

Número de segmentos.	= 6
Altura de la sobrecarga reducida.	= 11,05
Peso de la semi-bóveda.	= 0,804
Peso total (en altura).	= 11,854
Valor constante de a	= 0,260
Relación escogida para las fuerzas del polí- gono funicular $= 10 \times a$	= 10,40

$$a_1 = 0,259$$

$$a_2 = 0,242$$

$$a_3 = 0,205$$

$$a_4 = 0,161$$

$$a_5 = 0,099$$

$$a_6 = 0,034$$

$$r_1 = 1,000$$

$$r_2 = 0,923$$

$$r_3 = 0,788$$

$$r_4 = 0,619$$

$$r_5 = 0,380$$

$$r_6 = 0,130$$

(Se continuará.)

JULIO VALDÉS,
Ingeniero de Caminos.

LOS FERROCARRILES DE INTERÉS LOCAL

VENTAJAS DE LA VÍA ESTRECHA

POR

M. AUG. MOREAU

(Continuación.)

VI.

DE LA VÍA ANCHA ECONÓMICA.

Creemos haber demostrado suficientemente en todo lo que precede, que no cabe comparación entre la vía ancha y la estrecha para la construcción y explotación de los caminos de hierro de tráfico reducido.

Sin embargo, como algunas personas han sostenido que, aun conservando la unidad de vía, sería posible en Francia establecer los caminos secundarios con vía ancha, casi al mismo precio que con la estrecha, nos vemos obligados á examinar un momento esta cuestión y á refutar enérgicamente tal aserto.

Se han presentado números, y de ellos se ha deducido que la vía ancha no debe costar más de 60 á 90.000 francos el kilómetro, y que, por lo tanto, debía generalizarse su adopción (1).

(1) MM. Béral et Bazire, Rapport d'une mission confiée par le Ministère des Travaux publics, en 1879.

Se recomienda con este objeto el tipo de vía ancha llamado *económico*, que consistirá en simplificar cuanto fuese posible las instalaciones de las líneas generales, conservando la misma latitud de vía. Se emplearía un carril más ligero, y si bien no circularían sobre la línea pequeña las locomotoras de la principal, podría verificarse, sin embargo, diaria y cómodamente un cambio de vehículos de las dos compañías.

Trataremos de nuevo esa cuestión del cambio de material, que hemos examinado ya anteriormente, y que es una utopía teórica cuando se trata de explotaciones de pequeña importancia; pero desde luego se puede deducir, basándose en nuestras precedentes demostraciones, que hágase lo que se haga con la pretendida vía ancha económica, no se llegará nunca, á pesar de cuantos procedimientos bastardos se pongan en práctica, á impedir que la estrecha resulte notablemente más barata.

La vía ancha más económica tendrá siempre la desventaja de remolcar mayor peso muerto, conservando con todo una constitución excesivamente débil; la vía estrecha atenuará considerablemente ese defecto, presentando, sin embargo, una instalación muy robusta.

Un argumento bastante especioso, que exponen los partidarios de la vía ancha, consiste en que las locomotoras de las líneas secundarias serán siempre más pesadas que los vagones más cargados de las líneas generales: la vía deberá ser bastante fuerte para soportar estos últimos, y, por consiguiente, no existe ventaja ninguna para privarse de la uniformidad de vía.

Los que razonan de un modo tan singular olvidan que el peso de la locomotora puede ser cualquiera; lo que importa es la repartición del peso entre los ejes. Los vagones de las grandes líneas sólo tienen dos ejes, cargados con 7 á 8 toneladas cada uno, mientras que las locomotoras de las líneas secundarias, de dos ó tres ejes acoplados, soportan rara vez aquella carga, que casi nunca excede de 5 á 6 toneladas. Únicamente en casos extremos de un tráfico importante y de un perfil accidentado, ese peso llega á 8 toneladas, que corresponde á una locomotora de 24, pocas veces empleada en la vía reducida.

De todos modos, para conseguir que el coste de un ferrocarril de vía normal sea muy poco superior al de una vía estrecha, sólo se puede concebir un camino de hierro en condiciones distintas de las ordinarias, cuyos gastos de conservación sobrepujarán en mucho las economías obtenidas en el primer establecimiento, y que, además, será insuficiente, mientras que la línea la más económica de vía estrecha satisfará mejor al tráfico y con más ventaja que la mejor de las vías anchas.

A fin de probar que la vía ancha económica puede construirse con 60 á 70.000 francos el kilómetro, los interesados citan el ejemplo de algunas li-

neas establecidas, en efecto, por esas cantidades. Pero no han examinado ciertamente con atención el presupuesto de esas líneas, porque, de seguro, sus conclusiones no resultarían tan terminantes; y el peligro que éstas ofrecen es muy grave, porque de generalizarse semejante convicción, sería la paralización desde el origen del desarrollo de los ferrocarriles secundarios, que exigirán siempre con la vía normal un gasto kilométrico mínimo de unos 100.000 francos, por grandes que sean las economías introducidas en su ejecución.

Examinemos, rápidamente siquiera, alguna de esas pretendidas líneas económicas que sirven de tipo á nuestros contradictores.

Citan en primer término el ferrocarril de Valkany á Perjamos (1), en Hungría, de 44 kilómetros de longitud, construido por la sociedad I. R. P. de los caminos de hierro del Estado, y que sólo costó unos 63.300 francos por kilómetro. Pero, además de que la vía está establecida sobre un terreno enteramente llano, puesto que la diferencia de nivel entre sus dos extremos es sólo de 15 metros próximamente y que, por consiguiente, apenas hubo obras que ejecutar, se observan las particularidades siguientes:

1.º No hay gasto ninguno de compra de terrenos, porque éstos fueron cedidos gratuitamente por los pueblos interesados; en Francia, este gasto es siempre de temer por las condiciones aleatorias de la expropiación.

2.º Tampoco hay gasto de material rodante; exceptuando tres locomotoras suplementarias, todos los vehículos y vagones son suministrados por la compañía principal.

3.º No existen talleres ni útiles para la reparación del material.

4.º No se tuvo en cuenta el interés del capital durante el periodo de construcción:

De modo que sumadas esas diferentes partidas, se llega fácilmente á la cantidad de 40.000 francos, que con los 63.300 dan un total superior á 100.000 francos.

Este es el precio que calculamos ha de costar el kilómetro de vía ancha en Francia, por muy económicamente que se construya, salvo rarisimas excepciones, y así lo confirma la práctica; en efecto, las primeras líneas de interés local, construidas con arreglo á la ley de 12 de Julio de 1885, y establecidas con vía ancha, conforme al espíritu erróneo de la época, son las de Barbeziere á Châteauneuf, de la Lendre, de Mamers á Saint-Calais, etcétera; estos caminos que recorren localidades muy fáciles en general, han costado unos 100.000 francos el kilómetro. Desde el momento que el terreno se presenta más accidentado y que hay que emplear inclinaciones de 0m,012 á 0m,015, el coste kilométrico aumenta notablemente.

(1) M. Fournier, *Annales des Ponts-et-Chaussées*, 5^e série, Juin 1876.

Es lo que demuestra el estado siguiente de los caminos de hierro construidos en Alsacia por MM. Coumes y Muntz.

DENOMINACIÓN.	LONGITUD. Kilómetros.	COSTE KILOMÉTRICO. Francos
Camino de hierro vecinal de Estrasburgo á Bar, Wasselonne y Mutzie.	49	117.300
Idem id. de Hagnenau á Niederbroon.	21	90.700
Idem id. de Sainte-Marie-aux-Mines.	21	119.800

El segundo, á primera vista, nos contradice; pero ha sido establecido sobre un terreno de aluvión que suministra balastro en toda la extensión de la línea; en ninguna de esas líneas, además, se han comprendido los gastos de anteproyectos ni de estudios definitivos.

Otro ejemplo de ferrocarril de vía ancha, frecuentemente citado por la baratura de su construcción, es el explotado en Prusia por el regimiento de los caminos de hierro (1). Su longitud es de 46 kilómetros y su coste kilométrico 76.000 francos. Pero, además de que el terreno es sumamente llano, la vía está colocada en unos 30 kilómetros, es decir, en las $\frac{3}{4}$ del recorrido, sobre la misma plataforma del camino de hierro de Berlín á Dresde, realizándose con esto una economía enorme en adquisición de terrenos, obras de tierra y de arte. Tampoco se incluyeron, en aquel coste, los gastos de estudios preliminares y definitivos, ni los generales durante la construcción, ni el interés del capital durante ese mismo periodo.

En resumen, en esas pretendidas vías anchas económicas se observan siempre algunas circunstancias especiales, ó algún olvido voluntario ó inconsciente en la valoración de los gastos.

De todos modos, la adopción del sistema bastardo de una vía ancha para dar satisfacción á un tráfico reducido, nos parece un profundo error económico y técnico. Por más que se disminuya el peso de las máquinas, y de los carriles, por más que se simplifique la instalación de las estaciones, etcétera, no se evitará nunca que la vía estrecha permita el empleo de curvas con radios dos veces menores que los de la rival y que pueda, por consiguiente, adaptarse al terreno de un modo más completo, economizando así obras de tierra y de arte, etc.

Podrá nunca prescindirse de que todas las piezas que constituyen los

(1) M. Ch. Baum, *Diario de las ciencias militares*.

órganos del material sean más pesadas en el de la vía ancha? Los ejes más largos, ¿no serán de mayor diámetro? Los largueros y travesaños de los bastidores igualmente más largos, ¿no soportarán una flexión más considerable; y por lo tanto, deberán presentar secciones más fuertes? Todas las piezas accesorias que unen las principales, ¿no serán más importantes? ¿No serán los carriles forzosamente más pesados para resistir á esas cargas suplementarias y al desgaste especial, resultado de los esfuerzos exagerados que ejerza el material al recorrer curvas que la vía ancha no consiente? Y además de todo esto, ¿no exigirían todas las partes que constituyen la vía un aumento de resistencia para contrarestar el enorme aumento de peso muerto que ya conocemos? ¿No serán las traviesas en $\frac{1}{2}$ más largas y, en consecuencia, más anchas y más gruesas para su propia estabilidad y para resistir al mismo tiempo á un material más pesado? Aun cuando se colocaran más próximas, lo que aumentaría necesariamente su número, ¿no deberá conservarse la longitud que deben tener para la estabilidad necesaria, sobresalir del carril 0^m,50 por lo menos en la vía ancha, cuando basta 0^m,35 en la estrecha? ¿No presentará el balastre mayor base y espesor para repartir presiones más fuertes? Y los aparatos de la vía, cambios, cruces, placas giratorias, etc., que constituyen siempre detalles costosos y exigen atención particular, traviesas especiales, de madera elegida, ¿no tendrán dimensiones y pesos más considerables que en la vía estrecha, y sus precios no aumentarán en proporción?

Además, como la vía ancha, por muy económica que sea, lleva siempre consigo un aumento de peso muerto, exigirá *para el mismo tráfico* el empleo de locomotoras sensiblemente más pesadas y, por lo tanto, de mayor coste en su adquisición y conservación. Pero como la locomotora es el elemento más determinante de todas las partes de un ferrocarril, éstas tendrán necesariamente proporciones más resistentes para las mismas necesidades, y que deberán aplicarse hasta á las obras más insignificantes de la infraestructura, hasta la más pequeña tajea. Todos los elementos de la instalación, sin exceptuar uno, obras de tierra y de arte, etc., aumentarán de un modo importante, no sólo en latitud, sino también en espesores en las mamposterías, en los hierros y palastros, desde la fundación hasta la plataforma. En la vía, los carriles, soportando locomotoras más pesadas, serán más fuertes, así como todos los accesorios.

Para todo ese material, en fin, de un precio más elevado, resultarán forzosamente gastos de entretenimiento y renovación de más importancia; así como un gasto mayor de materias, estopa, grasa, etc. De modo que, aun admitiendo el establecimiento de las estaciones el más sencillo que se quiera, siempre será más numeroso el personal de conservación y mayores los gastos de explotación.

Algunos ingenieros han propuesto, para conseguir la vía normal y conseguir en ella la misma flexibilidad de la estrecha, el empleo del material móvil articulado del sistema americano con dos trucks giratorios llamados bogies.

No queremos entrar en la comparación, en este escrito, del material europeo con el americano; nos alejaríamos demasiado del asunto de que nos ocupamos; una discusión especial sobre esta cuestión pudiera entablarse con fruto en la Sociedad de Ingenieros civiles. Lo que podemos decir, es que todas las grandes líneas del continente, excepción hecha de Rusia quizás, que lo han ensayado, lo han abandonado sucesivamente. Pero tratándose de líneas de tráfico reducido, cualquiera que sea su ancho, la adopción de esos vehículos constituye, en nuestra opinión, un grandísimo error en la explotación, porque á causa de sus grandes dimensiones son aun más difíciles de llenar completamente y maniobrar que el material ordinario; imposibilitan, además, las maniobras por placas giratorias, que pueden ser á veces útiles, aunque la mayor parte de las que se verifican con los trenes en las líneas pequeñas se hagan con máquina. El material á bogies es, desde luego, inadmisiblemente todo para el transporte de mercancías, porque si no se consigue de ordinario, como es sabido, completar la carga en vagones muy pequeños, mucho más difícil será llegar á ese *desideratum* con los enormes vagones del sistema americano. La duda puede únicamente existir para los carruajes de viajeros, que constituyen la porción más pequeña del material de transporte. Pero, aun para éstos, el tipo americano no es racional, exceptuando quizás un coche mixto que contenga viajeros, un furgón para equipajes y el compartimiento del correo. Fuera de este vehículo especial, que casi siempre se utilizará, los demás carruajes de aquel sistema serán demasiado grandes para las necesidades ordinarias y circularán de vacío la mayor parte del tiempo; ofrecerán, además, el grave inconveniente de exigir el aumento de un peso suplementario relativamente enorme para el pequeñísimo número de viajeros que no hubiesen tenido asiento en el tren. De todos modos, ese sistema aplicado, aun en los límites indicados, tiene el defecto de romper la uniformidad de tipos del material, y especialmente en los bastidores, y bien sabido es cuánta importancia posee en la práctica esa uniformidad para la facilidad de las reparaciones y sustitución de las piezas de recambio.

El peso muerto del material articulado es todavía mucho mayor que el del empleado en la vía normal, y con mayor motivo resulta aquel peso exagerado relativamente al de la vía de un metro, por ejemplo. En los Estados Unidos, los vagones cubiertos tienen, término medio, 9^m,10 á 11 metros de longitud, 2^m,39 á 2^m,75 de ancho; están colocados sobre dos trucks de cuatro ruedas y pesan, vacíos, de 9 á 11 toneladas; las plataformas tie-

nen próximamente el mismo peso; los vagones de bordes altos miden 3^m,66 de largo y 1^m,98 de latitud; tienen 8 ruedas, pesan 6 toneladas y cargan 10; el vagón ordinario, con el peso de 9 toneladas, carga 18; la proporción del peso de la carga al del vagón es de 1,4 á una tonelada. Y en las líneas mejor explotadas, el material americano de mercancías utiliza un 27 por 100, es decir, que los vagones contruidos para cargar 10 toneladas, no llevan más que 2,7 (1), término medio.

Los coches de viajeros con trucks, en los Estados Unidos, contienen en general 56 asientos; tienen 14 metros á 14^m,60 de longitud con 2^m,60 á 3^m,05 de ancho; pesan vacíos 15 toneladas, es decir, cuatro veces el peso útil, y en la práctica, ocupándose la mitad de sus asientos, aquella relación resulta en realidad de 8 á 1. En las líneas noruegas, los coches pesan 3^t,9 á 4^t,6 con 32 asientos, resultando un peso muerto de 1,82 á 2,05 del peso útil. En los caminos de hierro de Libonia esa relación es de 2,5 á 1; en el de Novgorod, 2,7 á 1, y en Nueva-Zelandia, 1,75 á 1. Aunque las proporciones del material noruego sean las menos favorables, son, sin embargo, muy superiores á las del material americano.

En las líneas estrechas, la relación del peso muerto al útil es, en general, de 1 á 3, como se observa en las siguientes:

Novgorod, de.	1 á 3
Cavaux-Pontséricourt.	1 á 3
de Livonia.	1 á 3
de Nueva-Zelandia.	1 á 3
San Leone.	1 á 3
Montepone.	1 á 2,5

En la vía ancha ordinaria esa relación es de 1 á 2; se ve, por lo tanto, la inferioridad de la vía americana, que sólo presenta la proporción de 1 á 1,4 ó 1,8.

Pero, aun con el material articulado, la vía ancha será más costosa que la estrecha, sencillamente porque todo es en ella más grande, como lo ha demostrado con evidencia M. Sartiaux (2), ingeniero, sub-jefe de la explotación del ferrocarril del Norte, por medio de una experiencia personal en el camino de hierro de un metro de Hermés á Beamont. Dejando aparte las economías en la explotación, que son muy importantes como sabemos, y admitiendo para la vía ancha un material adecuado para el paso de las mismas curvas de la vía estrecha, M. Sartiaux hizo el presupuesto de la línea con igual trazado, idéntico perfil longitudinal, el mismo espesor de balastre, iguales banquetas, cunetas, etc. Resultó, que aun en estas condicio-

(1) M. Fairlie: *Tendremos ó no ferrocarriles?* Lacroix, editor.

(2) M. E. Sartiaux. Nota sobre los caminos de hierro económicos. *Revista general de los caminos de hierro*, Mayo, 1883.

nes de establecimiento, irracionales para una vía ancha, el coste kilométrico no pudo ser inferior á 100.000 francos. Pero el camino con vía estrecha costó 77.000 francos; la economía realizada es aun de 23 por 100, sin tener en cuenta, lo repetimos, la explotación defectuosa producida por el material articulado.

Dice M. Fairlie (1) al tratar del material americano: «Afirmo sin vacilar que ese material es uno de los tipos más extravagantes de coches relativamente al peso muerto del material móvil. Está admitido que los trucks giratorios son necesarios en los ferrocarriles americanos para recorrer con facilidad líneas *mal entretenidas* y sus curvas de radios forzados. Quiero suponer, al observar el empleo casi universal de ese truck movable, que sus ventajas compensan el exceso de peso muerto que ocasiona. La relación media de la capacidad de cargamento del material de cuatro ruedas para mercancías, á su peso muerto es de 1,9 á 1, mientras que esa misma relación en el material con trucks giratorios de 8 ruedas, es sólo de 1,4 á 1.

Esta diferencia, aun sin contar las ventajas que produce la facilidad en la carga y en el manejo de los vagones pequeños, hubiera desde hace tiempo decidido la adopción de estos últimos, si no mediaran las razones á que he aludido.»

Añadiremos que con la vía estrecha se puede obtener en el material una separación de ejes muy poco superior á la de los trucks del sistema americano, que pierde así realmente todo su valor. Este material, dicen, reduce las oscilaciones laterales; pero en los caminos de interés local, donde las velocidades han de ser relativamente reducidas, desaparece todo temor y preocupación bajo ese punto de vista, tanto más si se emplea el tampón central, que evita en ciertos momentos que la extremidad de un vehículo soporte totalmente la del inmediato, de modo que no existe carga sobre una y, á veces, sobre dos ruedas.

En resumen, las ventajas que pueda proporcionar á la vía ancha el material articulado, relativamente á la circulación, son del todo innecesarias para la vía estrecha, y bajo el punto de vista de la economía de la explotación, ese material no merece siquiera los honores de la discusión.

A. DE IBARRETA.

Ingeniero de Caminos.

(Se concluirá.)

(1) M. Fairlie. Informe leído á la Asociación británica de Liverpool.

MADRID: 1887.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.