

orientación defectuosa de la entrada ó boca del puerto.

Doy por terminado, con esto, lo que me había propuesto decir sobre el trazado de puertos en el Mediterráneo.

No tengo la pretensión de que se establezcan como reglas fijas é invariables, las que deje indicadas en el curso de esta Memoria. Muy lejos de ello; hay varios puntos especiales en que he procurado demostrar que no puede llegarse nunca á soluciones completamente satisfactorias, y queda, por lo tanto, para los Ingenieros, el apreciar, debidamente, multitud de circunstancias locales, vencer numerosos obstáculos y elegir y proponer muchas y diferentes soluciones.

Consideraría, sin embargo, colmados, con creces, mis deseos, si la síntesis que he hecho se completase por personas más competentes, y después de purgada de los errores en que habré incurrido, pudiera servir de faro luminoso en la trabajosa senda que tienen que recorrer los Ingenieros para combatir, en materias de puertos, no sólo contra las fuerzas de la Naturaleza, sino también contra la obstinación de las Administraciones, del vulgo y á veces de los marinos, que no dando importancia sino á un aspecto del problema, el de la navegación, pretenden, amenudo, imponer sus ideas en lo referente á la formación de los terremonteros y la distribución interior de los puertos.

Y nada hay más lejos de mi intención que el menospreciar la autoridad y opiniones de los marinos. Uno de ellos precisamente, el ilustre Cialdi, es quien ha esclarecido con sus concienzudos trabajos muchos hechos y fenómenos que eran inexplicables con las antiguas

teorías inventadas y sostenidas en los gabinetes de estudio, en vez de ser deducidas por la observación personal de los fenómenos naturales.

RESISTENCIA QUE OPONE EL AIRE

Á LA MARCHA DE LOS TRENES

La reacción del aire es una resistencia que ejerce marcada influencia en la marcha de los trenes de los ferrocarriles; y si puede considerarse como despreciable mientras las velocidades de aquéllos son pequeñas, adquiere enorme importancia cuando se trata de trenes rápidos.

Aunque es reciente el empleo de las proas ó espolones colocados delante de las locomotoras, sería erróneo creer que no se ha concedido importancia á la resistencia del aire desde el origen de los ferrocarriles; y en prueba de ello, es oportuno recordar que Norris, de Filadelfia, en la primera locomotora que construyó, daba á la parte anterior de la caldera una forma semejante á la proa de un navío, con objeto de reducir la resistencia del aire (1).

También es justo mencionar, que hace unos cincuenta años un Ingeniero que se ha ocupado de casi todas las cuestiones industriales y mecánicas, y que tiene una reputación universal en metalurgia, Sir Henry Bessemer, estudió muy á fondo la cuestión de que tratamos, y propuso las soluciones que hoy se adoptan. El resumen de tales estudios está publicado en un folleto que editó en 1845 ó 1846 la casa Jhon Weale de Londres, con el título «On

(1) Este hecho está consignado en la página 163 de la edición francesa de *Máquinas de vapor en los Estados Unidos*, de Hodge, Rouwch y D. Stephenson, publicada en París en 1842. Puede fijarse la fecha hacia el año 1835.

the resistance of the atmosphere to Railway trains and Means of lessening the same», por H. Bessemer. Un extracto de este folleto, que hemos encontrado en el *Mechanic's Magazine* de 1847, vol. I, pág. 508, es lo que nos ha servido de base para redactar estos apuntes.

Se expone allí, en primer término, que mientras los constructores de barcos han procurado siempre que la longitud de los cascos sea considerable con relación á las dimensiones transversales, dándoles formas alargadas y adelgazadas en sus extremos anterior y posterior, se observa lo contrario en los vehículos terrestres, aun en aquellos que están destinados á circular á grandes velocidades, como los carruajes de los ferrocarriles; pues á todos se les da una anchura relativamente considerable, empleando formas cuadradas. Y, sin embargo, no se puede negar que el aire, aunque menos denso que el agua, opone, como ésta, cierta resistencia al desplazamiento de los cuerpos, y no se comprende por qué no se ha tenido presente esta circunstancia.

Puede considerarse que la resistencia del aire crece como los cuadrados de las velocidades y hoy, que éstas son cada vez mayores, es preciso examinar la cuestión con todo el interés que merece, y mirar como absurdo que los vehículos destinados á marchar con velocidades de 80 ó más kilómetros por hora, estén terminados por caras planas perpendiculares á la dirección de la marcha; de igual manera que sería absurdo dar formas de barcas á los buques que han de servir para las navegaciones rápidas.

Las administraciones de los ferrocarriles no pueden alegar como excusa el que no se les ha llamado la atención sobre este punto, puesto que, ya en el

año 1838, el doctor Lardner, en una comunicación que dirigió á la Asociación Británica, indicaba, como resultado de experiencias directas, que la resistencia del aire en los trenes de gran velocidad, es superior á todas las demás resistencias, consignando: que si á 50 kilómetros por hora, aquélla podía apreciarse en 6,50 kilogramos, á 100 kilómetros de velocidad, la resistencia del aire subiría á 13 kilogramos, ó sea el cuádruplo de las otras resistencias al movimiento del tren, las cuales, en conjunto, apenas llegan á 3 kilogramos por tonelada.

Algunos años después, Robert Stephenson manifestó su completa conformidad con las conclusiones del sabio doctor.

M. H. Bessemer, por su parte, ha realizado una serie de experiencias muy completas para comprobar: 1.ºCuál es la resistencia del aire contra los trenes de los ferrocarriles, tales como están constituidos actualmente; y 2.º Cuánto se reduciría dicha resistencia empleando para atenuarla algunas disposiciones; como, por ejemplo, rellenar los intervalos que quedan entre los vehículos. Estas experiencias, que se interrumpieron bruscamente por causas que no se indican en el folleto aludido, han sido suficientes para demostrar que la resistencia que ejerce el aire contra los frentes de los diferentes vehículos del tren es el 0,4 de la que obra sobre el primero y que llenando los espacios entre los vehículos se reduce muchísimo esta resistencia suplementaria.

Con estas bases ha establecido M. H. Bessemer las tablas siguientes (1):

(1) En estas tablas se han reducido las medidas inglesas á métricas admitiendo un pequeño error, para redondear los números; así en vez de 97 kilogramos se han puesto 100, y en lugar de 48,50, 50, etc.

TABLA A

RESISTENCIAS EN DIVERSOS TRENES Á LA VELOCIDAD DE 50 KILÓMETROS POR HORA, SEGÚN LA FÓRMULA DE LARDNER, CON LA REDUCCIÓN DEDUCIDA DE LAS EXPERIENCIAS DE BESSEMER.

Número de vehículos.	Peso total del tren.	Resistencia á la rodadura. — 4.50 kilogr. por tonelada.	Resistencia del aire. — 6.50 kilogr. por tonelada.	Resistencia total. — Actual.	Reducción de la resistencia en los vehículos intermedios.	Resistencia total. — Corregida.
10	40 t.	180 kgs.	260 kgs.	400 kgs.	210 kgs.	230 kgs.
15	60	270	390	660	345	315
20	80	360	520	880	477	403

TABLA B

RESISTENCIAS EN DIVERSOS TRENES A LA VELOCIDAD DE 60 KILÓMETROS POR HORA, SEGÚN LA FÓRMULA ADOPTADA POR M. ROBERT STEPHESON.

Número de vehículos.	Peso total del tren.	Resistencia á la rodadura. — 4.50 kilogr. por tonelada.	Resistencia del aire. — 9 kilogr. por tonelada.	Resistencia total. — Actual.	Reducción de la resistencia en los vehículos intermedios.	Resistencia total. — Corregida.
10	40 t.	180 kgs.	360 kgs.	540 kgs.	280 kgs.	260 kgs.
15	60	270	540	810	460	350
20	80	360	720	1080	640	440

TABLA C

RESISTENCIA DE UN TREN EXPRESO, Á LA VELOCIDAD DE 100 KILÓMETROS POR HORA, ADMITIENDO QUE LA RESISTENCIA DEL AIRE CRECE COMO EL CUADRADO DE LA VELOCIDAD.

Número de vehículos.	Peso total del tren.	Resistencia á la rodadura. — 4.50 kilogr. por tonelada.	Resistencia del aire. — 27 kilogr. por tonelada.	Resistencia total. — Actual.	Reducción de la resistencia en los vehículos intermedios.	Resistencia total. — Corregida.
10	40 t.	180 kgs.	1080 kgs.	1260 kgs.	850 kgs.	410 kgs.

El examen de estas tablas demuestra que se podrían alcanzar grandes velocidades en los trenes, sin incremento notable del trabajo motor, si se redujese la resistencia del aire por el medio indicado. Se ve, en efecto, en la tabla A que la resistencia total de un tren compuesto de 10 vehículos, y que marche á la velocidad de 50 kilómetros por hora, es actualmente de 440 kilogramos por tonelada; y la tabla B indica, que adoptando la solución propuesta con la misma resistencia, y por tanto con el mismo esfuerzo, puede remolcarse un tren de 20 vehículos á la velocidad de 60 kilómetros por hora.

Del mismo modo la tabla A da 440 kilogramos de resistencia total actual para un tren de 10 vehículos á la velocidad de 50 kilómetros por hora, y según la tabla C, el mismo tren con la modificación aludida podría marchar á 100 kilómetros, siendo la resistencia á 410 kilogramos solamente, ó sea bastante menor que la primera.

Para realizar esta reducción de resistencia, M. Bessemer propone que se adapte la modificación siguiente en la construcción de los vehículos de los ferrocarriles: Colocar en los dos frentes de los coches un bastidor, sujeto en la parte inferior á los topes y unido á las aristas de todo el perímetro del frente por una faja de cuero, gutapercha ú otra materia flexible, de modo de constituir una especie de acordeón.

Cuando los vehículos están aislados, estos acordeones quedan rebatidos y aplicados sobre el frente, y cuando los coches se unen para componer el tren dichas prolongaciones flexibles, que tienen el mismo saliente que los topes, se ponen en contacto y pueden unirse la de un vehículo con la del siguiente,

quedando así llenos los espacios entre éstos. La flexibilidad de tales uniones permite todos los movimientos de los topes en las curvas y los motivados por las variaciones del esfuerzo de tracción.

Consideraciones análogas é inspiradas siempre en el propósito de reducir la resistencia del aire conducían á proponer que el último vehículo lleve en la parte posterior un apéndice apuntado en forma de cuña ó de cono, es decir, una especie de popa (1).

M. Bessemer añade aún otra disposición, que es cubrir la parte inferior de los bastidores de los coches con un palastro delgado para evitar la resistencia del aire contra las piezas transversales del bastidor. Y justifica esta precaución diciendo que cada pie cuadrado de superficie transversal crea una resistencia de 4,50 libras cuando la velocidad es de 50 kilómetros por hora; por tanto, valorando en unos 18 pies cuadrados la superficie de las piezas transversales del bastidor y reduciendo esta cifra á la mitad, por lo que cubren unas piezas á otras, resulta una resistencia de 40 libras, ó sean 18 kilogramos, resistencia que es aproximadamente igual á la debida á la rodadura en un vagón que pese cuatro toneladas.

(Se concluirá.)

(1) Parece, en efecto, lógico que empleando locomotoras con espolón á proa, se dote al último vehículo de esa especie de popa. La depresión que se origina detrás del tren equivale á un incremento de presión delante de la máquina, y por tanto á un aumento de resistencia.