

FERROCARRILES

La resistencia de los trenes.

En su número de Diciembre de 1907, el *Bulletin du Congrès international des chemins de fer* reprodujo un artículo del profesor Alberto Frank sobre la resistencia de los trenes publicado por la revista alemana *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*. El autor de este artículo recuerda las conclusiones á que había llegado anteriormente, relativas á las fórmulas que sirven para determinar la resistencia de los trenes, y utiliza sus resultados para juzgar las fórmulas y experimentos debidos á Mr. Barbier, del ferrocarril del Norte francés. La crítica de los experimentos de Mr. Barbier, hecha por una persona de la autoridad del profesor Frank, ofrece un interés considerable y merece fijar en ella la atención.

Las fórmulas del profesor Frank para la resistencia de los trenes son de la forma

$$R = A + B V^2 + C V^3.$$

El primer término del segundo miembro de esta ecuación representa las resistencias debidas á los rozamientos; el segundo las resistencias debidas á los choques y vibraciones, y el tercero la resistencia del aire. Se observará que ninguno de estos términos es función de la primera potencia de la velocidad, y, por otra parte, que la resistencia debida á los choques y vibraciones varía como el cuadrado de la velocidad. Las constantes *A* y *B* son las mismas para las locomotoras, los coches y los vagones, cualquiera que sea su tipo. La constante *C* se determina por medio de una tabla que da su valor para las locomotoras, coches y vagones, sin tener en cuenta la longitud, ancho ni altura del coche ó vagón.

Valiéndose de esta fórmula, el profesor Frank procede al examen crítico de los resultados obtenidos por Mr. Barbier en los experimentos que efectuó en el Norte francés durante más de cuatro años y acerca de los cuales el propio Mr. Barbier se expresa como sigue: «Los experimentos tuvieron lugar en todas las estaciones del año, á fin de colocarse en las condiciones variadas del servicio corriente; las resistencias obtenidas pueden, pues, referirse á condiciones atmosféricas medias y á un estado ordinario de la vía. No hemos considerado más que los esfuerzos de tracción obtenidos en alineación recta, sobre un perfil uniforme, y á una velocidad sensiblemente constante, á fin de eliminar toda causa de incertidumbre que pudiera haber resultado de las correcciones que hubieran sido necesarias para tener en cuenta la influencia de las curvas y de la aceleración.» Los resultados obtenidos se han presentado en forma de curvas que pueden expresarse por ecuaciones del tipo

$$R = A + B V + C V^2,$$

en la que *A* representa las resistencias debidas á los rozamientos, el segundo término las resistencias debidas á los choques y á las oscilaciones laterales, y el tercero la resistencia del aire.

La diferencia que existe entre la forma de las dos ecuaciones es muy notable; pero esto no debe desviar nuestra atención del hecho, aún más importante, de que las curvas

de Mr. Barbier dan los resultados efectivos de sus experimentos, independientemente de toda la fórmula, que, como es sabido, sólo son tentativas que se hacen para representar algebraicamente las curvas. Ahora bien; ¿qué nos enseñan estas curvas? Dan las resistencias de dos trenes compuestos: el primero, de coches montados sobre dos carretones de cuatro ruedas cada uno y con un peso de 30 toneladas cada coche; el segundo, de coches de cuatro ruedas con un peso de 11 toneladas cada uno. Demuestran que la resistencia de los coches de cuatro ruedas es mucho mayor que la de los coches sobre carretones; la diferencia alcanza hasta el 28 por 100, á la velocidad de 60 millas (96,5 kilómetros) por hora. Además, el examen de las curvas revela el hecho de que esta diferencia varía con la primera potencia de la velocidad; es, por ejemplo, de 2,7 libras por tonelada (1,2 kilogramos por tonelada métrica) á la velocidad de 40 millas (64,4 kilómetros) por hora, y de 4,4 libras por tonelada (2 kilogramos por tonelada métrica) á la velocidad de 65 millas (104,6 kilómetros) por hora. Ahora bien; haciendo abstracción de toda fórmula, si consideramos estos experimentos como dignos de fe, y hay motivos más que suficientes para ello por el esquisito cuidado con que han sido efectuados, estamos en presencia de dos hechos sumamente instructivos: primero, los coches de cuatro ruedas ofrecen una resistencia mayor que los coches sobre carretones, y segundo, la resistencia es proporcional á la primera potencia de la velocidad. Este último hecho indica de un modo evidente la existencia de un elemento cualquiera de resistencia que varía en razón directa de la velocidad, y lo que es aún más importante, que este elemento de resistencia es el que da origen á la diferencia del esfuerzo necesario para remolcar los coches de cuatro ruedas, por una parte, y los coches sobre carretones, por otra. Estos resultados valen por sí solos años de experiencia y son de la mayor utilidad práctica.

El profesor Frank prescinde por completo de la diferencia entre los dos tipos de material móvil ensayados por Barbier; es decir, que ni reconoce que los experimentos de Barbier revelan una diferencia notable entre la resistencia de los carruajes sobre cuatro ruedas y los carruajes sobre carretones. Este hecho no tiene, por otra parte, nada de extraño, puesto que sus fórmulas no establecen ninguna diferencia entre dichos tipos de vehículos; en efecto, el segundo término de su ecuación, que expresa la resistencia debida á los choques y vibraciones, es el mismo para un carruaje sobre carretones de 30 toneladas que para un coche de cuatro ruedas de 11 toneladas. Esta hipótesis es ya de por sí sorprendente; pero lo que es todavía más sorprendente es verla emplear como base para una crítica de los ensayos con tanto cuidado hechos por Barbier. ¿Cómo entonces explica la diferencia observada en los dos casos? Dice que debe provenir de la resistencia atmosférica y sostiene que la resistencia del aire por tonelada remolcada, debe ser mayor para el tren de coches sobre cuatro ruedas que para el tren de coches sobre carretones, porque á pesos iguales hay mayor número de coches en el primer tren que en el segundo. Ahora bien; esto supone que la resistencia atmosférica de todos los coches es la misma, ya sean éstos de cuatro ruedas ó sobre carretones, largos ó cortos, anchos ó estrechos. Tal es, por otra parte, la suposición que hace el profesor Frank; tiene un coeficiente que da la resistencia de un coche de viajeros y lo aplica á toda clase de carruajes, cualquiera que sea su área superficial, y de esta manera llega á la conclusión de que los trenes de 15 coches de cuatro ruedas que pesan 160 tonela-

das, deben ofrecer mayor resistencia atmosférica que los trenes de siete coches sobre-carretones, y esto en la relación de 2,8 á 1. Pero, en primer lugar, si la resistencia de los dos tipos de trenes no difiere más que en la resistencia atmosférica, como ésta varía con el cuadrado de la velocidad, la diferencia debe variar también con el cuadrado de la velocidad, y á 65 millas (104,6 kilómetros) por hora, por ejemplo, sería de 7,1 libras por tonelada (3,2 kilogramos por tonelada métrica); mientras que en realidad, según las observaciones efectuadas, es de 4,4 libras (2 kilogramos). Así es que, como ya hemos indicado anteriormente, la diferencia varía como la primera, y no como la segunda potencia de la velocidad, y este hecho destruye la hipótesis del profesor Frank, á menos, no obstante, que aceptemos su conclusión, ó sea que, puesto que los resultados de Barbier están en desacuerdo con sus fórmulas, deben considerarse como inexactos, tal vez debidos á errores cometidos en el empleo del dinamómetro.

Felizmente tenemos á nuestra disposición datos de origen autorizado é independiente, que pueden servirnos para juzgar el valor de esta conclusión. Los coches de cuatro ruedas empleados en los experimentos de Barbier, con 2,77 metros de anchura, 3,40 de altura por encima del nivel de los carriles y 9,45 metros de longitud, tenían una superficie expuesta al aire de 67,82 metros cuadrados cada uno. Los coches sobre carretones del tren de prueba tenían 3,05 metros de ancho, 3,75 metros de altura sobre los carriles y 16,45 metros de longitud, lo que da una superficie expuesta al aire de 132,85 metros cuadrados por carruaje. Es generalmente admitido que la resistencia del aire depende de la superficie expuesta; el profesor Frank dice que varía como el cuadrado de esta superficie. Sin aceptar esta hipótesis, ¿puede considerarse como exacta una fórmula que, aplicada á un caso práctico como el que nos ocupa, da el mismo valor para la resistencia atmosférica del coche de cuatro ruedas y del coche sobre carretones empleados en los experimentos de Barbier? Ahora bien; esto es lo que da la fórmula del profesor Frank, y apoyándose sobre esta fórmula nos invita á considerar como erróneos los resultados obtenidos por Barbier. El hecho es que la resistencia atmosférica de los trenes de coches sobre carretones es mayor que la de los trenes de coches de cuatro ruedas, de suerte que, aparte de la diferencia de peso de los trenes, la resistencia atmosférica en kilogramos por tonelada remolcada es casi exactamente la misma, como se demuestra en la Memoria del profesor Carus-Wilson sobre «La determinación de la resistencia de los trenes», leída ante la *Institution of Civil Engineers*, de Londres, en Diciembre de 1907.

En resumen, los experimentos de Barbier son los más exactos que se conocen, debiendo por lo tanto aceptarse los valores que indican. Prueban de un modo concluyente que existe un término en V en la ecuación de la resistencia, y que este término comprende el elemento de resistencia que depende del tipo del material móvil empleado, elemento que hasta ahora no había sido tenido en cuenta por los investigadores, pero que evidentemente tiene la mayor importancia práctica. Ninguna teoría sobre la resistencia de los trenes que prescinda de este elemento puede tener el menor valor. Al decir esto no pretendemos, en modo alguno, garantizar la exactitud de las constantes numéricas de las ecuaciones de Barbier; á nuestro juicio no son completamente exactas y las críticas del profesor Frank relativas á este punto son bien fundadas. Pero al criticar la forma de la ecuación y las

garantías de exactitud de los experimentos, se ha dejado arrastrar por una confianza demasiado estrecha en sus propias fórmulas y no se ha apercibido de que los trabajos de Barbier, aun no siendo tal vez perfectos desde todos los puntos de vista, nos suministran materiales con los que se puede edificar una teoría científica sobre la resistencia de los trenes.—H.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El ladrillo silíceo-calcáreo.

(CONTINUACIÓN)

Algunas conclusiones sobre las propiedades de estos ladrillos.

Siempre que se observen las precauciones enunciadas para la fabricación, se obtienen ladrillos de dimensiones notablemente constantes. En las varias visitas que hemos realizado á La Platense, observando detenidamente todo el proceso de elaboración, examinando luego y haciendo comparaciones entre el ladrillo silíceo-calcáreo y el prensado ó de «máquina», hemos podido comprobar lo que expresamos al principio de este párrafo. No puede pedirse mayor perfección en el tipo de ladrillo; detalle que nunca desaparece aun en la forma de las diferentes superficies de ruptura en ejemplares tomados de diferentes pilas.

Como resistencia tienen 2,5 veces la del ladrillo común, pues alcanza en media á 249 kilogramos, como carga de ruptura.

Hemos tenido ocasión de ver muros hechos con este ladrillo, en los que el revoque ha sido suprimido; particularmente hacia el interior de habitaciones es donde mayor importancia tiene su aplicación, cuando sobre él deba fijarse papel; hay entonces economía de tiempo y de dinero.

En paramentos exteriores, en edificios generales, su empleo se está ensayando ya en esta ciudad; puede citarse entre otros el que se levanta en las calles Paraná y Charcas.

Alemania, Francia, Norte América y más últimamente Holanda, lo adoptan con muy buen éxito.

Las heladas no ejercen influencia alguna sobre ellos y se prestan perfectamente al trabajo variado.

Exposición y refutación de las críticas que se hacen al ladrillo silíceo-calcáreo.

El ladrillo silíceo-calcáreo, como todo material nuevo, ha sido objeto de numerosos ataques de los cuales ha salido triunfante, como lo demuestra el número cada día mayor de fábricas de este producto que se van estableciendo tanto en Europa como en la América del Norte.

El método de fabricación se ha ido perfeccionando paulatinamente y ha llegado á un grado que será difícil superar, y que satisface plenamente los requisitos del constructor más exigente.

Las primeras fábricas elaboraban el material con una mezcla de cal, arena y cemento, que se dejaba endurecer al aire libre, y si bien proporcionaban un buen material, esto no era un ladrillo silíceo calcáreo propiamente dicho, y re-