

raba mientes en nada de lo que pasaba a su alrededor, y sus distracciones y *chifladuras* llegaron a darle gran popularidad.

Amante de su profesión como pocos, y entusiasta mantenedor de las glorias del Cuerpo y de la Escuela, libró batallas en su apoyo en muchas ocasiones con un vigor y un entusiasmo verdaderamente admirables. Su campaña en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS justificando los planes de estudios y los programas de la Escuela, neciamente atacados por un científico universitario, y la defensa que hizo de los profesores, en ocasión de haber sido éstos menospreciados en documento oficial, por la estúpida creencia de que sólo la oposición da a los individuos condiciones para el profesorado, son actos que enaltecen su nombre y que la Escuela jamás olvidará.

Era un escritor de lucha y un crítico temible; sus artículos con motivo de la famosa guerra francoalemana, citados en otro lugar de estas crónicas, revelan aquellas condiciones y demuestran también su extensa cultura en campo distinto de nuestra especialidad.

Su obra científica no debe ser olvidada; su tratado de *Construcciones en el mar* nos sirvió de texto y ha sido durante muchos años la única obra de consulta de los ingenieros. Estaba muy documentada y no he visto ninguna, si he de decir verdad, en que se trate como en ella de un modo verdaderamente doctrinal y científico el trazado de los diques de abrigo de un puerto. También es notable su tratado de *Faros y señales marítimas*.

Tenía fama de hombre violento y todos le temíamos por sus brusquedades; pero si hemos de ser justos, en el fondo de aquel hombre se descubría una gran bondad. Con los años se fueron limando las asperezas y se aplacaron las brusquedades de su carácter, y D. Pedro se nos presentó en su segunda época de director con un aspecto completamente distinto.

Decía un compañero:

—Pues señor, este D. Pedro nos le han cambiado: me ha saludado, me ha dado la mano, y hasta me ha preguntado por la familia!

Carlos de ORDUÑA
Profesor-Secretario de la Escuela de C., C. y P.

Algunas consideraciones acerca de la longitud de las traviesas para vía normal

Antecedentes

Cuanto se ocupan de la construcción y explotación de ferrocarriles conocen que la longitud corriente en España de las traviesas de madera para las vías de ancho normal es de 2,80 m.

Esta dimensión viene fijada desde los primeros tiempos en que se comenzaron a construir líneas férreas y sin que aparezca (o, por lo menos, sin que yo conozca) por parte alguna el fundamento científico que justificara su adopción, así como tampoco la explicación, que podría ser clara y razonable, de haberse deducido dicha longitud por comparación con la adoptada más corrientemente en los ferrocarriles europeos, de ancho normal, que para 1,435 m entre bordes interiores de carriles han solido emplear traviesas de 2,60 m de longitud.

Todos hemos aceptado sin discusión dicha longitud, sin pararnos a pensar si estaba o no bien elegida y, por tanto, si procedía su aumento o su reducción, y la hemos copiado y transmitido en los diversos pliegos de condiciones estudiados, en realidad de un modo algo automático.

Todo hubiera, probablemente, continuado sin variación si no hubiese surgido la guerra europea, la que con su enorme trascendencia ha influido en todos los aspectos de la actividad humana, haciendo variar cosas que nadie hubiera creído mutables.

Veamos cómo la guerra ha hecho pensar en aquel aspecto de la cuestión, es decir, que por la guerra ha sido preciso reflexionar si habría o no inconveniente en reducir la longitud que desde sus principios venían teniendo todas las traviesas empleadas en los ferrocarriles de vía ancha o normal.

Como consecuencia de la guerra el mercado nacional de traviesas experimentó profunda alteración.

Los árboles de los que más corrientemente se obtenían las traviesas eran pinos, hayas y robles.

Con anterioridad a la guerra se adivinaba, se dejaba sentir una cierta preocupación, para un porvenir evidentemente remoto, por la posible falta de bosques maderables, pues indiscutiblemente disminuían las existencias, sin que la labor tutelar del Estado amparase y organizase de un modo eficaz la repoblación y cuidado de lo existente, en evitación de posibles penurias.

Estas preocupaciones, he de confesar, no llegaban a alarmar a cuantos teníamos que gestionar esta clase de asuntos, por considerar la fecha en que el problema pudiera presentarse como muy remota, y probablemente alejada del momento en que de un modo egoísta debieran ocuparnos estos problemas.

La guerra vino a cambiar profundamente la situación y adelantar considerablemente los acontecimientos.

Los árboles que antes de ella se dedicaban exclusivamente, por sus condiciones especiales de edad, conservación y dimensiones para la preparación de traviesas, pues, en realidad, era difícil encontrarles otra aplicación adecuada, se utilizaron, al cesar las importaciones en España de maderas extranjeras, especialmente del Norte de Europa, para preparar toda clase de piezas, aceptándolas en el mercado nacional con evidente satisfacción, que se tradujo en elevaciones de precios verdaderamente extraordinarias.

Estas circunstancias motivaron talas sin freno, haciendo peligrar el patrimonio nacional forestal, llegando, como todo el mundo recuerda, y al servicio de la codicia más desenfrenada, a realizar cortas de árboles frutales, olivos, etc., sólo para obtener leña.

Aunque alguna cortapisa se quiso imponer en disposición bien recibida por la opinión, el daño principal ya estaba hecho.

Aquellas circunstancias produjeron importante

contracción en la producción de traviesas, ocasionando penuria en el mercado, que puso en difícil y comprometida situación a las principales Compañías ferroviarias, que necesitan anualmente considerable cantidad de aquel material.

Para formarse idea de las necesidades nacionales de este importante elemento de la vía, puede indicarse que la Compañía M. Z. A. consume anualmente unas 600 000 traviesas y muy cerca de 1 800 000 entre todos los ferrocarriles de vía ancha, representando esta cantidad de piezas unos 180 000 m³; sumando a esta cifra lo que corresponde para las traviesas precisas para las líneas de vía estrecha, se llega a un consumo anual de más de 210 000 m³.

La circunstancia señalada produjo, por tanto, un consumo extraordinario de madera, la corta de todos los árboles adecuados para la preparación de traviesas, considerable elevación de precios e importantes ganancias para los abastecedores.

La escasez de traviesas se presentó rápidamente, y aunque pudiera creerse había de ser circunstancial y pasajera, no fué así, por las causas expresadas, durando todavía, sin que la solución aparezca por parte alguna.

Con suma frecuencia las principales Compañías ferroviarias tantean el mercado nacional, sin éxito alguno, obteniendo ofertas, con precios muy elevados y en cantidades verdaderamente exiguas que únicamente permitirían un abastecimiento durante corto número de días.

Era angustiosa la situación, pues no se encontró, como digo, durante la guerra solución alguna y fué preciso reducir de un modo considerable las traviesas que se colocaban en la vía, con el riesgo evidente de posible desmerecimiento en el estado de conservación de las líneas.

Terminada la guerra fué preciso buscar mercados en los cuales se encontrase las traviesas precisas, no sólo en el crecido número necesario para las atenciones corrientes, sino también para suplir los deficientes abastecimientos anteriores.

En primer término se pensó, e hicieron gestiones en el mercado francés, el cual, con la reserva casi inagotable de Las Landas, puede suministrar cuantas traviesas sean precisas.

Las gestiones realizadas nos dieron a conocer la imposibilidad de carácter práctico de obtener las traviesas de la longitud nacional, o sea 2,80 m, pues todos sus bien establecidos aprovechamientos estaban dispuestos para la obtención de las traviesas de 2,60 m y se negaban a tratar los más, y los menos solicitaban precios verdaderamente prohibitivos para atender a las demandas españolas.

El mercado americano hubiera podido igualmente abastecer de cuanto fuera necesario; pero resultaba algo aventurado adquirir piezas de las múltiples maderas que en el mismo se preparan y cuyo resultado en los climas españoles nos era desconocido, resultando, por el contrario, las traviesas de maderas no dudosas, como, por ejemplo, el quebracho o la *massaranduba*, a precios tan elevados que sobrepasaban los recursos económicos de la Compañía, aunque su duración correspondiera posteriormente al crecido desembolso.

En los mercados del centro de Europa no se obtuvieron resultados favorables, como consecuencia de las múltiples y propias atenciones que con prioridad debían satisfacer.

Por todo lo expuesto, se vieron obligadas las principales Compañías ferroviarias españolas, y en especial la de M. Z. A., por encontrarse alejada de la cordillera cantábrica, donde todavía se alcanzan algunos bosques de haya y roble, a decidirse por encaminar sus gestiones y orientar sus compras en el mercado francés, aceptando, por no encontrar otra solución, las únicas traviesas ofrecidas, o sean las de 2,60 m de longitud.

Era preciso, para adoptar determinación de tal importancia, no solamente verse obligado a ello por las circunstancias expuestas, sino también convencido de que el acortamiento de las traviesas no representaba para la estabilidad y seguridad de la vía consecuencias dañosas, ni que su conservación desmerecía, produciendo quizá en ellas deformaciones o deterioros que obligaran a su más rápida sustitución.

Con este motivo estudié cuidadosamente la cuestión y obtuve el convencimiento de lo favorable de la nueva dimensión y estar exenta de inconvenientes (1).

Como considero interesante esta cuestión, a continuación indico el resultado de aquellos estudios.

¿Cuál es la longitud más conveniente?

Como primeras fuentes de información de esta importantísima cuestión, acudí a los documentos resúmenes de las sesiones celebradas por la *Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer*, y principalmente de todos ellos, los trabajos bien recientes y completos del último Congreso celebrado en Roma el pasado año 1922.

De los cuatro temas objeto de discusión en la Sección primera, o sea Vía y Obras, únicamente el primero, o sea «Establecimiento de la plataforma y de la vía» es el pertinente al caso.

Para esclarecer y estudiar este tema se presentaron cinco trabajos por cinco *rapporteurs*, los que se indican a continuación, estudiándose para cada uno la parte que en ellos trata de traviesas, bien en forma de estudio o conclusiones.

Primer trabajo.—Por H. U. Mudge, dedicado a América.

Ni en el fondo ni en las conclusiones se ocupa nada de traviesas.

Segundo trabajo.—Por Henry y Candelier, dedicado a todos los países, con excepción de Dinamarca, Suecia, Noruega, Inglaterra y América.

Se ocupa extensamente de las traviesas, y entre-saco de su estudio lo más importante, que dice textualmente:

«Para evitar las deformaciones de la vía, el número de traviesas tiene una gran importancia.

En vez de aumentar el número de traviesas, podría aumentarse su ancho, pero es menos ventajoso.

En fin, la longitud influye sobre la presión que recibe el suelo, pero se sabe por todos que el bateado sólo se puede hacer bien y enérgicamente en las proximidades de los carriles.

Si se alargasen demasiado las traviesas o si se las batea demasiado en los extremos, flexarán al paso de los trenes, quedando suspendidas de sus extremos, y

(1) En el número 2381 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS D. Antonio Prieto ha tratado este mismo asunto, con toda su competencia, mostrándose de acuerdo con estas mismas ideas.

sufrirán movimientos muy apreciables debajo de los carriles y la vía no será estable.»

En las conclusiones dice:

«Conviene aumentar el número de traviesas y el espesor del balasto, de modo que se repartan del mejor modo sobre la plataforma las cargas estáticas y dinámicas.»

Me voy a permitir un ligero comentario a cuanto he transcrito del estudio de Henry y Candelier.

No citan largos de traviesas, pero señalan, de acuerdo con los estudios generales, de los que más adelante me ocuparé, los inconvenientes de las traviesas demasiado largas, que aunque a primera vista pudieran parecer ventajosas, son en definitiva perjudiciales para la estabilidad de la vía.

Puede comprobarse que las soluciones que propone para mejorar la vía y ponerla en condiciones de que por ella se haga una explotación intensiva y moderna, son aumentar el número de traviesas y el espesor del balasto, y no recomienda el aumento de longitud de aquélla.

Tercer trabajo.—Por C. H. Ewing, dedicado a América.

Se ocupa con detalle de las traviesas y deduce como resumen de su estudio lo siguiente:

«Las dimensiones de las traviesas para líneas importantes deben ser de 2,44 m a 2,60 m $\times$ 0,23 $\times$ 0,18 m.

Las traviesas de madera dura deben ser preferidas a las de madera blanda, para las vías principales de las líneas importantes.

Las traviesas fabricadas son menos satisfactorias y económicas que las de madera dura.»

De estas conclusiones sólo deduzco dos comentarios que más adelante utilizaré: la de que existen en América traviesas de 2,44 m de longitud en las líneas importantes y la tendencia a darlas gran espesor, llegando hasta 0,18 m.

Cuarto trabajo.—Por K. Ahlberg, dedicado a Dinamarca, Suecia y Noruega.

Se ocupa poco de traviesas, indicando solamente que las dimensiones corrientes son de 2,60 m $\times$ 0,125 a 0,160 $\times$ 0,220 a 0,260 m.

Como solución para mejorar la vía, recomienda la aproximación.

En sus conclusiones no habla nada de traviesas.

Como comentario a este estudio, solamente recojo la ya varias veces recomendada solución de aproximar las traviesas y llamo la atención sobre la tendencia al aumento de espesores.

Quinto trabajo.—Por F. C. French, dedicado a Inglaterra.

Indica que antes de la guerra se usaban traviesas de 2,74 m $\times$ 0,254 $\times$ 0,127 m; pero que aquella dimensión se ha reducido a 2,59 m, no habiéndose notado alteración alguna en la conservación de la vía, y que puede asegurarse se adoptará como definitiva.

La Sección primera del Congreso encargó al *rapporteur* autor del trabajo número 2, ya examinado y comentado, Mr. Henry, hiciese un resumen de los cinco trabajos y presentase conclusiones para ser discutidas por la Sección, glosando las de los expresados cinco trabajos.

Así lo hizo Mr. Henry, y seguidamente copio íntegramente el texto de su resumen y conclusiones:

«Hay unanimidad en admitir por todos los rapporteurs la superioridad de las traviesas de madera

dura en las líneas de gran tráfico; las traviesas metálicas han ganado poco terreno.

Los anchos de aquéllas varían de 0,22 a 0,26 m.

Sus longitudes son de 2,44 a 2,60 m en América, de 2,60 a 2,70 en los países escandinavos y 2,55 a 2,60 m en Francia; en Inglaterra, antes de la guerra, se usaban traviesas de 2,74 m; pero la penuria de madera ha hecho que se reduzca a 2,59 m, longitud que existe el propósito de que se adopte con carácter general.»

Sus conclusiones sobre traviesas son:

«Las traviesas de madera (sobre todo, de madera dura) conservan su superioridad sobre las traviesas fabricadas.

La longitud más favorable parece ser de 2,60 m.»

De las conclusiones aprobadas por la Sección y transmitidas al pleno del Congreso, aparte y copio la única referente a traviesas:

«Traviesas. —Emplear como término medio traviesa y media por metro de vía, para los carriles Wignole, y traviesa y cuarto para los carriles de doble cabeza.»

Esta conclusión fué aprobada por la Sección primera y se pasó al pleno del Congreso, que la aprobó sin modificación alguna en sesión plenaria del 26 de abril de 1922.

De todo se deduce que sobre longitud de traviesas, y a pesar de que Mr. Henry se mostraba partidario y así propuso, se adoptase el acuerdo de que para el ancho normal europeo se consideraba como la longitud más adecuada la de 2,60 m, esta parte de su proposición no fué tomada en consideración.

Este resultado es negativo, es decir, que en dicho Congreso, y a pesar de ocuparse con gran detalle de los medios para mejorar la calidad de la vía, no se tomó en consideración el único acuerdo concreto propuesto sobre longitud de traviesas; si hubiera quedado en la forma propuesta por Mr. Henry hubiese hecho flaquear todas mis convicciones sobre las ventajas del acortamiento de longitud, pues si el Congreso, con su máxima autoridad, hubiera considerado para la vía europea como longitud más adecuada la de 2,60 m, para la vía española y como consecuencia, quedaba fijada como longitud conveniente la que hasta ahora ha venido considerándose como indiscutible, o sea 2,80 m.

Prosigamos examinando otras fuentes de información, consultando lo que sobre el particular han expuesto algunos autores de verdadera autoridad.

Estudios de Ast.—En el interesante estudio que publicó, y que fué unánimemente acogido con el más completo acuerdo, incluyó todos los estudios, minuciosos y detenidos, de Zimmerman.

En este último, y con extraordinario detalle, se calcularon y examinaron los efectos sobre todos los elementos que constituyen la vía, balasto, traviesas, carriles, bridas, clavazón y placas, de las cargas estáticas y dinámicas, diferenciando los efectos verticales, horizontales, ondulatorios, etc.

En este estudio se apreció primeramente el concepto de *coeficiente de balasto*, no debido en realidad a Zimmerman, sino a Winkler, aunque lo denominaba de otro modo.

Como se sabe, se llama así el valor que debe darse a C en la fórmula $p = C \cdot y$ que liga la presión unitaria sobre el balasto p , con y el descenso o hundimiento de la traviesa y C un coeficiente variable según las condiciones y estado del mismo.

Si se supone $y = 1$ cm, se tiene $p = C$ kg, y de aquí

se deduce que *coeficiente de balasto* es la presión unitaria para hacer descender la traviesa en el balasto 1 cm.

Fijándose en el modo de trabajar y comportarse la traviesa, se aprecia que no puede repartir la presión que recibe por igual sobre el balasto, ni tampoco en toda la superficie de contacto o apoyo de aquélla sobre éste.

Dos circunstancias influyen en ello; es la primera la flexibilidad o elasticidad del expresado balasto que constantemente se está deformando, siendo muy difícil llegue a constituir un cimiento suficientemente rígido.

Es la segunda, la también importante falta de rigidez transversal de la traviesa, que, por lo menos en las traviesas más corrientemente usadas, o sea de madera, da lugar a deformaciones muy apreciables de la misma.

La deformación y fatiga de la traviesa varía mucho con su longitud y sistema de bateado.

En las figuras que a continuación se representan se señala las formas de las curvas elásticas de las traviesas que pudiéramos llamar, de acuerdo con

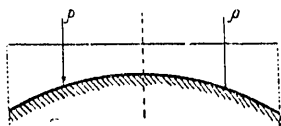


Fig. 1.ª

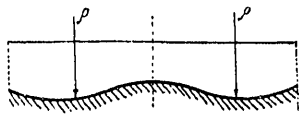


Fig. 2.ª

los experimentadores alemanes, cortas y largas, o sean de 2,30 a 2,40 m, las primeras, y 2,60 a 2,70 m, las segundas:

En las primeras, el máximo hundimiento de la traviesa se verifica en sus extremos, y en las segundas, precisamente debajo de los carriles.

En aquéllas el bateado debe hacerse con más frecuencia en los extremos de las traviesas, para evitar deformaciones de la vía, y en las segundas, en la zona inferior a la de apoyo del carril.

Después de sentar *Ast*, de acuerdo con Zimmerman, estas afirmaciones, estudia detenidamente el asunto, que no copio por no alargar este estudio.

Pero sí insertaré literalmente las conclusiones, algunas de las que aprovecharé para más adelante deducir consecuencias.

«1.ª Con traviesas largas y bien bateadas, la presión sobre el balasto, y como consecuencia el hundimiento de la traviesa, es más débil y su repartición más uniforme.

2.ª Por el contrario, la fatiga experimentada por la traviesa (tensión y compresión de las fibras) es en las traviesas largas más grande que en las cortas.

Debe anotarse que no es con una carga en reposo cuando se producen estos efectos destructores de las fibras de las traviesas, sino especialmente por los gol-

pes del carril sobre ellas, frecuentes y repetidos por el paso de los trenes.

Cuando se comienza a producir la destrucción de las fibras de la madera, por estos trabajos repetidos de compresión y extensión, queda el carril mal apoyado, casi suspendido por encima de la traviesa, y experimenta por ello esfuerzos suplementarios, superiores a los previstos y deducidos por el cálculo.»

Después de estas conclusiones de su estudio, trata de determinar las condiciones que deben reunir los materiales necesarios para una vía de circulación intensa (este informe está escrito en 1892), y al hablar de las traviesas dice:

«Por lo que se refiere a la rigidez de esta vía, con- vendrá disminuir la separación de las traviesas, que actualmente es, término medio, de 0,92 m.

Parece indiscutiblemente ventajoso proporcionar a la traviesa buena longitud y especialmente una sección transversal muy rígida. Esto para evitar las flexiones ocasionadas por el paso de las cargas y compensar los grandes deterioros que por estos esfuerzos experimentan.»

Como comentarios a estos primeros estudios de *Ast* y Zimmerman recojo, como necesario para mis conclusiones venideras, que consideraban verdaderamente perjudicial para la conservación de la traviesa, que esta traviesa tenga longitud grande, es decir, la que él consideraba como larga, de 2,60 a 2,70 m, y aceptaba resignado el uso de ellas, tomando como ventaja de esta mayor longitud el que la presión sobre el balasto fuese menor y apoyarse aquélla sobre éste en una superficie mayor; pero no hay que olvidar que en la fecha en que dicho estudio se redactó se puede decir que todo el balasto era de grava, arena y aun tierra, casi no se conocía el de piedra machacada, y para un balasto de aquella clase es evidente convenía a toda costa reducir la presión, puesto que su coeficiente casi más elevado, según *Ast*, no pasaba de 3 ó 4, en tanto que los balastos actuales de piedra machacada alcanzan coeficientes de valor 8.

Tampoco debe olvidarse que las cargas eran menores por eje.

Deduzco la impresión del estudio de *Ast*, que aceptaba las traviesas largas, a pesar de conocer sus graves inconvenientes, preocupado por evitar trabajos demasiado elevados del balasto y sacrificando la conservación de la traviesa, cuya reposición o sustitución no era, como actualmente, un verdadero problema.

Admitía como inconcusas la creencia de que cuanto mayor longitud tuviera la traviesa al ser mayor la superficie de contacto con el balasto, la presión unitaria era menor.

Esta afirmación, cuya inexactitud han venido a demostrar el tiempo y las experiencias posteriores, de que en otro artículo nos ocuparemos, no es extraño que se tomara como verdad inconcusa en aquella época en que los estudios experimentales comenzaban.

Domingo MENDIZÁBAL
Profesor de la Escuela de C., C. y P.