

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

MADRID, 30 DE ABRIL DE 1885

4.º Série.

Tomo 3.º

Número 8.º

AÑO XXXIII DE LA PUBLICACION

SUMARIO.

Ferrocarriles de vía ancha y de vía estrecha (continuacion), por P. de Alzola.—Enclavamientos entre las señales, agujas y otros aparatos de la vía, por E. Maristany y Gibert.

FERRO-CARRILES DE VIA ANCHA Y DE VIA ESTRECHA

CAPÍTULO IV.

CONDICIONES DE TRAZADO Y EXPLOTACION DE LOS CAMINOS DE AMBAS
LATITUDES.

XV.

20. *Flexibilidad.*—Dicho se está que la vía angosta se ciñe mejor que la ordinaria á los accidentes y ondulaciones del terreno; pero se ha extrañado bastante la opinion sobre este punto fundamental, y me propongo contribuir á su esclarecimiento, colocando la cuestion dentro de sus límites razonables.

La *Revue generale*, que es una publicacion que goza de reconocida autoridad en la materia, publicó en Mayo de 1883 un artículo del redactor Mr. A. Sartiaux ⁽¹⁾ que contiene varias afirmaciones muy atrevidas, que han repetido despues algunos propagandistas de la vía estrecha, y entre ellos Mr. A. Moreau, que por cierto no han pasado sin réplica, porque puesta á discusion en Diciembre último en la *Societé des ingenieurs civils* una de sus últimas Memorias ⁽²⁾ la combatió M. Edmond Roy, negando que sea exacta la equivalencia de las curvas de 400 y 300^m de radio de la vía de 1^m,50 con los de 200 y 100 de la vía de 1^m,00.

Fundábase para ello, en que la flexibilidad de los caminos de hierro depende, no sólo de la separacion de los carriles, sino de la distancia entre los ejes de las ruedas, que es la que determina el ángulo de desliza-

(1) Note sur la question des chemins de fer économiques.

(2) Chemins de fer d'intérêt local, avantages de la voie étroite.

miento, debido á la diferencia del camino recorrido sobre ambos carriles, siendo preciso que aquella longitud disminuya proporcionalmente á la latitud de la vía para que los ángulos en el centro se mantengan iguales con una reduccion proporcional á los rádios respectivos. La discusion quedó aplazada; pero varios datos concernientes á la explotacion de los ferrocarriles españoles me permiten examinar la cuestion bajo otros aspectos, y probar la inexactitud de algunas afirmaciones de Mr. Sartieux.

Los pliegos de condiciones franceses han solido fijar como rádio límite el de 350^m, y áun el referido Ingeniero sostiene que, salvo en las avenidas de las estaciones, es preferible que no descienda de 400 á 500 metros, y considera tan perjudicial para la economía, regularidad y velocidad de la explotacion el de 300^m, que al resumir su juicio sobre el asunto, para clasificar las líneas que quedan por construir, coloca en segundo término los caminos normales de *material especial flexible que permita el empleo de curvas de 300 metros* y menores; y á la verdad, no puede ménos de causar sorpresa semejantes asertos en personas tan ilustradas, sobre todo, tratándose de la construccion de ferrocarriles secundarios, en los que la rapidez de la marcha pierde su importancia.

Las líneas españolas, que cruzan, como es sabido, un suelo accidentado, se han establecido áun en varias arterias principales con curvas de 300^m y pendientes de 0,015 y 0,02, descendiendo los rádios á 280 metros, por ejemplo, en la de Tudela á Bilbao, y áun á 200 en varios puntos de la misma y á 150 en el ramal de Ripa. En la de Belmez y algunas otras se han prodigado tambien las de 200^m, y á pesar de que se trata de una vía de 0^m,22 más anchura que la francesa, la experiencia de 20 años de explotacion con material ordinario sin ninguna clase de accidentes, y la favorable proporcion de los gastos á los productos, constituyen una prueba palpable del acierto con que se adoptaron estas condiciones de establecimiento.

Y no se achaque el resultado obtenido á la lentitud de la marcha, porque examinando los itinerarios de trenes ⁽¹⁾ del año 1884, se ve que el expreso descendente núm. 11, que recorría, á la marcha de 50 kilómetros, la meseta de Castilla comprendida entre Medina y Búrgos, en la que el trazado del camino es inmejorable, bajaba el trayecto quizás más violento de la línea de los 15,5 kilómetros de Zumárraga á Beasain, en el que hay muchas curvas de 300 metros, situadas en la rampa uniforme de 0,015 para toda la seccion, á la velocidad de 46 kilómetros por hora, y al reformar el cuadro de marcha para acelerar el viaje de Madrid á Hendaya con arreglo al cuadro vigente, que lo acorta en 57 minutos; al mismo tiempo que han quedado sin alteracion algunos otros trozos, se ha forzado

(1) Caminos de hierro del Norte. Explotacion, movimiento, libro núm. 49.

á 49 kilómetros la velocidad de la bajada de Beasain, y como la línea es de simple vía, lo cual obliga á reducir la marcha en la proximidad de las estaciones, claro está que cuando el tren toma toda su carrera será bastante más rápida que aquélla.

En la rampa de Orduña, de la línea de Tudela á Bilbao, en la que repito que las curvas son menores, la velocidad del tren mixto (pues no hay expreso) es de 35 y 45 kilómetros, con la particularidad de que hay alineaciones rectas entre curvas de sentido contrario, que solo miden de 30 á 40 metros, y sin embargo, la velocidad efectiva, aunque no sea la reglamentaria, se ha elevado á veces á 60 kilómetros.

Ahora bien; nadie puede poner en duda la veracidad de Mr. Sartiaux, Fousset y demás autores franceses, que consideran como insuficientes los rádios de 300 metros para la vía de 1^m,45; y como en España sucede todo lo contrario para la de 1^m,67, queda probado de una manera incuestionable, que ésta se halla dotada de mayor flexibilidad, y por consiguiente, que no es la separacion de los carriles la causa que determina en absoluto la reduccion de los rádios, habiendo otros factores cuya influencia es por lo ménos tan importante, y obsérvese que nos referimos al material rígido, pues respecto del americano ya llevamos consignado el prodigioso ejemplo del camino de hierro aéreo de Nueva-York, que es de vía ordinaria, por el que circulan 300.000 viajeros diariamente, y que tiene curvas de 27 metros nada más por las que se marcha á una velocidad de 20 kilómetros por hora.

Ahora bien; la flexibilidad de las líneas férreas por las que circule un material rígido depende en igualdad de conicidad de las llantas y huelgo de los rebordes de las ruedas, de la mayor facilidad de inscripcion en las curvas del rectángulo formado por los dos ejes.

Sean (fig. 29) R y r los rádios de dos vías concéntricas, cuyas anchuras $2A$ y $2a$ las supondremos proporcionales á R y r , así como las longitudes MN y mn entre los puntos de apoyo de las ruedas sobre los carriles y los diámetros de éstas. Si ambos coches se ponen en movimiento con cargas y velocidades tambien proporcionales, es decir, de modo que recorran las circunferencias completas durante el mismo tiempo, los rozamientos que se produzcan por efecto de la curvatura dependerán de las diferencias de desarrollo de los carriles, que serán respectivamente

$$2\pi(R + A) - 2\pi(R - A) = 2\pi A$$

y $2\pi a$ en cada una de las vías férreas, y de las flechas ST y st , que guardan todas la relacion de los rádios, de modo que la flexibilidad, ó sea la facultad de ceñirse á las ondulaciones de las curvas, será igual con velocidades proporcionadas; pero si el vehiculo $MNPQ$ diese, por ejemplo, una

vuelta al círculo, mientras el $mnpq$ daba dos, es evidente que los ángulos de deslizamiento se duplicarían para la vía estrecha con el aumento consiguiente de resistencias pasivas, haciéndose por lo tanto la tracción en peores condiciones y con mayor tendencia á descarrilamientos.

Esto se evitaría si los ejes tuviesen suficiente juego para colocarse en sentido normal á la curva, para lo cual, al pasar el vehículo de la posición $MNPQ$ á la $UVXY$, tendrían que recorrer sus coginetes las distancias NU y XQ , que están determinadas por

$$\frac{2 AD}{R}$$

en que D es la longitud MN y que para

$$A = \frac{1^m,67}{2} \quad D = \frac{3^m,5}{2} \quad \text{y} \quad R = 300^m,00 \quad \text{dá} \quad 0^m,01$$

para huelgo de los ejes, que no es posible darles en la práctica, pues el juego de las cajas de grasa suele ser á lo sumo de tres á cuatro milímetros, de modo que para examinar las condiciones de flexibilidad de los trazados, es menester examinar las dimensiones que suelen adoptarse en los carruajes y wagones, según la latitud de los caminos y el objeto á que se destinan.

En cuanto á las resistencias adicionales que produce el paso por las curvas, las divide Mr. Ledoux en dos partes: la primera, debida al paralelismo de los ejes y la diferencia de recorrido de las dos ruedas montadas en cada uno de éstos, que produce el resbalamiento de las llantas en el sentido de la marcha y se determina por

$$fc \frac{\sqrt{a^2 + d^2}}{r}$$

en que f es el coeficiente de rozamiento y c la carga; de manera, que si d y el radio se reducen al pasar de la vía normal á la estrecha en la misma proporción que la latitud, la resistencia originada por el resbalamiento seguirá siendo igual en ambos casos, lo cual hemos de examinar en el número siguiente al comparar las dimensiones adoptadas para el material móvil.

La segunda resistencia procede de los choques y rozamientos de las pestañas contra los carriles, que origina la oblicuidad de la tracción, que sólo se puede calcular experimentalmente, y que resulta proporcional á la longitud de los trenes. El conjunto de ambas resistencias lo estima para las curvas de 300^m de la vía normal en 2,5 kilogramos por tonelada arrastrada para los trenes de mercancías de 50 wagones y 350^m de extensión y 2,10 kilómetros para los de 20 carruajes de viajeros, y siendo de otros

3^k,00 la resistencia en línea recta, se deduce que el esfuerzo de tracción para remolcar un tren de mercaderías en rampa de 20 milésimas será de $c(20 + 3 + 2,5)$ kilogramos.

Estos datos difieren algo de los deducidos por las experiencias que hizo Mr. Polonceau que acusan un esfuerzo en alineación recta de 3,20 kilogramos por tonelada, que aumenta en 0,90 por milímetro de rampa y tan sólo 0,05 por cada 100^m de disminución del radio desde 1.500 á 300^m; es decir, que la influencia de las curvas es pequeña en proporción de las que ejercen las pendientes, de manera que no deben preocupar tanto en los trazados, siempre que el material móvil sea adecuado para pasarlas con suavidad.

En los trenes de 14 wagones de la vía de 1^m,00 del ferro-carril de Ergastiria admite el citado Mr. Ledoux la resistencia de 4,8 kilogramos en curvas de 60^m de radio y de 2^k,10 en las de 135^m; pero hay que observar, que éstos sólo remolcan 84 toneladas de carga neta, y los 50 wagones de la vía normal 500, de modo que la comparación se hace en condiciones muy diferentes, siendo evidente que aquel coeficiente sufriría un gran aumento si los trenes se compusiesen en ambos casos de igual número de vehículos, porque la resistencia aumenta casi en la proporción de la longitud de los trenes. Cita al efecto Mr. Goschler, que siendo de 1,84 kilogramos para 15 coches, subía á 2^k,55 para 24; pero la influencia de la velocidad es mayor, puesto que subió de 1^k,43 para la marcha á razón de 15 kilómetros á 5^k,25 para el mismo tren á 60 kilómetros.

Otro factor desfavorable á las líneas angostas es el menor diámetro de las ruedas, que según el mencionado autor y Mr. Pordonnet, aumenta la resistencia en razón inversa de los radios. No obstante, las experiencias comparativas hechas hasta el día son bastante deficientes; pero la mayor carestía de los arrastres en las vías angostas está fuera de duda, según hemos visto en cuanto antecede.

(Se continuará.)

P. DE ALZOLA.

ENCLAVAMIENTOS

ENTRE LAS SEÑALES, AGUJAS Y OTROS APARATOS DE LA VÍA.

Lámina 48.

Se designa de una manera general en ferro-carriles con el nombre de enclavamientos, una dependencia material entre señales, agujas y otros aparatos de la vía, realizada de tal suerte que no puedan ocupar cierta posición los unos sin que los otros tomen una situación dada.