunicación con cuerdas, señales transmitidas por los guarda-frenos con silbatos ó trompas), la comunicación apetecida ha sido lograda de un modo satisfactorio mediante el empleo de dos pequeños aparatos Jouselin, de tipo ordinario, instalados en las máquinas y enlazados con un conductor eléctrico que corre á lo largo del tren, disposición que permite que los dos maquinistas cambien un cierto número de señales de interpretación previamente convenida.

Mediante esta sencilla disposición, que exige naturalmente que la máquina de cola vaya enganchada al resto del tren, las paradas, arranques hacia adelante y hacia atrás, se realizan en el interior de los túneles del mismo modo que á cielo abierto.

* * *

Con estas disposiciones viene haciéndose diariamente un tren remolcado de la manera indicada y que circula con perfecta regularidad desde el verano último, lo que demuestra lo práctico del sistema, que en breve se ampliará á mayor número de trenes.

Las cargas remolcadas en doble tracción son la suma de las que pueden arrastrar cada una de las dos máquinas disminuídas en un 10 por 100, lo que produce en la capacidad de tráfico de la rampa un aumento de 80 por 100 con los actuales trenes y sin cambiar el tipo de máquina, en el supuesto de que la doble tracción por cola se aplicase á todos los trenes de mercancías, lo que no es por ahora necesario, ni lo será probablemente en muchos años.

El aumento de potencia de las locomotoras, y la construcción de los apartaderos á que antes nos hemos referido, permitirán aún el aumento de aquella cifra, pudiéndose así hacer frente á futuras contingencias que no son presumibles en un porvenir próximo.

* * *

Con el propósito de destinarlas especialmente al servicio de trenes en doble tracción en la rampa de Pajares, la Compañía del Norte ha encargado la construcción de una serie de 12 locomotoras, que empezará á recibir muy en breve, del mismo tipo, de cuatro ejes acoplados, que ya posee, pero provistas del sobrecalentador Pielock.

La aplicación del vapor sobrecalentado á las locomotoras, es relativamente reciente, puesto que su difusión empezó en el año 1900, y creemos que el uso de la serie encargada por la Compañía del Norte constituirá la primera aplicación en grande realizada en España para la tracción, puesto que el único caso que conocemos, es el de una locomotora de vía estrecha recientemente adquirida por la Compañía del ferrocarril Cantábrico y provista de sobrecalentador Schmidt, que según parece funciona con resultados satisfactorios.

El sobrecalentador Pielock que se empleará en las nuevas máquinas y que difiere completamente de los tipos de Schmidt, consiste simplemente en una caja paralelepípedica de 1,10 de largo y 0^m,95 de altura, colocada en el interior del cuerpo cilíndrico á 0^m,75 de la placa tubular del hogar, y cuyas dos caras paralelas á aquéllas están atravesadas por toda la tubería de la caldera.

Dicha caja, en la que la parte de tubería comprendida en la misma efectúa el sobrecalentamiento del vapor, que llega á alcanzar la temperatura de 330° centígrados, se encuentra en libre comunicación, por medio de un tubo de gran diámetro, con la parte superior de la cúpula. El vapor saturado producido por la caldera entra por este tubo en el sobrecalentador, en el que encuentra una serie de pantallas con aberturas alternadas que le obligan á seguir un trayecto sinusoidal, poniéndose en contacto con todas las filas de tubos. Una vez sobrecalentado, el vapor pasa á una caja situada en la cúpula, en la que se encuentra instalada la válvula del regulador y toma de vapor para los cilindros.

Esta disposición permite que, en caso necesario, la máquina marche con vapor saturado, bastando para ello introducir agua en la caja del sobrecalentador, que deja de funcionar como tal, sirviendo entonces para la vaporización toda la longitud de la tubería.

La necesidad de asegurar un perfecto engrase ha hecho que en estas máquinas, como en todas las que emplean el vapor sobrecalentado, se adopten para la distribución, en vez de los distribuidores planos ordinarios, los cilíndricos de émbolo, que además presentan ventajas de otro orden, siendo también preciso el empleo de lubricantes que no se descompongan á las altas temperaturas del vapor sobrecalentado.

El empleo de éste resulta muy indicado para el servicio de la rampa de Pajares, puesto que, aparte de la ventaja económica que reporta al procurar, á igualdad de trabajo, una economía de combustible comparable con la obtenida en las máquinas que aplican el principio compound y lograda con disposiciones más sencillas, la disminución del combustible quemado y la reducción de agua vaporizada, que llega á 20 por 100, dará lugar á menores desprendimientos de gases y vapor, lo que mejorará aún los resultados satisfactorios ya logrados con las disposiciones fumívoras, de que igualmente estarán dotadas las nuevas máquinas.

tes máximos para la composición química de los carriles de 45 á 50 kilogramos de peso por metro lineal: carbono, 0,45 á 0,55 por 100; fósforo, 0,10 por 100; silicio, 0,20 por 100; manganeso, 0,80 á 1,10 por 100. Puede admitirse que la mayor parte de los carriles laminados en los Estados Unidos desde hace cuatro ó cinco años responden á estas condiciones.

Ya en la sesión de Marzo de 1905 de la «Americam Railway Engineering and Maintenance of Way Association», el Presidente, Mr. Webster, había llamado la atención sobre los malos resultados obtenidos asociando una proporción elevada de fósforo con una fuerte proporción de carbono y de manganeso, y demostró que después de haberse puesto en práctica las nuevas condiciones, la calidad de los carriles empeora de año en año. Una prueba de este estado de cosas es el gran número de carriles que se rompen en los ensayos al choque, lo que ha conducido á los fabricantes á pedir la reducción de la altura de caída de la maza á 5,80 metros (19 pies ingleses), en vez de la de 6,70 metros (22 pies) que se emplea actualmente. Pero la Asociación rehusó admitir esta petición, habiendo hecho las condiciones aún más rigurosas, especificando que la pieza de ensayo debía tomarse en el carril que provenga del trozo superior del lingote, de manera de poder rechazar mayor cantidad de carriles quebradizos.

El mal éxito de esta tentativa no desanimó á los fabricantes de carriles, y en la sesión de Junio de la Sociedad americana para el ensayo de materiales propusieron no someter á prueba cada colada, sino solamente una entre cada cinco, con la facultad de proceder á un segundo ensayo cuando el primero dé mal resultado. Este modo de proceder hubiera aumentado las probabilidades de aceptación de los carriles con una proporción elevada de fósforo; pero la Sociedad rechazó la proposición y encargó á una Comisión que estudiara las modificaciones que podían introducirse en las condiciones existentes, con el fin de obtener una mejora sobre la calidad de los carriles laminados durante estos últimos años.

En la sesión de Junio de la Asociación americana de Ingenieros civiles, ocurrió asimismo una divergencia de opiniones muy señalada en cuanto á las causas de las frecuentes roturas de carriles, y la minoría de la Comisión de carriles presentó una Memoria exponiendo su criterio sobre este particular. Dos de los miembros de la minoría pretendían que las dificultades á que da lugar el empleo de carriles de acero muy fosforoso, eran imputables al perfil del carril, que debía ser modificado. Otros dos miembros, aun opinando de la misma manera, no admitían ninguna modificación del perfil antes de que haya podido averiguarse de una manera más completa, por medio de investigaciones concienzudas, la forma con que los actuales perfiles-tipos se conducen en el servicio. Conviene añadir que la diferencia en el modo de ver de las dos fracciones de la Comisión no se refiere más que al perfil y á los métodos ó procedimientos de fabricaciones impuestos, pero no á las condiciones relativas á la recepción de los carriles terminados.

Únicamente los americanos se han preocupado de esta cuestión. Ésta ha sido objeto de una empeñada discusión en el Congreso que ha reunido en Londres á los Delegados del Instituto americano de Ingenieros de Minas y á los del Instituto del hierro y del acero de la Gran Bretaña. La Memoria presentada por Mr. Albert Ladd Colby, de Nueva York, se ocupa principalmente de las condiciones-tipo que propone se admitan para los carriles exportados por los Estados Unidos. Establece una comparación entre las condiciones en vigor en este país y las impuestas en el extranjero, y sus conclusiones son favorables á que el acero tenga una proporción elevada de fósforo. Los ingleses, entre los que se hallaban eminentes metalúrgicos, presentaron varias objeciones contra el límite máximo de un 0,10 por 100 de proporción de fósforo propuesto por los americanos, límite que encontraron demasiado elevado. En apoyo de su tesis, hicieron valer la opinión de los Ingenieros americanos y la del propio Mr. Colby, que declaró en su Memoria que el fósforo

EL FOSFORO EN LOS CARRILES DE ACERO

Se han manifestado recientemente serias divergencias de opinión en el seno de las Asociaciones americanas que se ocupan de las condiciones que se imponen desde 1902 para el suministro de carriles de acero, las cuales previenen los siguientes lími-