

los vapores por desterrar á los buques de vela, y ahora los de gran porte van á su vez dominando á los pequeños, por lo ménos en las largas carreras.

Tambien contiene el libro de los Ingenieros franceses datos concernientes á los caminos angostos del Canadá, que son de 1^m,05, y que fueron iniciados por Mr. Pihl, que visitó aquel país, y por cierto que tampoco son favorables los resultados obtenidos en estos caminos. La línea de Toronto, Grey, Bruce, tuvo que aumentar el peso de los carriles desde 17,8 kilogramos á 29 por metro lineal, y á pesar de que suspendió sus pagos en 1878 se trataba de ensancharle á la latitud ordinaria. En la de Toronto Nipissing hubo tambien que aumentar el peso de los carriles, y manifiestan que no hay duda de que hubiera habido ventaja en construirla desde un principio con la vía ancha.

Para terminar voy á consignar los datos principales de la explotacion de toda la red en el año 1882 segun la *Revue generale*:

Longitud..	180 871 kilómetros.
Gasto de primer establecimiento por kilómetro.	170.500 pesetas.
Producto por kilómetro.	23.234 id.
Coeficiente de gastos de explotacion.. . . .	0,596 id.
Tarifa media por viajero y kilómetro.	0,089 id.
Idem por tonelada y kilómetro.	0,037 id.
Interés que devengaron las obligaciones.	4,69 por 100.
Idem de las acciones..	2,95 id.

que demuestra que los precios de arrastre de las mercaderías son muy inferiores á los de todas las naciones europeas; y si bien para los pasajeros sucede lo contrario, hay que advertir que su producto no excede de la cuarta parte del rendimiento que dan las mercancías.

(Se continuará.)

P. DE ALZOLA.

NÚMERO DE WAGONES FRENS QUE DEBEN LLEVAR LOS TRENES

Y SU DISTRIBUCION EN LOS MISMOS.

Es evidente que todo tren debe estar provisto de un número de frenos suficiente para detenerle en un tiempo y espacio tan cortos como sea posible, pero bastante grande, sin embargo, para que la velocidad pueda amortiguarse sin inconveniente para las personas que van en el tren. Es asimismo evidente que no sólo es preciso contar con que el tren pueda detenerse ante un obstáculo colocado delante de él, sino que además es preciso preveer las roturas de enganches y dar á la parte del tren desprendida que retroceda por una rampa los medios de detenerse.

La importancia de estas cuestiones es tan notoria, que sería realmente ocioso discutir las. Basta decir en su apoyo, que de ellas se han ocupado las Administraciones de todos los países y las compañías todas de los ferrocarriles; que se han estudiado las soluciones más racionales, que á la par que diesen completa seguridad á los trenes en marcha, no implicasen un gasto excesivo bajo el punto de vista del personal necesario para la manobra de los frenos.

Nuestra Administración comprendiendo, lo mismo que las de los demás países, la importancia de estas cuestiones, se ha reservado, en virtud de lo dispuesto en el párrafo 4.º del art. 45 del Reglamento vigente de policía de ferrocarriles, determinar para los diversos puntos de cada línea y según las circunstancias lo requieran, el número y peso de los carruajes con freno y el lugar que han de ocupar en el tren; sin embargo, parece que ha hecho muy limitado uso de estas atribuciones, y que no ha habido unidad de criterio para resolverlas y aplicarlas en las distintas líneas del país. Lo cierto é indudable es, que en muchas líneas van los trenes con un número de frenos á todas luces deficiente para su seguridad, y esto exige que el Gobierno tome pronto una resolución sobre asunto tan importante, pues es evidente que si en todas las líneas marcharan los trenes con los frenos que les corresponden, los choques ocurridos hubieran causado menores males.

En esta cuestión, como en otras muchas de la explotación de los ferrocarriles, de que nos ocuparemos en artículos sucesivos, es natural que, al procurar resolverlas con el mayor acierto, examinemos lo que se ha hecho en otros países para aplicarlo al nuestro.

Podríamos, pues, desarrollar sucesivamente el criterio que se sigue en Francia, Alemania, Inglaterra é Italia, etc., etc.; pero es innecesario esté exámen, porque las convenciones técnicas de la unión de los ferrocarriles alemanes, nos dan resuelto el problema. Teniendo presente que estas convenciones han sido formuladas y aprobadas por los Congresos de los Ingenieros de la Union Alemana, que representan más de 60.000 kilómetros de vías férreas pertenecientes á distintos Estados, como son Alemania, Austria, Hungría, Holanda, Bélgica, Suiza y Rusia; recordando que estas convenciones, formuladas por primera vez en el Congreso de 1865, se han sostenido en todos los demás, y se han ratificado en el último verificado en Gratz en Mayo de 1882, demostrándose con esto que la práctica les ha sancionado por completo; considerando que dichas prescripciones las han hecho obligatorias para sus líneas los Gobiernos de varios países, y que las han aceptado muchos de los autores é Ingenieros más notables que se han ocupado de estas cuestiones, sería pretencioso por nuestra parte proponer nuevas prescripciones, que ni serían tan acertadas, ni tendrían la

autoridad de las formuladas por los mencionados Congresos de Ingenieros.

Por consiguiente, encontraríamos acertado que el Gobierno, en virtud de las atribuciones que le confiere al art. 45 del Reglamento de policía de ferro-carriles vigente, adopte con carácter general para todas las líneas, la prescripción núm. 185 de las convenciones técnicas de la Union de los ferro-carriles alemanes, que dice como sigue:

«En cada tren debe haber, además de los frenos del tónder y de la locomotora, frenos enérgicos maniobrados por el personal del tren, que actúen sobre un número de coches determinado del modo siguiente:

Pendientes.	Trenes de viajeros.	Trenes de mercancías.
Hasta $\frac{1}{500}$ ($2 \frac{0}{100}$) inclusive.	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{12}$
» $\frac{1}{300}$ ($3 \frac{1}{5} \frac{0}{100}$) »	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{10}$
» $\frac{1}{200}$ ($5 \frac{0}{100}$) »	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$
» $\frac{1}{100}$ ($10 \frac{0}{100}$) »	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{7}$
» $\frac{1}{60}$ ($16 \frac{2}{5} \frac{0}{100}$) »	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$
» $\frac{1}{40}$ ($25 \frac{0}{100}$) »	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

El número de coches-frenos puede determinarse proporcionalmente á las prescripciones del cuadro anterior, tomando por base el peso bruto del tren, en lugar del número total de ejes del mismo.

Los trenes mixtos que marchen á la velocidad de los trenes de viajeros, deben asimilarse á éstos en lo que concierne al número de frenos.

Cuando la más fuerte pendiente situada entre dos estaciones es de una longitud inferior á 1.000 metros, no es ésta, sino la siguiente, la que debe considerarse para calcular el número de frenos.

En el cálculo del número de frenos, un eje no cargado vale siempre la mitad de un eje cargado.

En los trenes de mercancías el número de frenos puede reducirse á la sexta parte del total de coches en las pendientes hasta de $\frac{1}{60}$ ($16 \frac{2}{3} \frac{0}{100}$)

inclusive, y á la quinta parte en las pendientes hasta $\frac{1}{40}$ ($25 \frac{0}{100}$) inclusive cuando: 1.º La velocidad no pase de 18 kilómetros por hora (300 metros por minuto). 2.º El tren no tenga más de 80 ejes. 3.º La velocidad se halle exactamente comprobada por medio de indicadores convenientemente colocados.

Para los trenes de viajeros que marchen á la velocidad de 75 kilómetros por hora (1.250 metros por minuto) ó á mayor velocidad, el número de frenos que figura en el cuadro anterior debe aumentarse en una unidad.

Para las líneas que tengan pendientes superiores á $\frac{1}{40}$ ($25 \frac{0}{100}$) deben darse instrucciones especiales para el servicio de los frenos.

Con esto podríamos terminar lo relativo al número de frenos que deben entrar en la formación de los trenes; pero como en general en España llevan ménos y la proporción exigida en virtud de las prescripciones anteriores podría parecer á algunos exagerada, determinaremos dicho número valiéndonos del cálculo y de las leyes de mecánica.

Nada más elemental que responder á las diversas cuestiones que pueden presentarse con relación á los frenos, como son: encontrar su número relativo en condiciones dadas de perfil, velocidad y distancia, que puede recorrer el tren ántes de detenerse.

En general, para la determinación del número de frenos correspondientes al tren *remolcado*, no se tiene en cuenta el auxilio que puede prestar la locomotora por medio del contravapor ó por el de su freno especial, como tampoco el del ténder.

El número de frenos se determina sin hacer distinción de las líneas de doble vía y de las de vía sencilla; sin embargo, un tren que no pueda detenerse al llegar á una estación de cruce, puede ocasionar consecuencias más graves en el segundo caso que en el primero, porque puede precipitarse sobre otro tren que marche en sentido contrario; pero el objeto y el resultado de las medidas de seguridad deben ser preventivas para evitar los accidentes, y no sólo para aminorar sus consecuencias. Por otra parte, un choque entre trenes de sentido contrario, es algunas veces en realidad ménos grave que si los trenes marchasen en el mismo sentido, porque en el primer caso, los trenes se encuentran protegidos por la masa de sus máquinas. Por estas razones, al determinar el número de frenos que deben llevar los trenes, se prescinde por completo de que la línea sea de simple ó de doble vía.

La determinación del número de frenos que debe llevar un tren no es susceptible de una solución precisa, sino bajo un solo punto de vista, el de asegurar su parada, cualquiera que sea la pendiente y la velocidad, dentro de la distancia límite de protección de las señales.

Esta distancia varía entre 800 y 1.500 metros, y algunas veces entre límites mayores, según sea la inclinación de la pendiente; y admitiendo que con ésta aumente la distancia, se puede calcular siempre el número de frenos de manera que sea posible la parada en ella, cualquiera que sea la velocidad inicial. Cierto que es muy racional hacer variar la distancia reglamentaria de protección con la pendiente, pero también lo es que en muchos casos esto no es posible.

Es cierto que los reglamentos de varias Compañías admiten distancias variables; pero cabe preguntar si las reglas complicadas que resultan de este sistema, se graban bien en la memoria de los empleados; si saben aplicarlas exactamente con pendientes que pueden variar en los límites

mismos del recorrido que tienen que efectuar para hacer ó colocar la señal, y si dichas reglas pueden introducir en su inteligencia dudas fatales en circunstancias en que á menudo los segundos son preciosos.

Parece por consiguiente natural, al tratar de determinar el número de frenos de un tren, suponer una distancia invariable, en la cual los agentes deben hacer las señales. Esto es lo que suponemos, y aquel número deberá ser tal, que la parada sea siempre posible en un recorrido á lo más igual á dicha distancia.

El art. 73 del Reglamento de policía de ferro-carriles, al ordenar que siempre que por cualquier motivo los trenes ó máquinas aisladas se detengan en la vía, se pongan las señales que así lo indiquen á 800 metros de distancia á uno y otro lado del punto interrumpido, demuestra que el criterio que hemos expuesto es el verdadero y al que debemos sujetarnos, dada nuestra legislación; y nos dice asimismo, que la distancia reglamentaria de protección que debemos considerar en el problema que nos ocupa es igual á 800 metros.

Dicho lo que precede, el problema que hemos de resolver es el siguiente:

¿Segun que ley debe variar el número de frenos de un tren para que pueda parársele recorriendo á lo sumo 800 metros, cualquiera que sea la pendiente y la velocidad inicial?

Designemos por R la resistencia por unidad de peso del tren con los frenos apretados. Esta resistencia se compone de dos partes: la resistencia R_1 propia del tren, y la de las ruedas enfrenadas R_2 . Esta es constante hasta que se consigue parar (1); la primera R_1 decrece, por el contrario, al mismo tiempo que la velocidad; pero como es mucho menor que la otra, puede desprejarse su variación y tomar para su valor la media aritmética de sus valores extremos.

Tenemos, pues, que

$$R = R_1 + R_2 \dots (1)$$

Siendo

R_1 = resistencia propia del tren.

R_2 = resistencia debida á los frenos.

Designando por R la resistencia total por unidad de peso del tren, por I la inclinación en milésimas de la pendiente que se considere, la resistencia de un tren de peso Mg será MgR ; el esfuerzo motor de la gravedad MgI ; la fuerza resistente dirigida en sentido contrario del movimiento $Mg(R-I)$ y su trabajo para un recorrido D será $Mg(R-I)D$.

(1) Podría variar en realidad muy notablemente si los frenos se apretasen hasta calar las ruedas, porque entonces el rozamiento con el carril varía con la velocidad; pero no discutiremos aquí esta cuestión.

Es evidente que el tren se parará cuando este trabajo sea igual á la fuerza viva inicial que tenía el tren al aplicársele los frenos: por consiguiente

$$\frac{1}{2} MV_1^2 = Mg (R-I) D \dots (2);$$

pero si V representa la velocidad en kilómetros por hora; V_1 ó sea la velocidad en metros por segundo, será

$$V_1 = \frac{V \times 1000}{3600} = \frac{V}{3.6}$$

y sustituyendo este valor en la ecuacion (2) y partiendo por M, resulta

$$\frac{1}{2} \frac{V^2}{(3.6)^2} = g (R-I) D.$$

reemplazando g, D y R por sus valores

$$g = 8.909$$

$$D = 800$$

$$R = R_1 + R_2$$

resulta

$$\frac{1}{2} \frac{V^2}{(3.6)^2} = 9.809 \times 800 (R_1 + R_2 - I)$$

y

$$V^2 = 203.200 (R_1 + R_2 - I) \dots (3).$$

Es, pues, evidente que para una velocidad y una pendiente dadas, el número de frenos debe calcularse de manera que la resistencia que produzcan sea por lo ménos igual á R_2 .

Si tenemos, pues, un tren de C coches, el número de frenos necesarios se obtendrá de la ecuacion

$$R_2 MgC = fMgF$$

siendo f el coeficiente de rozamiento de deslizamiento é igual á 0,08 y F el número de frenos que se busca

$$R_2 = 0,08 \frac{F}{C} \dots (4)$$

y eliminando R_2 entre las ecuaciones (3) y (4), resulta

$$V^2 = 203.200 (R_1 + 0,08 \frac{F}{C} - I)$$

ó bien

$$\frac{F}{C} = \frac{V^2}{16.256} + \frac{I - R_1}{0,08} \dots (5)$$

ecuacion que sirve para determinar la relacion entre el número de frenos y el total de los coches de un tren en funcion de la velocidad y de la pendiente y de la resistencia propia del tren.

En rigor la única variable es la pendiente, porque á cada una corresponde una velocidad máxima de marcha diferente, según la clase de trenes que se considere; marcha que no se debe forzar por ningún concepto, siendo, por consiguiente, aquella velocidad la que debe admitirse en el cálculo que nos ocupa.

Asimismo se sabe que la resistencia propia del tren es principalmente función de la velocidad y que está determinada por las siguientes fórmulas, deducidas de las experiencias practicadas por la Compañía del Este de Francia y admitidas por la mayoría de los autores, entre ellos Couche y Goshler.

Para trenes que marchen de 12 á 32 kilómetros por hora:

$$[a] \quad \dots T = 1,65 + 0,05 V \dots \text{ engrase con aceite.}$$

$$[b] \quad \dots T = 2,30 + 0,05 V \dots \text{ grasa dura.}$$

Para trenes que marchen á la velocidad de 32 á 50 kilómetros por hora:

$$[c] \quad \dots T = 1,80 + 0,08 V + \frac{0,009 SV^2}{P} .$$

Para trenes que marchen á la velocidad de 50 á 65 kilómetros por hora:

$$[d] \quad \dots T = 1,80 + 0,08 V + \frac{0,006 SV^2}{P} .$$

Para trenes que marchen á 70 kilómetros por hora ó á velocidades superiores:

$$[e] \quad \dots T = 1,80 + 0,14 V + \frac{0,004 SV^2}{P}$$

En estas ecuaciones, T expresa en kilogramos la resistencia propia por tonelada de peso del tren, comprendiendo el de la carga y el de los wagones; V la velocidad en kilómetros por hora; S la sección transversal máxima presentada por el tren á la resistencia del aire en metros cuadrados y P el peso total del tren en toneladas.

La expresión de la resistencia de los trenes por tonelada, determinada por las ecuaciones (a) (b) (c) (d) y (e), debe aumentarse en un kilogramo ó 1,50 kilogramos, según sea su longitud, á causa de la resistencia suplementaria que experimentan al pasar las curvas de 1.000 y 800 metros de radio.

En la ecuación (5) R_1 expresa el valor medio de la resistencia propia del tren durante el tiempo que emplea el mismo en detenerse: por consiguiente, la relación entre R_1 y T será

$$R_1 = \frac{T}{2 \times 1000}$$

el factor 1.000 es debido á que T viene dado en kilogramos y R_1 en toneladas.

Apliquemos ahora la fórmula (5) á algunos casos prácticos para ver si con ella se obtienen resultados conformes con las convenciones de la

Union Alemana. Estas convenciones previenen que para pendientes de $\frac{1}{60}$ ó sea $16 \frac{2}{3}$ milésimas, la relacion entre el número de frenos y el total de coches sea de $\frac{1}{3}$ para trenes de viajeros y $\frac{1}{3}$ para trenes de mercancías.

Veamos, pues, qué resultado se obtiene aplicando la fórmula deducida.

Para pendientes que varíen entre 15 y 18 milímetros las velocidades máximas admisibles son

Trenes de viajeros.	50 kilómetros por hora.
» de mercancías.	30 » » »

la fórmula (5) dará, pues, para cada uno de estos casos:

$$1.^{\circ} \text{ Trenes de viajeros..... } \frac{F}{c} = \frac{50^2}{16256} + \frac{0,01666-R_1}{0,08} \dots (6)$$

$$2.^{\circ} \text{ Trenes de mercancías..... } \frac{F}{c} = \frac{30^2}{16256} + \frac{0,01666-R_1}{0,08} \dots (7)$$

Para determinar el valor de R_1 , en el primer caso tenemos que aplicar la fórmula (c) y en el segundo la (a) ó (b)

$$1.^{\text{er}} \text{ caso. } -T = 1,80 + 0,08 V + \frac{0,009 SV^2}{P}$$

$$T = 1,80 + 0,08 \times 50 + \frac{0,009 \times 13 \times 50^2}{150} =$$

$$T = 7,74$$

y añadiendo un kilogramo por la resistencia debida á las curvas, resulta

$$T = 8,74$$

$$2.^{\circ} \text{ caso. } -T = 2,30 + 0,05 V$$

$$T = 2,30 + 0,05.30 = 3,80$$

y añadiéndole 1,50 kilogramos por la resistencia debida á las curvas, mayor que en el primer caso, por ser generalmente los trenes de mercancías más largos que los de viajeros, resulta:

$$T = 5,30.$$

Por consiguiente, el valor de R_1 será:

$$1.^{\circ} \text{ Trenes de viajeros... } R_1 = \frac{T}{2 \times 1.000} = \frac{8,74}{2 \times 1.000} = 0,00437$$

$$2.^{\circ} \text{ Trenes de mercancías... } R_1 = \frac{T}{2 \times 1.000} = \frac{5,30}{2 \times 1.000} = 5,00265$$

y sustituyendo estos valores en las ecuaciones [6] y [7]

$$1.^\circ \quad \dots \quad \frac{F}{C} = \frac{2.500}{16.256} + \frac{0,01666 - 0,00437}{0,08} = 0,30741 = \frac{1}{3,2}$$

$$2.^\circ \quad \dots \quad \frac{F}{C} = \frac{900}{16.256} + \frac{0,01666 - 0,00265}{0,08} = 0,23048 = \frac{1}{4,3}$$

Estas fracciones, como se ve, se diferencian poco de las $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{5}$ que

prescriben las convenciones técnicas de la Union Alemana.

Aplicando la misma fórmula á otros casos se vería que siempre los resultados se aproximan mucho á los de las citadas prescripciones, no siendo de extrañar que se diferencien algo, porque, por una parte, al establecer dicha fórmula para nada hemos tenido presente la resistencia que proporciona el freno del tender y la que puede ofrecer el contravapor y el freno especial de tornillo que á veces existe en la locomotora, y por otra que en las convenciones de la Union Alemana sólo se han prescrito las relaciones para ciertas pendientes, poniendo siempre un número entero para denominador de dichas relaciones, con objeto de no hacer las reglas difusas y complicadas.

Reparticion de los frenos.—Las convenciones de la Union Alemana previenen lo siguiente:

«Cuando se forman los trenes se deben disponer los frenos de manera que despues del último freno no se encuentre un número de coches superior al que segun la inclinacion de la pendiente correspondería á un freno.

Para las inclinaciones de más de $\frac{1}{200}$ (5 ‰) y de una longitud de más de 1.000 metros el último coche ó wagon debe ser freno y estar ocupado por un guarda.»

Estas disposiciones nos parecen perfectamente aceptables y aplicables, por consiguiente, á nuestras líneas.

E. MARISTANY.

Setiembre, 1884.

MADRID: 1885.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRAFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 45, bajo.