

Como se ve por el cuadro anterior, el coeficiente mínimo de estabilidad corresponde á la junta de fractura por traslación, según es forzoso, comprobándose de este nuevo modo la exactitud de su determinación.

Dicho coeficiente resulta igual en la presente hipótesis á

$$C = \frac{14.248}{7.472} = 1,906.$$

En la misma hoja núm. 9 se han dibujado en la figura núm. 2 los resultados obtenidos para estos esfuerzos y resistencias. Las abscisas son iguales á las de la figura anterior, y en cada una de las ordenadas se han señalado las magnitudes proporcionales al esfuerzo tangencial T, y á cada una de las resistencias R_t y R_c.

Estas últimas se han tomado unas á continuación de las otras, de modo que la curva superior, ó sea la que representa la resistencia total, tiene por ordenadas las sumas de las dos resistencias parciales. Con la sola inspección de estas curvas puede, pues, apreciarse la estabilidad del bloque en cada uno de sus segmentos, bajo el concepto de su resistencia á la traslación, y comparár ésta fácilmente con la de otras hipótesis ó modelos que se propongan.

Para obtener los coeficientes medios de estabilidad, bastará recordando lo dicho al tratar de la curva gráfica anterior, dividir las áreas determinadas por cada una de las resistencias por la correspondiente á los valores de T, y así hallaremos dos relaciones correspondientes la primera al coeficiente de estabilidad, teniendo tan solo en cuenta el rozamiento, y la segunda el verdadero coeficiente medio de todas las fuerzas resistentes.

(Se continuará.)

JULIO VALDÉS,
Ingeniero de Caminos.

LOS FERROCARRILES DE INTERÉS LOCAL

VENTAJAS DE LA VÍA ESTRECHA

POR

M. AUG. MOREAU

(Continuación.)

V.

INCONVENIENTES DE LA VÍA ESTRECHA, EL TRASBORDO, ETC.

La objeción á que los adversarios de la vía estrecha dan mayor importancia es, sin duda alguna, la del trasbordo forzoso que deben sufrir todas

las mercancías en la estación de empalme del ramal sobre la gran red. Examinemos detenidamente el valor de ese obstáculo y veamos con toda imparcialidad si es tan insuperable como se quiere suponer.

El traspaso presenta, á primera vista, tres inconvenientes bien caracterizados: gastos suplementarios, atraso y mermas en ciertas mercancías.

1.º Con relación á los gastos, el traspaso constituye un gravamen mucho menos importante que una carga ó descarga ordinaria, que á nadie preocupa en general, y por la que las grandes compañías perciben de antiguo el derecho de 0, fr. 40 por tonelada y de 0, fr. 30 para las mercancías transportadas por vagones completos de 4.000 kilogramos. Esta tarifa elevada es debida á que las compañías cobran lo mismo, cualquiera que sea el modo empleado para la carga ó descarga, sea á brazo, sea por medios mecánicos perfeccionados. Pero, en realidad, esa cantidad ha bajado rápidamente para el traspaso propiamente dicho á 0, fr. 20 como en Suecia, y aun á 0, fr. 15 como en las líneas belgas. Ya en 1868, nuestro colega monsieur Regnard, en una interesante comunicación sobre el ferrocarril de Amberes á Gante, expuso que los gastos de traspaso en la estación *terminus* de Leckeren resultaban en 0, fr. 31 por tonelada, aunque se efectuaba la operación del modo más primitivo. En un pequeño camino de hierro belga, con vía de 0, m. 60, ese precio había descendido á 0, fr. 15 ó 0, fr. 18, que Mr. Regnard encontraba ya mucho más aproximado á la verdad. En la estación de Salles-la-Source de la línea de Mondalazac, aquel precio es de 0 fr. 17.

En realidad, los gastos de traspaso no deben pasar hoy de 0, fr. 15 por tonelada; basta para ello hacer uso de la grúa; pero pueden reducirse á una cifra mucho más baja, aun inferior á 0, fr. 05, como en el Festiniog, en Montmorency, en Commeny, etc., estableciendo las dos vías paralelamente con diferentes niveles y de modo que el traspaso se efectúe por un simple movimiento de báscula de los pequeños vagones en los grandes ó por cualquiera otro medio sencillo.

En las peores condiciones el traspaso representa un aumento de recorrido de dos kilómetros en el ramal; su importancia, apreciable para un trayecto muy corto, es insensible desde el momento en que la longitud llega á unos treinta kilómetros y del todo nula para cincuenta. Si, como debe siempre suponerse en el día, la estación *terminus* está bien provista por medio de muelles de diferentes alturas, grúas, vertederos, básculas, poleas, etc., los gastos son, en todos los casos, enteramente despreciables.

2.º El retraso es del todo nulo, porque siempre que una mercancía pasa de tránsito de una compañía á otra, los plazos de transporte se amplían por reglamento *en un día*; de modo que el movimiento de las mercancías en las líneas pequeñas no es nunca, por desgracia, bastante considerable para

que los trasbordos no puedan efectuarse fácilmente en las veinticuatro horas.

3.º En cuanto á las mermas, podrán imputarse á la vía pequeña cuando los vagones lleguen completos, puesto que todos los demás cargamentos son necesariamente trasbordados en todo empalme, aun existiendo la unidad de vía. Pero los vagones completos son casi siempre cargados con material de poco valor, como hullas, maderas, piedra, cal, metales, barriles, sacos, cajas, etc., en que la merma es generalmente nula y solo tiene alguna importancia en aquellas que se transportan á granel, como las hullas. Se ve, por lo tanto, que esas mermas son casi nulas y reconocemos, en efecto, que no es á esta circunstancia á la que los adversarios de la vía angosta dan la mayor importancia.

En resumen, los varios inconvenientes del trasbordo son teóricamente muy pequeños y la mayor parte de las veces nulos en la práctica.

Pero el trasbordo tiene en realidad aun menos importancia de la que se quiere suponer, al observar que en la generalidad de los casos se verifica con el mismo ancho de vía.

Supongamos que la línea secundaria sea de vía ancha, lo mismo que el ferrocarril de interés general al que se une. Vamos á demostrar que el trasbordo de las mercancías será una operación indispensable en más de los $\frac{4}{5}$ de los casos.

En efecto, á consecuencia del reducido tráfico del ramal, y á fin de utilizar el material del mejor modo posible, no se destinará un vagón entero para cada estación de la línea principal; una estación de aquel ramal cargará cada uno de sus vehículos para el mayor número posible de estaciones de la gran red; cada vagón del tren contendrá, por lo tanto, mercancías con destino á un número variable de estaciones de ésta, situadas indistintamente á uno y otro lado del empalme. En este punto será necesario un apartado y una distribución, y forzoso el trasbordo, cualquiera que sea el ancho de la vía.

Esas explotaciones tan limitadas se hacen casi siempre en trenes mixtos, y las expediciones de las estaciones son tan reducidas, que los cargamentos se hacen en un mismo vagón colector y su apartado se verifica á la llegada; las mismas necesidades se imponen en absoluto aunque las dos líneas tengan el mismo ancho.

En resumen, la adopción de la vía estrecha no aumenta en un 20 por 100 la importancia del trasbordo cuando el tráfico es de cierta entidad; en las líneas de producto reducido, las únicas de que aquí nos ocupamos, su influencia es casi nula.

Por lo demás, el mismo resultado se produce en una misma compañía que tiene naturalmente el mismo ancho de vía en toda la extensión de su

red y el mismo material; por las necesidades del servicio verifica el trasbordo de las $\frac{3}{4}$ partes de sus mercancías; en algunas de ellas, la del Norte, por ejemplo, aquella cifra llega al 80 por 100. Los que dudaren de este hecho pueden consultar útilmente sobre el particular á los ingenieros de la explotación, que siempre hemos visto sonreirse al escuchar la objeción del trasbordo. Depende éste de causas múltiples y de las exigencias del servicio de explotación; en primer término, en todas las estaciones de empalme hay que trasbordar los viajeros con sus equipajes; lo mismo ocurre con todas las mercancías que llegan en vagones incompletos para no remolcar trenes casi vacíos y evitar el peso muerto.

Además, á fin de impedir la emigración exagerada del material rodante y el desgarnecer ciertas estaciones para producir aglomeración en otras, el trasbordo es todavía la regla general para los vagones completos en todos los empalmes. En las estaciones de tránsito de dos compañías que tengan el mismo ancho de vía, existen iguales motivos que aun se agravan; el trasbordo se verifica siempre para los cargamentos incompletos y para las $\frac{3}{4}$ partes de las mercancías de tránsito que llegan en vagones completos.

El cambio de material entre dos compañías se efectúa en virtud de convenios de reciprocidad, que serían sumamente desventajosos para la línea de corto recorrido, cuyo material es muy limitado. En efecto; tendría necesidad ésta, para que la operación se hiciera corriente y sencillamente para la facilidad de los cambios de un material considerable, cuya mayor parte se hallaría á cada momento inutilizado ó improductivo. Si por otro lado la compañía del ferrocarril secundario dispone sólo del material estrictamente necesario, que es lo que ocurre generalmente, ¿cómo puede admitirse que distraiga ese material fuera de su línea cuando lo necesita para su servicio, teniendo entonces que alquilarlo?

En fin, aun cuando la circulación de los vagones del ramal sea posible en la línea general, ésta no estará obligada, siempre que la paralización de los transportes deje á su disposición material sobrante, á aceptar los vagones de su vecino, cuyo alquiler habría de pagar; ordena entonces de oficio el trasbordo. En cuanto á la preocupación inversa de que la compañía pequeña necesite vagones y tenga que pedirlos á su vecina, no nos parece digna de llamar seriamente la atención; la línea de interés local, por causa de su reducido tráfico y salvo casos muy raros, tendrá bastante trabajo en llenar sus propios vagones sin necesidad de ir en busca de extraños; todo convenio de reciprocidad será, en definitiva, para la línea pequeña una inutilidad ó una engañifa.

Bajo otro punto de vista, cuando se trata de largos recorridos sobre las líneas de diversas compañías, el material se deteriora tanto con esa circu-

lación entre manos extrañas y con los retornos de vacío, que el trasbordo puede llegar á ser *una verdadera economía*. Se han valorado, en efecto, las averías á que se halla expuesto el material en ruta, importando aproximadamente *diez veces más* que los diversos trasbordos necesarios cuando cada compañía conserva su material.

El trasbordo es una objeción enteramente pueril, y tanto es así, que en algunas líneas, como en la de Mamers á Saint-Calais, se estableció desde su origen para evitar aquel inconveniente todo lo necesario, y de un modo muy costoso en la estación de Connéré sobre la vía férrea de París al Mans; pero la experiencia y las exigencias de la explotación impusieron el trasbordo de las $\frac{3}{4}$ partes del tráfico.

Como se ve, los defensores de la vía normal cometen siempre el mismo error al comparar los caminos de hierro de las últimas redes con las líneas agobiadas de tráfico. Ese error podía quizás perdonarse hace veinte años; pero francamente, hoy no cabe duda sobre el particular y no podemos conservar la menor ilusión. No es, por lo tanto, la necesidad de material suplementario que pueda comprometer á las líneas pequeñas; quiera Dios que pueda utilizarse de un modo conveniente el que se haya previsto en los anteproyectos, teniendo en cuenta el movimiento probable. Para el cálculo del tráfico inmediato y futuro de esas líneas, en general agrícolas, podemos disponer hoy de métodos exactos, y si á veces se cometen errores en tales valuaciones, es siempre por exceso; no recordamos ejemplo de que se haya calculado el tráfico probable de una línea en menor cantidad de la que después haya resultado.

Es una cosa risible, en verdad, lo que ocurre; los interesados en esas líneas, y á veces los ingenieros, se sublevan contra las pretendidas agobiadoras cargas del trasbordo. ¡Y precisamente en esas líneas de tráfico puramente local no hay nada que trasbordar! De todos modos, lo repetimos, el trasbordo se reduce á un insignificante aumento de gasto, que jamás grava la mercancía hasta el punto de atenuar las ventajas del transporte económico que produce el ferrocarril, sin contar con la rapidez y la seguridad del servicio.

Pero aun cuando ese inconveniente fuese mucho más grave de lo que es realmente, no sería motivo bastante, en nuestro concepto, para desechar la vía estrecha. ¿Qué importa, en efecto, á una región pobre ó accidentada, y que no puede soñar en dar vida á un camino de hierro ordinario, pagar algunos gastos suplementarios para transportar sus mercancías por una vía férrea aun reducida, con tal que sea suficiente, si las economías realizadas en los transportes ordinarios por carreteras y caminos son muy superiores á los gastos que produzca la ruptura de carga?

Un ejemplo fijará las ideas.

La línea de Anvin á Calais, de un metro de vía, tiene un desarrollo de 74 kilómetros, que han sido estudiados con atención y comparativamente con la vía normal de 1,^m445. Hubiese costado, como lo hemos visto, 200.000 francos por kilómetro en este último caso y ha costado 77.000 en el primero, resultando una diferencia de 11.700.000 francos en favor de la vía estrecha. Se adoptó naturalmente esta solución, si bien exige el trasbordo de unas 7.000 toneladas por año al precio de 0,fr. 20 la tonelada. Esta operación produce, es cierto, un gasto anual de 14.000 francos, lo que representa un capital de 28.000 francos; pero se economizan en cambio 58.750 de interés anual solo por la reducción del coste de primer establecimiento. Y tóngase en cuenta que existen pocas líneas análogas en que se transporten trenes completos de bulla y donde el trasbordo presente una importancia tan considerable.

Otro argumento que oponen los contrarios á la vía estrecha, es que si el tráfico adquiriese en el porvenir un aumento de consideración, habría que deplorar entonces la adopción de esa vía reducida.

Hemos dicho ya *que no habría ningún motivo de arrepentirse en los países nuevos*, donde la vía estrecha ha de constituir durante largo tiempo la única solución posible. En cuanto á los demás, en la red francesa de interés local, por ejemplo, casi exclusivamente agrícola, *la experiencia permite apreciar con seguridad si el tráfico podrá llegar á ser realmente importante*. Lo repetimos, ese caso se presentará rara vez; pero si ocurriese, podría seguirse el ejemplo indicado del Festiniog, que satisface á un tráfico de 35.000 francos por kilómetro con una vía de 0,^m60. ¿Es posible esperar que alcancen nunca esta cifra las líneas secundarias en Francia? En esa diminuta vía férrea del país de Gales el tráfico no dejó de aumentar, sin embargo, de un modo progresivo desde su establecimiento (1832). ¿Ha sido acaso necesario ensanchar la vía? De ningún modo; fué suficiente, lo que es muy racional, puesto que los trenes aumentaban en número y carga y, por consecuencia, las locomotoras en potencia aumentan la fuerza de resistencia de la vía, es decir, el peso de los carriles y accesorios. Desde entonces la línea efectúa un servicio muy recargado de viajeros y mercancías á entera satisfacción de todos.

Terminaremos este capítulo recordando que se han propuesto varios sistemas para evitar el fantasma del trasbordo; por ejemplo, *los carros trasbordadores* (1), que pueden circular sobre una vía y transportar sobre su plataforma el vehículo cargado de la otra línea, disponiendo de un número de ejes bastante para repartir del modo conveniente la presión sobre el

(1) Mr. Falliès, communication sur le chariot transbordeur de Ribeaupville á la Société des Ingénieurs civils, 1881.

carril. Esos diversos trucks no han dado nunca resultados en la práctica, porque adolecen de un vicio redhibitorio; aumentan el peso muerto en tales proporciones que es preferible el trasbordo. Para comprender bien todo lo irracional del sistema, basta tener en cuenta que además del cargamento es preciso transportar en pura pérdida sobre la vía pequeña, no solo el carro especial, sino también el vagón entero de la vía ancha *á priori*, el procedimiento carece de lógica; en la práctica es todavía peor; así ciertas compañías, la del Norte, por ejemplo, tratando de evitar las mermas que produce el trasbordo de la hulla, imaginaron un sistema de cajas de palastro provistas de muñones laterales, las que por medio de grúas se colocaban sobre las plataformas; se evitaba de este modo la formación de menudos, pero el exceso de peso muerto que resultó, exceso que no es comparable, sin embargo, con el que producen los carros trasbordadores, fué motivo suficiente para que se abandonase el sistema.

Se comprenderá desde luego, sin que tengamos que insistir, que ese ejemplo sea la condenación inmediata del procedimiento americano, que consiste, en ciertos casos, en levantar con la grúa la caja entera de un vagón con su cargamento y transportarla de un bastidor á otro cuando los anchos de vía son diferentes en dos líneas vecinas.

Además, ese sistema es tanto más innecesario en Francia, cuanto el territorio no se halla cruzado, como en América, de vías de diversos anchos, sin concierto y según el capricho de los ingenieros de las compañías. En Francia la red es uniforme, con la misma vía en todas partes, y no hemos tratado nunca de criticar esa condición para todas las líneas de tránsito con un tráfico serio. Lo que combatimos es la tendencia á suponer que esa uniformidad de vía deba continuarse sin razón hasta el último extremo de la red, es decir, hasta las líneas *de interés local*, que por definición presentan un tránsito casi nulo y un tráfico local reducido. Pero si somos de opinión que se ha obrado con acierto al adoptar la vía de 1,^m445 y la unidad de ancho para las líneas de interés general, no decimos con esto que no se hayan clasificado abusivamente como tales numerosas líneas que no debieron comprenderse en aquella categoría. El interés electoral es seguramente la consideración que más ha influido en esa clasificación.

Se ha dicho, en fin, con insistencia, que no era posible en una vía estrecha obtener velocidades suficientes para satisfacer al público. Sin embargo, Mr. Fairlie asegura que con un material móvil adecuado se pueden alcanzar 72 kilómetros por hora; en el Festiniog se marcha constantemente á 50. Pero la velocidad reducida no es argumento contra la vía estrecha, porque todas las líneas de ancho normal de la tercera red y algunas de la segunda marchan con velocidades de 20 á 30 kilómetros por hora. Para esas líneas, en efecto, la velocidad no es una necesidad; lo indispensable,

lo más urgente, es servir para la comodidad del público todas las localidades atravesadas y efectuar, cuanto sea posible, el drenaje del tráfico en donde se halle.

La única objeción verdaderamente seria que pueda oponerse á la vía estrecha, es que dificulta y desvía los transportes militares. Tenemos por regla de no replicar á argumentos de esta clase y á priori de inclinar la cabeza; pero nadie negará que aun bajo ese punto de vista la vía estrecha no sea susceptible de prestar grandísimos servicios, como lo demuestran ejemplos notables, entre éstos, la línea de Arzew á Saïda y Mecheria en Argelia (vía de 1,^m055), y en particular el ferrocarril de vía de 0,^m76, construido por los austriacos en Bosnia, y que de Brood-Zenica á Serajevo, mide una longitud total de 270 kilómetros (1).

(Se continuará.)

A. DE IBARRETA.

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA ESTABILIDAD DE LAS BÓVEDAS

DETERMINACIÓN DE LAS PRESIONES POR MEDIO DE FÓRMULAS EMPÍRICAS Y TRAZADOS GRÁFICOS

POR

DON LUIS GAZTELU,

Ingeniero de Caminos.

(Conclusión.)

V.—FÓRMULAS PARA DETERMINAR LA PRESIÓN MEDIA EN LAS DIVERSAS JUNTAS.

Hemos indicado que el procedimiento de Laterrade puede aplicarse á cada una de las juntas consideradas en el primer estudio gráfico, deduciendo fórmulas análogas á las de dicho Ingeniero para todas ellas. Imaginemos que se haya hecho la división en ocho dovelas de la porción de bóveda comprendida entre la clave y la junta de rotura, y consideremos las partes limitadas por la junta de clave y otra cualquiera. Sea (figura 2.^a) una de estas porciones, limitada inferiormente por la n^{ma} junta. Si llamamos Q al empuje en la clave, R_n á la reacción en dicha junta, P_n al peso de la porción considerada con su sobrecarga, estas tres fuerzas se harán equilibrio y formarán un triángulo HIJ, en el cual tendremos:

$$R_n = \frac{P_n}{\cos. \text{IHJ}},$$

(1) M. Nordling. Carta á la Sociedad de Ingenieros civiles, 1882.