

cos, y es indudable que si se hubiese empleado el sistema de fundaciones tubulares por medio del aire comprimido, se hubiese economizado la 5.<sup>a</sup> parte de esta suma.

Por último siendo este sistema aun muy moderno puede mejorarse; así para extraer las materias con facilidad, podia emplearse como se esta haciendo en el puente de Kehl sobre el Rhin, un tubo central en el cual funcionase una noria ó un mecanismo cualquiera, propio para dragar y para separar las materias del fondo de los tubos.

J. FRÉMAUX

Ingeniero de Puentes y Calzadas, al servicio de la Compañía de Orleans.

### APUNTES RELATIVOS

#### AL TRAZADO DE LOS FERRO-CARRILES.

ANCHO DE VIA — PENDIENTES — CURVAS — COMPARACION DE TRAZADOS.

El estudio de las influencias que en la construccion y explotacion de un ferro-carril ejercen, tanto el ancho que se adopte para la via, como la inclinacion de las pendientes y el radio de las curvas ofrece un gran interes. A pesar de no estar resueltas todas las cuestiones á que dan lugar pueden sin embargo apreciarse con bastante aproximacion para guiar en el trazado que haya de adoptarse. Haremos algunas ligeras indicaciones, pues el hablar de dichas cuestiones con la estension debida exige un tratado especial.

#### Ancho de via.

Puede decirse que al establecerse los primeros caminos de hierro en Inglaterra, se procedió sin detenido exámen para la adopcion del ancho de la via; ni podia tampoco en aquella época tenerse presentes las circunstancias que la práctica dió á conocer despues. Tuvieron por objeto la explotacion de minas; en ellos se emplearon los carruajes comunes

y la separacion entre las barras-carriles se arregló á la que habia entre las ruedas de estos.

Al establecer locomotoras para la explotacion puede decirse que se subordinó su construccion á la anchura de las vias establecidas; se verificaron ciertas modificaciones en algunos casos; pero sin prever la influencia posterior de las dimensiones adoptados.

La via llamada estrecha de 4<sup>m</sup>,44 á 4<sup>m</sup>,45 se generalizó no solo en Inglaterra sino tambien en Francia, Bélgica y Alemania y Stephenson la adoptó en el ferro-carril de Liverpool á Manchester.

En la construccion del Great-Western, Brunel adoptó un ancho de 2<sup>m</sup>,12 persuadido de las ventajas que traeria para la seguridad de la explotacion y la potencia de las máquinas locomotoras.

Se hicieron algunas escepciones en otros paises; así es que la Irlanda y Baden adoptó un ancho de 4<sup>m</sup>,575, Holanda 4<sup>m</sup>,95 y Rusia 4<sup>m</sup>,85. En 1840 se aconsejó al gobierno frances por Bineau, Pambour y otros ingenieros, el aumentar el ancho á 4<sup>m</sup>,60; pero no se llevó á efecto.

Los grandes inconvenientes, á que da lugar la diferencia entre el ancho de las vias, se hizo conocer bien pronto cuando en Gloucester tuvieron que empalmarse, obligando á tomar una determinacion sobre objeto tan importante.

En 1845 una comision de la Cámara informó sobre el privilegio pedido por las compañías del camino de hierro de Lóndres á Birmingham, y la del Great-Western para construir ambas un camino entre Oxford y Wolverhampton, decidiéndose á favor de la compañía Great-Western por las ventajas del trazado; sin embargo Lord Dalhousie y Cobden, llamaron la atencion de las Cámaras, sobre la necesidad de que en lo sucesivo se fijase en las concesiones el ancho de via, y si convenia fuese este uniforme y practicable el uniformar este ancho en los caminos construidos.

Se abrió una informacion en consecuencia de lo indicado y hubo divergencia en las opi-

niones de los ingenieros que tomaron parte en ella. Algunos entre ellos Brunel preferia la via de 2<sup>m</sup>,12, Cubitt (Benjamin) la de 1<sup>m</sup>,58 y William Cubitt la de 1<sup>m</sup>,80; reconocian como la mejor para las minas la de 1<sup>m</sup>,44. Pasley era de opinion se redujesen todos los caminos de hierro de Inglaterra á un solo ancho comprendido entre 1<sup>m</sup>,50 y 1<sup>m</sup>,80. Vignoles á pesar de haber construido y proyectado lineas con 1<sup>m</sup>,44, con el objeto de que tuviesen el mismo ancho que aquellas con que habian de empalmar preferia la de 1<sup>m</sup>,80. Tambien algunos fabricantes de máquinas preferian la de 1<sup>m</sup>,50 á 1<sup>m</sup>,80.

Hubo ingenieros entre ellos Stephenson y Wood que no consideraban como inconveniente el ancho de 1<sup>m</sup>,44 en razon á la *perfeccion del material que se empleaba ya en los caminos de hierro*, y á la que podria obtenerse en lo sucesivo, pudiéndose dar segun indicó Braithwaite toda la potencia necesaria á las locomotoras para las necesidades actuales, y futuras del comercio, con la via de 1<sup>m</sup>,44. Se creyó tambien por algunos conveniente este ancho por las ramificaciones que habrian de establecerse de caminos de segundo orden.

Al examinar la cuestion se consideró bajo varios aspectos, siendo uno el de las dificultades que podria ofrecer el encuentro de dos vias de ancho diferente. Brunel y otros Ingenieros proponian levantar los carruajes, y colocarlos sobre las ruedas de la otra via, ó bien colocar aquellos con ruedas, y todo sobre un truck. Los carbones puestos en cajas de hierro trasbordarlos, y los viajeros no habria inconveniente en que se apeasen para subir al tren inmediato; sin embargo, se citaron por algunos los experimentos hechos para trasbordar géneros, los cuales dieron á conocer la pérdida de tiempo, los entorpecimientos y peligros á que daban lugar estos cambios.

El camino de Bristol á Gloucester se citó por Harding como ejemplo de los inconvenientes que habia en los cambios de anchos de via por la gran irregularidad que producia en el servicio, lo espuesto que era que sucediesen averias, errores y entorpecimientos en la remision de mercancías, mayor carestia de tras-

portes y retardos considerables en el servicio.

En la informacion se establecieron las conclusiones siguientes:

1.<sup>a</sup> Que para la seguridad y comodidad no habia motivo, para decidirse en favor de una ú otra via; pero en la ancha el movimiento era mas suave en las grandes velocidades.

2.<sup>a</sup> Relativamente á la velocidad estaba la ventaja por la via ancha, pero que en el concepto de la comision la seguridad pública se comprometeria si se empleasen los recursos de la via ancha, para obtener velocidades superiores; á menos que estas vias no se hiciesen muy sólidas. Lock opinaba no debia excederse de 80 kilómetros por hora cualquiera que fuese el ancho de via.

La circunstancia de haberse adoptado la via estrecha y la ancha por ingenieros tan distinguidos como Stephenson y Brunel hizo que se formasen dos partidos en las discusiones; pero los ingenieros imparciales propusieron una via media; sin embargo la comision presentó su dictámen favorable á la via de 1<sup>m</sup>,44, en vista de haber ya gran número de ferrocarriles construidos con este ancho. Su dictámen se modificó para conciliar los distintos intereses.

Las Cámaras autorizaron la via ancha de 2<sup>m</sup>,12 para la prolongacion del Great-Western y sus ramales. Tambien decidió que en el caso, que se juzgase oportuno se podria autorizar una modificacion de la via normal de 1<sup>m</sup>,44, como efectivamente se autorizó á varias lineas á condicion de obligar á las compañías el poner si fuese necesario un tercer carril para formar una linea mista.

En 1847 se hizo una nueva informacion; pero no produjo resultados, proponiéndose la construccion de vias mistas entre Great Western y *London and North-Western*.

Los comisarios de caminos de hierro de Inglaterra, en su informe de 1848 sobre la autorizacion para prolongar la via ancha entre Oxford á Birmingham, despues de discutir los elementos que producen la potencia de las locomotoras, admitieron, que no debiendo excederse de ciertos limites en la resistencia de los

carriles sin causar gastos demasiado considerables de construcción, se debía fijar entre 1600 y 1800 kilogramos la adherencia de un solo juego de ruedas motoras en grandes velocidades. Bajo este principio, y dependiendo la potencia de las máquinas de la mayor evaporación, concluyeron que á nivel con las máquinas de la vía ancha, podían remolcarse trenes de viajeros de 60 toneladas con 96,5 kilómetros por hora siendo así que en la vía estrecha solo podía verificarse á 80 kilómetros.

Decían los comisarios citados en su informe, que la velocidad de los trenes mayores y más pesados de viajeros se habían sostenido en la vía ancha con mayor regularidad que en los de estrecha en los caminos construidos en Inglaterra.

En 1847 Stephenson tuvo que informar sobre el medio propuesto por Brunel y adoptado en el camino de Gloucester, para el paso de una á otra vía por medio de la vía mixta, que consiste en la adición de una tercera barra interior en la ancha y exterior en la estrecha, para que los carruajes puedan pasar de una á otra; además de otros inconvenientes hace notar las dificultades que resultan en los cambios de vía.

El examen de estas discusiones y de las circunstancias que se presentan en la práctica, convencen de lo perjudicial que es para la explotación la diferencia de anchos de vía; así debe evitarse esto en un país en que se empiecen á construir líneas de importancia, pues solo para algunas de explotación de minas ó de interés privado, en que no hubiere probabilidades de tenerlas que enlazar con otras principales podría admitirse anchos de vía diferentes de los adoptados en estas. Además presentan también inconvenientes como vías estratégicas,

Relativamente á las ventajas é inconvenientes que presentan respectivamente la vía ancha y la estrecha, enumeraremos las principales.

La teoría y la práctica dan á conocer que de las locomotoras que se construyen para vía ancha en razón al aumento que puede darse á la superficie de calefacción se obtiene mayor efecto útil, pudiendo remolcar las cargas á igualdad de peso con mayor velocidad que en la vía

estrecha, ó bien arrastrar una carga mayor con menor gasto de combustible. Es por consiguiente una gran ventaja la que se obtiene con la adopción de la primera.

Se ha dicho que la mayor superficie de calefacción hace se obtenga de las locomotoras el mayor efecto útil, y el medio más favorable de conseguirlo es aumentando el número de tubos evaporantes. En efecto, veamos lo que dice el guía del constructor y conductor de locomotoras de Lechatelier Flachet Petiet y Palonceau sobre este objeto.

«Es sobre todo ensanchando el hogar como hay que proceder para ponerse en las condiciones más favorables de aumentar la evaporación y producir los efectos más ventajosos con el combustible. Lo mismo sucede con los tubos; aumentando su longitud hay más dificultad en el tiro, y se disminuye el efecto útil del vapor, mientras que colocando más número de estos para llegar á un aumento dado de superficie de calefacción, se da más sección á los tubos de salida, sin aumentar su longitud, y se mejoran las condiciones del tiro. Es, pues, á la vez por el aumento de las dimensiones horizontales del hogar y del número de tubos, que se debe llegar al aumento de superficie de calefacción, y conviene llegar al mayor grado posible que exigen las demás condiciones impuestas al constructor. De aquí también aumentar el diámetro de la caldera cuanto sea posible, para que al colocar muchos tubos se pueda obtener capacidad suficiente para el vapor; y evitar el arrastre del agua que mezclada con el vapor pasa á los cilindros cuando no tiene la suficiente cabida aquel.»

Se ve, pues, que esto solo puede obtenerse con el conveniente ancho de vía. En la estrecha por no poderse ensanchar las calderas se han alargado desapareciendo, una de las ventajas que se atribuían á esta vía para el paso de las curvas. De la mayor potencia que puede darse á las locomotoras resulta la de poderse adoptar pendientes mayores en el trazado. Tiene también la ventaja, la vía ancha, de poderse inspeccionar mejor las máquinas, permitir aumentar el diámetro de las ruedas para obte-

ner mayores velocidades conservando su estabilidad lateral, poderse bajar el centro de gravedad de las locomotoras y carruajes, poniendo la caja de estos entre las ruedas; el colocar los cilindros de las máquinas entre las ruedas en vez de verificarlo en los costados, pues en este último caso es mas fácil de condensar el vapor en ellos, lo cual es perjudicial. También las varillas de los cilindros actúan mas ventajosamente en el primer caso que no á los extremos de los ejes motores.

Se ha opinado por algunos, que con las máquinas ligeras en la vía estrecha se podrá satisfacer bien las necesidades de la circulación aumentando el número de convoyes; pero de este modo se hacen mayores ciertos gastos iniciales y se complican las operaciones de explotación.

El ingeniero Mr. Lechatelier en su memoria de 1851 sobre los caminos de hierro de Inglaterra dice, que á pesar de que las máquinas de la vía estrecha han recibido mejoras considerables; sin embargo, las de la vía ancha podrán recibirlas también conservando la superioridad. Es de opinión que hubiera sido mejor adoptar en Francia una vía de 1<sup>m</sup>,60, pues de este modo las máquinas podrían haberse construido de proporciones mas convenientes y no ceder en nada para el servicio de los trenes Express á las máquinas del Great-Wertern, en los límites que exige la seguridad. Se hace cargo este ingeniero de la principal objeción que puede hacerse á la vía estrecha relativa á la construcción de máquinas de mercancías, indicando lo siguiente:

«El acoplar las 6 ruedas en estas máquinas permite utilizar todo su peso para producir la adherencia, sin sobrecargar los ejes de un modo perjudicial, para la conservación de la vía. El aumento creciente del tráfico de viajeros que deja menos intervalos para el paso de trenes de pequeña velocidad, y el de mercancías, que aumenta al mismo tiempo el número de estos últimos trenes y la adopción de fuertes pendientes son otras tantas circunstancias que exigen el empleo de máquinas poderosas, montadas sobre grandes ruedas. La

necesidad de dar un gran diámetro á las ruedas motoras de las máquinas de mercancías 1<sup>m</sup>,50 ahora y sin duda 1<sup>m</sup>,60 en lo sucesivo, exige cilindros de gran diámetro, al mismo tiempo que la economía de la potencia motora, exige calderas voluminosas. En este estado de cosas los constructores encuentran dificultades por la falta de espacio entre las ruedas que limita el diámetro del cuerpo cilíndrico de la caldera y de los cilindros, hay necesidad de recurrir á espaldientes para encontrar lugar al mecanismo de distribución y para aumentar la superficie de calefacción, y se tiene que dar á las calderas alturas poco convenientes. Un aumento de 20 á 30 centímetros entre los carriles evitaría estos inconvenientes.»

En vista de todo, el autor lamenta no se hubiese discutido en Francia lo conveniente sobre este objeto; y aconseja que en los países en que se deba adoptar ancho de vía se haga de 1<sup>m</sup>,70 á 1<sup>m</sup>,80, pues con estas dimensiones no se aumenta mucho el ancho de las obras y se obtienen las dimensiones necesarias en los vehículos; pero no solo los ingenieros citados opinan debería haberse establecido en Francia un ancho de vía mayor, sino que Pambour, en su tratado de locomotoras (1840), al comparar la vía ancha y estrecha aconseja el adoptarla de 1<sup>m</sup>,60 en los países que estuviesen á tiempo de verificarlo, y lo mismo aconsejaba al Gobierno el ingeniero Bineau hácia la misma época.

En el informe dado en 1855 al ministro de Obras públicas de Francia se reconocía la ventaja de la vía de 1<sup>m</sup>,80 sobre la de 1<sup>m</sup>,44 particularmente en los caminos con curvas de pequeño radio; pero se convenía en la necesidad de adoptar ya en Francia esta última en razón al gran número de líneas construidas.

De los experimentos de Gooch en Inglaterra sobre la resistencia que experimentan los trenes resulta que son estos un 20 por 100 menores en la vía de 2<sup>m</sup>,15 que en la de 1<sup>m</sup>,45.

La mayor economía de primer establecimiento en la vía estrecha, no debe tenerse en cuenta por su poca entidad comparada con

las ventajas que resultan, en la de un ancho que sin ser exagerado cumpla con las buenas condiciones de explotación, como sucede con la adoptada en España de 1,<sup>m</sup>672 (6 pies). En efecto, las obras de tierra y de fábrica, aun suponiendo que tuvieran el aumento del ancho de la vía todo sería 25 centímetros ó sea aproximadamente un 4 por 100 de aumento de gasto. Pero en rigor ni aun es necesario este aumento, pues pudiera permanecer el mismo ancho total en todas las obras sin inconveniente. Según el cálculo que tomamos de informes oficiales, el exceso de gasto por kilómetro proveniente del mayor peso de las barras carriles vendrá á ser de 11,000 rs., y el del aumento de longitud de traviesas sobre 2000 rs. todo por kilómetro.

El mayor coste del material móvil según el cálculo hecho para un camino de 22 leguas, suponiendo 100 vehiculos y 20 máquinas para el servicio, hace un exceso de 9000 reales.

Pero comparado este exceso de gasto con las ventajas de ahorro de combustible que se obtiene con las máquinas de mayores dimensiones, las mayores cargas remolcadas etc., se calcula en los referidos documentos los mayores productos que puede dar la explotación, de suerte que al año de esta casi queda compensado el aumento de gasto de primer establecimiento, habiendo un producto mucho mayor en lo sucesivo que con la vía estrecha.

Cuando en 1844 se hicieron concesiones de caminos de hierro en España, trató el Gobierno de ilustrarse con el parecer de personas entendidas, y se nombró una comisión de ingenieros para informar sobre las condiciones generales que debían regir en la construcción de estos. La comisión, después de hacerse cargo de la mayor parte de las razones espuestas anteriormente, fijaron 1,<sup>m</sup>672 (6 pies) para el ancho de vía que debía adoptarse; y es la que próximamente propone Lechatelier. Por Real orden de enero de 1845 se mandó observar este ancho al aprobar las condiciones generales. En el proyecto de ley de 1848 también se admitió vía de 6 pies.

La construcción de caminos de hierro

en España parecía ya en 1850 dar indicios de vida y animación, pensándose abrir diversas líneas, en construcción alguna de ellas, hechas muchas concesiones y para darse otras. El Gobierno pensó entonces adquirir todos los datos necesarios, á cuyo fin se nombró una comisión de las Cortes, la cual abriendo una información, llamó á personas competentes que la auxiliasen, discutiéndose las diversas cuestiones administrativas, económicas y de arte.

P. C. ESPINOSA.

(Se continuará)

### PARTE OFICIAL.

7 de Julio. Real orden autorizando á D. Antonio Ivars, para que en el término de diez meses verifique los estudios de un ferrocarril que, partiendo de Bonifayó y pasando por las inmediaciones de Sollana y Sueca, termine en la villa y puerto de Cullera.

7 de Julio. Real orden autorizando á D. Carlos Lameable, para que en el término de un año verifique los estudios de un ferrocarril que, partiendo de las inmediaciones de Sevilla y pasando por la Algaba, Cerena, campo de Tejada, Manzanilla, Palma, Villaraso, Nieblas y San Juan del Puerto, termine en Huelva.

9 de Julio. Real orden autorizando á D. Salvador Cortés y Pagá, para que aproveche las aguas de la rambla llamada de Petrel en el movimiento de un molino harinero que intenta construir en término del pueblo del mismo nombre y punto llamado Cuesta de Figueralt, en la provincia de Alicante.

9 de Julio. Real orden autorizando á D. Ignacio Fernandez, para que aproveche las aguas del río Cidacos, en la provincia de Logroño, como fuerza motriz de una máquina para abutantar paños que tiene proyectada en jurisdicción de Arnedillo, bajo ciertas condiciones.

11 de Julio. Real orden mandando que en 1.º de setiembre próximo se ilumine el nuevo faro de tercer orden que se ha construido en la isla de Tapia, provincia de Oviedo.

15 de Julio. Real orden declarando de tercer orden la carretera que, partiendo de Tarazona y pasando por Bulebuciente, Malejan, Barga, y Magallón, termina en Gallur.

18 de Julio. Real orden autorizando á D. Carlos Guerout, para que en el término de un año pueda verificar los estudios de un ferrocarril que, partiendo de la cuenca carbonífera de Belmez, y pasando por las inmediaciones de Fuentesovejuna, Azuaga, Malcocinado, Alanís, San Nicolás, fundición de hierro del Pedroso y minas carboníferas de Villanueva del Río, enlace con la línea de Córdoba á Sevilla, en Tocina ú otro punto de la misma que se crea conveniente.

19 de Julio. Real orden autorizando á D. Alfonso Manuel Castro para que en el término de un año pueda verificar los estudios de un ferrocarril que partiendo de Murcia termine en Almería.

20 de Julio. Declarando de tercer orden la carretera que partiendo del ferrocarril de Madrid á Albacete en la estación de Villarrobledo, y pasando por la villa del Bonillo, termina en Ballestaro.

20 de Julio. Declarando de tercer orden la carretera que, partiendo de la de Albacete á Cartagena y dirigiéndose por la Canada del Romero, termina en Archena.

20 de Julio. Declarando de tercer orden la carretera que partiendo de Arcos y pasando por Paterna de Rivera y Medina Sidonia, termina en Chiclana.

27 de Julio. Real orden concediendo á D. Gaspar Bermudez de Casiro la prórroga de cuatro meses para verificar los estudios de un canal de riego, derivado de la Fuente del Muerto, que fertilice varios campos de Motril, Carchuna y Colahonda.

27 de Julio. Real orden concediendo á D. Santiago de Galvez Padilla, y D. Miguel Redondo y Escorial, la prórroga de un año para terminar los estudios del canal de riego derivado de los ríos Castril y Guardal, en la provincia de Murcia.

27 de Julio. Real orden concediendo á D. Pedro Martínez Langrós la prórroga de ocho meses para continuar los estudios de un canal de riego derivado del Canal Imperial de Aragón que se dirija al Sudeste del trazado de Pignatelli.

27 de Julio. Real orden autorizando á D. Lucio Domínguez, vecino de esta corte para que en el término de diez y ocho meses pueda verificar los estudios de dos canales de riego que derivados del río Guadajoz, fertilicen sus valles, desde Castro del Río hasta el puente viejo en la carretera general de la provincia de Córdoba.

27 de Julio. Real orden autorizando á D. Lucio Domínguez, vecino de esta corte, para que en el término de diez y ocho meses pueda verificar los estudios de dos canales de riego y de fuerza motriz la-