

## LAS BAJAS EN LAS SUBASTAS

Las cuantiosas bajas con que se han adjudicado algunas recientes contrataciones de obras públicas han llamado la atención de los técnicos y aun del público en general, y han provocado comentarios, a muchos de los cuales falta una base objetiva y concreta.

El hecho repetido revela, sin embargo, una anomalía, que conviene examinar, para conocer sus verdaderas causas, oponiéndole, si así procediera, el oportuno remedio.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS no puede menos de seguir con todo interés cuanto a este particular se refiere, y dispuesta siempre a coadyuvar al esclarecimiento del asunto y al detenido estudio del mis-

mo, se propone abrir una información, a la que desde luego invita a ingenieros y contratistas y a cuantas personas y entidades se encuentren interesadas en empresas de construcción, para que expongan serena y razonadamente sus opiniones, indicando al mismo tiempo los medios que cada cual estime más conducentes para llegar en esta materia a la solución más satisfactoria.

Para dejar en mayor libertad a los informantes, la REVISTA no ha de apuntar ninguna. Sólo después de terminada la información podrá recoger y resumir sus resultados, añadiendo su comentario, si llegara a considerarlo preciso.

## Nuevos estudios sobre el impacto

En el núm. 2 382 de fecha 1.º de junio 1923 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, publiqué un estudio sobre el impacto, en el cual se hacía el análisis de las principales causas que originan tan importante efecto, que tanta categoría suele adquirir en los tramos metálicos, comparando las diversas fórmulas, tanto empíricas como las que en aquella fecha estaban adoptadas en las instrucciones vigentes para el cálculo de los coeficientes de aumento de las sobrecargas móviles.

En aquel mismo trabajo, y previas consideraciones de carácter teórico unas y deducidas otras de experiencias múltiples realizadas en muy diversas obras establecidas en la Compañía de los ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y a Alicante, deduje como recomendable una fórmula del tipo de cuarto de elipse para fijar dicho coeficiente, estableciendo un aumento que se valoró en el 140 por 100 para luz cero, y que se anulaba para luces de 250 metros.

Posteriormente, en los estudios que realicé para llegar a la redacción de la actualmente vigente instrucción para el cálculo de tramos metálicos, volví a examinar con toda detención la fórmula entonces hallada y quedé convencido de la conveniencia de su adopción, y por esta razón, en la propuesta que dirigí a la Superioridad, se incluía como fórmula admisible para el coeficiente de impacto la que en aquel primer estudio determinaba.

Aquella propuesta fué aceptada, como es sabido, por la Superioridad, y, por tanto, aquella fórmula, que es

$$I \text{ por } 100 = 140 - 0,56 \sqrt{500 l - l^2}$$

fué la que en definitiva, con carácter oficial, quedó dispuesto se observara en el cálculo de cuantos proyectos de tramos metálicos se redactaran en el porvenir.

El estudio del impacto, que comenzó en la época a que antes se alude, ha merecido desde entonces la atención preferente de cuantos ingenieros se dedican al estudio de los tramos metálicos, y en diver-

sos países, y por múltiples técnicos, se han proseguido los estudios, tanto de carácter teórico como de carácter práctico, para llegar a determinar con más precisión las causas que motivan aquel efecto y el medio de transformar en fórmula lo más aproximada posible a la realidad el valor de dicho coeficiente.

Los estudios más interesantes y quizá mejor orientados, han sido los realizados en los ferrocarriles federales suizos durante los años 1916 a 1926; en la India donde existen notables ingenieros, se constituyó el año 1918 una Comisión, denominada «India Bridge Committee», que de 1918 a 1921 hizo otras interesantes experiencias; técnicos afectos al Ministerio de Transportes inglés (Ministry of transports), se ocuparon del mismo asunto entre los años 1924 a 1926, y en 1925 a 1926 la Dirección de ferrocarriles alemanes (Deutsche Reichseisenbahn) ha realizado otros estudios con gastos considerables.

En septiembre de 1926 se celebró en Zurich un Congreso internacional de ingenieros interesados en la construcción de puentes, en el cual Mr. Buhler (ingeniero-jefe de la Sección de construcción de puentes de la Dirección general de los Ferrocarriles federales suizos), presentó un trabajo muy interesante, que fué discutido, en el que se proponían diversas conclusiones, que fueron adoptadas por el expresado Congreso, las que a continuación copio por ser, puede decirse, hasta fecha muy reciente, las que con carácter oficial servían como base para el estudio de este efecto:

1.ª Para calcular debidamente un tramo metálico debe tenerse siempre en cuenta el coeficiente de impacto.

2.ª Este coeficiente depende al mismo tiempo de la constitución orgánica de la estructura y su estado de conservación, así como del de la vía y vehículos, establecida sobre aquél y que por aquélla circulan; este coeficiente es mucho más elevado para las antiguas construcciones que para las modernas.

3.ª En general, en la expresión de este coeficiente, la velocidad no debe aparecer explícitamente,

pues es máximo para la velocidad de sincronismo entre las vibraciones del tramo y el giro de las ruedas, pudiéndose llegar a esta velocidad en los tramos de luz media y elevada, no alcanzándose en general para las pequeñas luces, en las cuales los otros fac-

interesados en estudios de puentes, que había de celebrarse en Viena en septiembre de 1928, de presentar algunas notas sobre tan esencial asunto, y, en efecto, así lo hice.

Me permití, convencido de la conveniencia de la

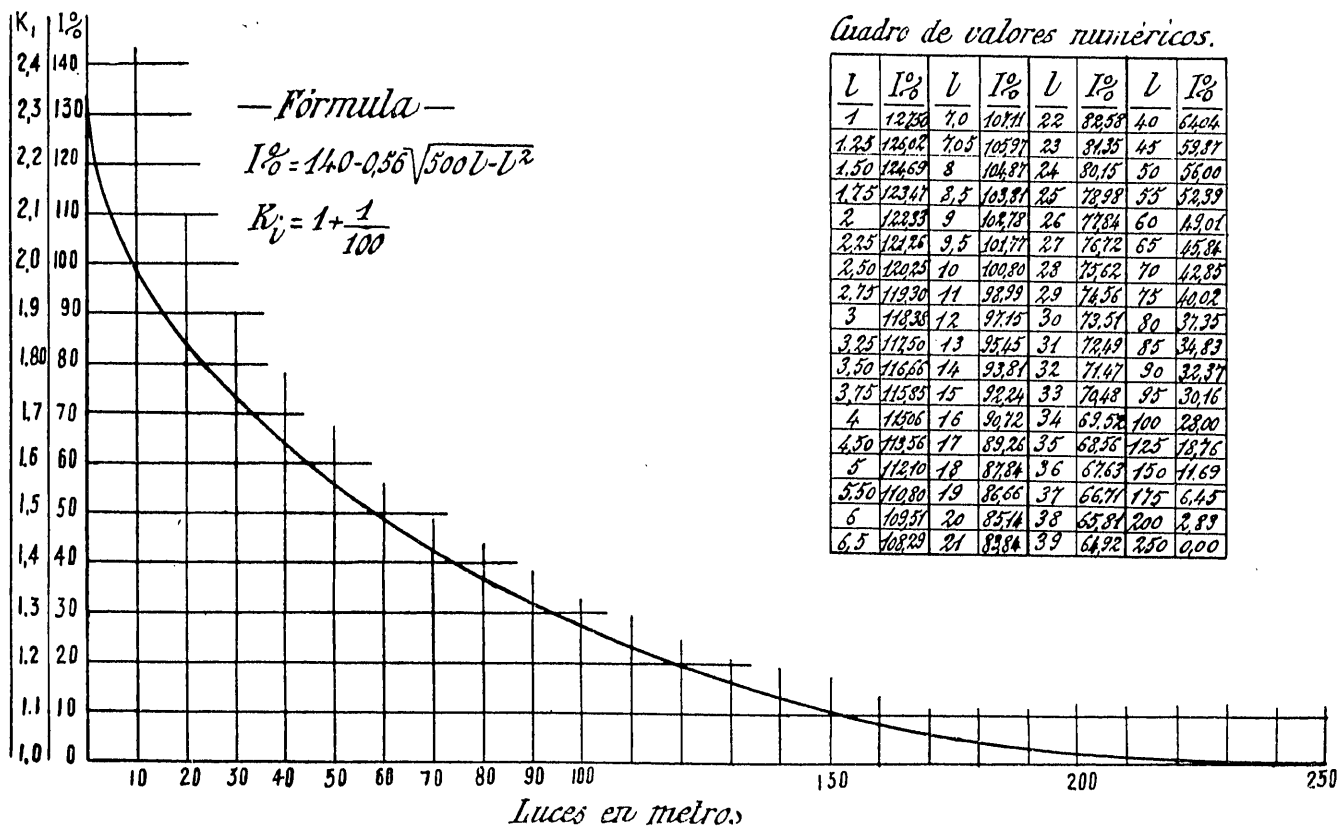


Fig. 1.ª Fórmula propuesta para el incremento de impacto.

tores que influyen en este coeficiente pueden ser preponderantes.

4.ª Las fórmulas más empleadas contienen como variable la longitud del tramo, pudiendo ser más conveniente entrar en ellos por la longitud cargada, especialmente en los elementos sometidos a esfuerzos alternativos.

5.ª Se puede estimar, como conveniente, la fórmula de Pencoyd, a pesar de ser débiles los coeficientes que de ella se deducen para las pequeñas luces. También puede ser aceptable la fórmula de la Asociación Americana de Ingenieros.

6.ª Se puede disminuir el coeficiente de impacto utilizando carriles largos o juntas soldadas y traviesas de madera no muy alejadas; la adopción de largueros continuos de madera para la colocación de la vía sobre balasto, puede igualmente disminuir notablemente este coeficiente.

Estas conclusiones, propuestas, como ya se indica, por aquel ingeniero, están en general perfectamente ajustadas a la realidad y pueden aceptarse aun en el presente momento, a pesar de que en el tiempo transcurrido desde el mencionado Congreso de Zurich estos estudios se han intensificado mucho, y algunas circunstancias tenidas como invariables en aquella época, actualmente son enfocadas en forma muy distinta.

Considerando el estudio del impacto como uno de los temas más interesantes que dentro de la técnica de los tramos metálicos puede actualmente considerarse, formé el propósito, cuando se anunció la celebración del Congreso internacional de ingenieros

fórmula adoptada en la Instrucción española, proponer, en la nota que presenté, fuese aceptada dicha fórmula con cierto carácter de generalidad, sin esperar, así he de confesarlo, que mi propuesta fuese aceptada sin discusión, sino más bien como base de controversia sobre tan importante aspecto del asunto.

A la expresada nota por mí presentada en el Congreso de Viena acompañaba tres gráficos, que estimo muy elocuentes, y que creo hacen que mi tesis sea perfectamente comprensible, gráficos que se acompañan igualmente a estas notas.

Es el primero, la representación gráfica de la fórmula propuesta, señalándose para cada luz entre cero y doscientos cincuenta metros (para la cual, como ya se ha dicho anteriormente, se supone que en el efecto de impacto se anula) el coeficiente de aumento que debe aplicarse a las sobrecargas móviles para el cálculo de tramos.

En el segundo gráfico se compara la fórmula española a las demás corrientemente establecidas y aceptadas, la mayor parte de ellas de carácter empírico, entre ellas las de Mount, la de Pencoyd y la de la Asociación de Ingenieros Americanos, la de Waddell, la empleada en los ferrocarriles americanos y la general del tipo cuarto de elipse.

En dicho gráfico se representa igualmente la fórmula de la Instrucción española, pudiéndose apreciar en la misma que hasta unos 30 metros de luz puede considerarse como la más fuerte de todas; de 30 a 70 metros continúa en análoga situación, con excepción de la fórmula de Pencoyd, y a partir

de esta luz es la de Waddell la más elevada, ocupando esta posición hasta unos 100 metros, donde pasa a ocupar una situación inferior a todas las demás, con excepción de la del cuarto de elipse.

Estimo esta posición lógica, pues no hay duda que para una cierta luz, que después de las experiencias realizadas creo debe tomarse la de 250 metros, el efecto del impacto debe anularse, siendo absurdo, a mi juicio, lo que ocurre en las cinco curvas representadas en el gráfico comentado, que no cortan al eje de abscisas, manteniéndose dicho efecto indefinidamente.

De igual modo, para pequeñas luces es natural que el coeficiente sea muy elevado, dada la enorme masa que sobre tramos de estas condiciones insi te con efectos importantísimos, precisamente por el poco peso del tramo que la resiste.

Examinando el tercer gráfico, en el cual se comparan los coeficientes deducidos de la fórmula adoptada en la Instrucción española con los preconizados en las también instrucciones vigentes en la actualidad, americana, canadiense, alemana y francesa, únicas que hacen mención de este efecto, se puede apreciar que los coeficientes de la Instrucción española son los máximos hasta la luz de 10 metros, a partir de la cual es la Instrucción canadiense la que prescribe mayores coeficientes de aumento; entre 10 y 25 metros continúa siendo la española la dominante, y a partir de esta luz, la americana queda de un modo definitivo superior a la española, siendo ésta cortada nuevamente a los 85 metros por la fórmula alemana, y, por último, a las 170 metros por la francesa; aná-

que cumple la Instrucción española, debiendo anularse estos efectos para grandes luces, lo que no ocurre en las fórmulas prescritas por las cuatro Instrucciones estudiadas en el mismo gráfico.

En este gráfico aparece, como ya se ha dicho, la curva correspondiente a la fórmula prescrita en la Instrucción francesa, y sobre ello he de llamar la atención, pues recientemente, con fecha 10 de mayo de 1927, se ha publicado, por el Ministerio de Obras públicas francés, una nueva Instrucción para el cálculo de tramos metálicos que, en realidad, coincide casi en absoluto con la que en enero de 1915 salió a la luz, siendo precisamente la más esencial diferencia entre ambas disposiciones la adopción en esta última del coeficiente de aumento de las sobrecargas a la vista del coeficiente de impacto que en la anterior Instrucción no aparecía.

Esta modificación significa, desde luego, la importancia que en todos los países se va dando al mencionado efecto.

La fórmula que en el tercer gráfico aparece traducida en curva, es la siguiente:

$$I = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{P}{S}}$$

siendo  $L$  la luz del tramo;  $P$  el peso total de la carga permanente, y  $S$  el peso máximo de las sobrecargas.

En el Congreso celebrado recientemente en Viena, al que antes aludo, se han presentado, además de la nota que yo redacté, otras tres, referentes al mismo

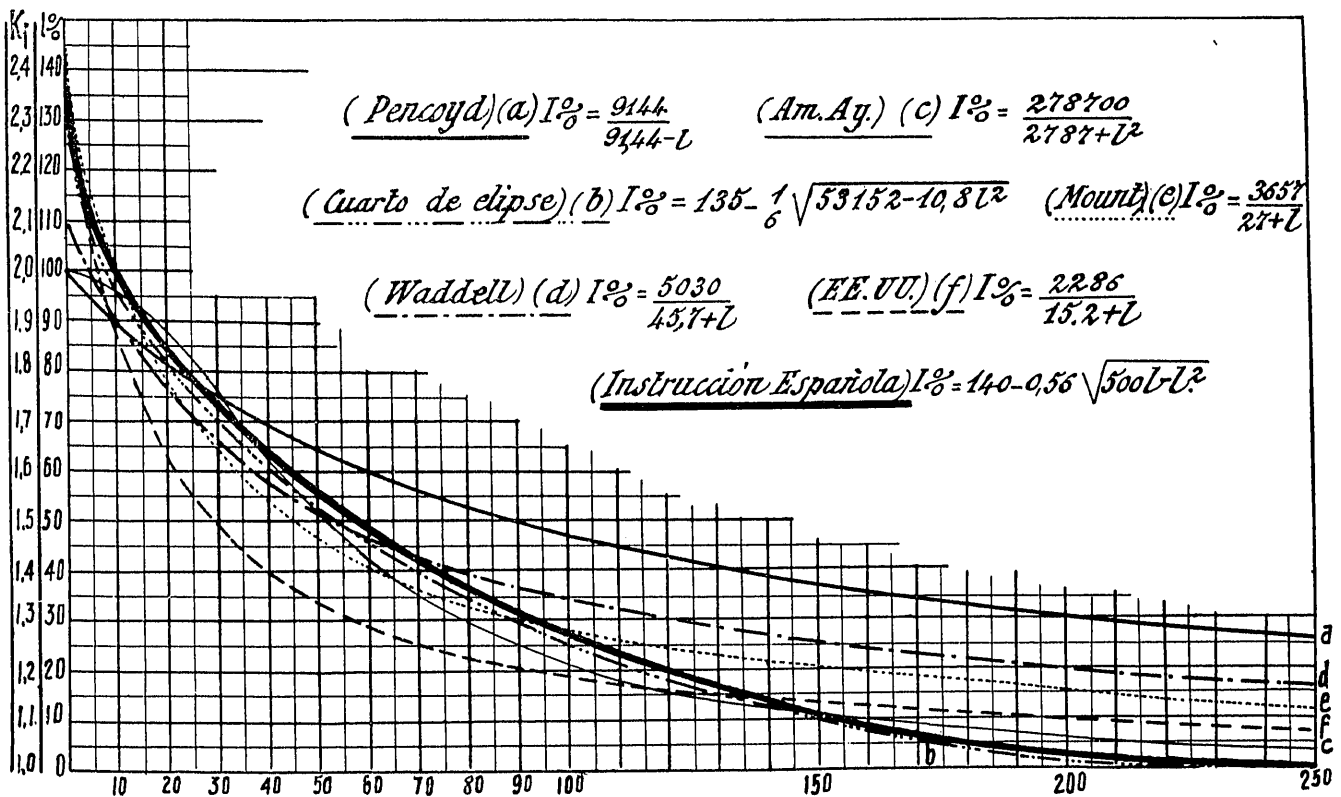


Fig. 2.ª Gráfico comparativo de las fórmulas teóricas de impacto y la establecida en la Instrucción española.

logas consideraciones a las indicadas, al hablar del estudio del gráfico segundo, pueden hacerse al examinar el que ahora nos ocupa, debiendo ser, como en el mismo aparecen, los coeficientes correspondientes a luces pequeñas sumamente elevados, condiciones

asunto, o sea un total de cuatro propuestas, es decir, el máximo número referente a cualquiera de los diversos estudios que sobre tramos metálicos se proponían en las bases para la celebración de dicho Congreso, lo que ratifica cuanto antes he indicado del

interés que este efecto merece de cuantos ingenieros se ocupan de esta especialidad.

El primer trabajo ha sido presentado por M. Godard, profesor de construcciones metálicas de la Escuela de Puentes y Calzadas, de París, e ingeniero de construcciones metálicas de la Compañía de los ferrocarriles del Midi francés, el cual, después de hacer en su ponencia un estudio de las principales causas que motivan el efecto del impacto, se preocupa notablemente, y con razón, del efecto de sincronismo que a cierta velocidad crítica produce en los tramos el más considerable efecto, variable una y otro, se-

tes para que la resonancia y coincidencia de vibración en el tramo y en el giro de los ejes se verifique:

- 1.<sup>a</sup> la necesaria relación en la frecuencia del giro;
- 2.<sup>a</sup> duración suficiente en la acción de la carga;
- 3.<sup>a</sup> regularidad en el ritmo en la marcha de la carga.

Llega a una conclusión muy interesante, que hago mía, cual es que los trenes de mercancías, por grandes velocidades que llevaran y grandes sobrecargas que transportaran, producen, dada la heterogeneidad del material y la dificultad de que la vibración rítmica se produzca, mucho menores efectos que los

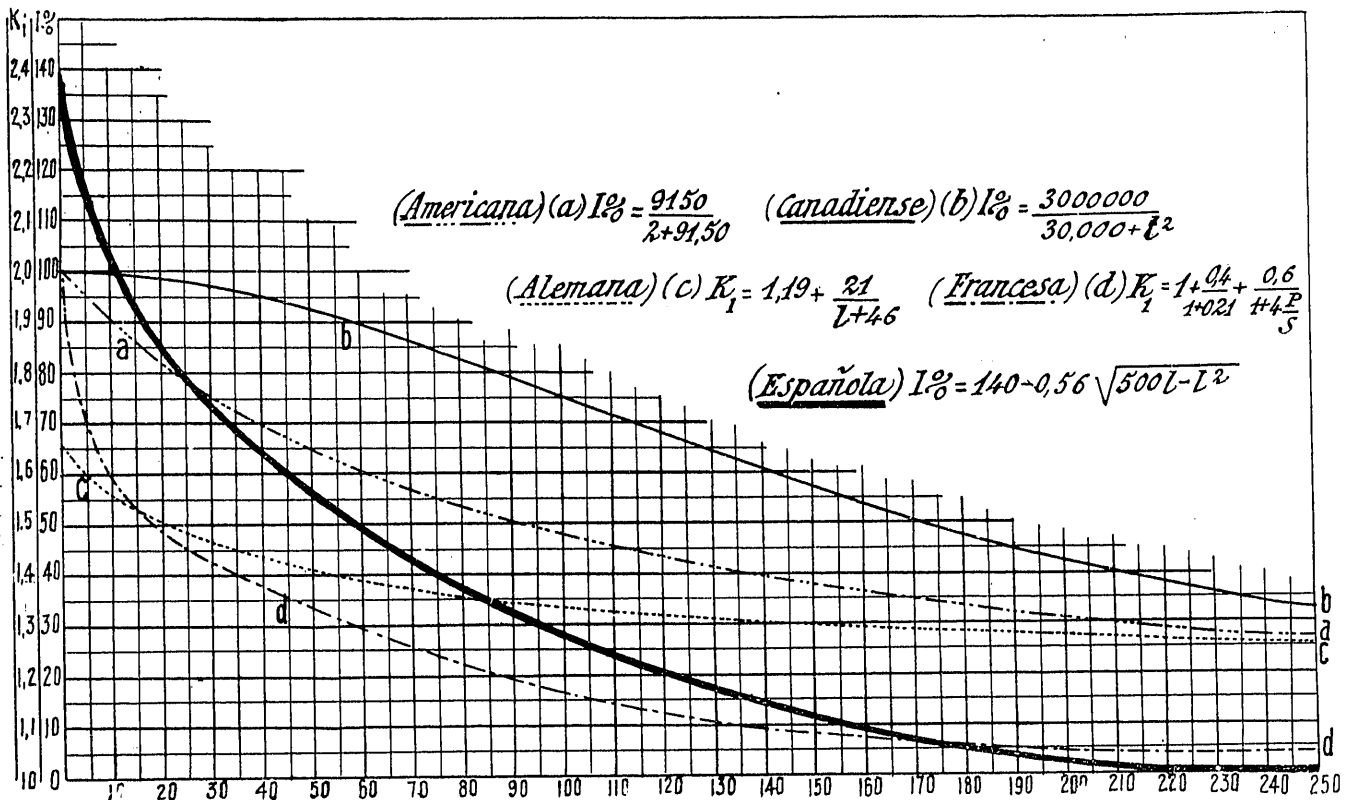


Fig. 3.<sup>a</sup> Gráfico comparativo de las fórmulas de impacto de las Instrucciones oficiales vigentes

gún la luz, e indica, a pesar de haber intervenido dicho ilustre ingeniero en la redacción de la nueva Instrucción que en Francia acaba de publicarse, que el coeficiente que en la misma se señala para el efecto de impacto para mínimas luces, o sea la de 100 por 100 del que corresponde a las sobrecargas, lo considera reducido, y solicita como conclusiones de su trabajo la realización de mayores ensayos y experimentos, por estimar que dicho efecto debe, sobre todo en los tramos de pequeñas luces, alcanzar valores muy superiores (en la Instrucción española se llega a un 140 por 100 de aumento).

Otro trabajo presentado al mismo Congreso lo ha sido por Mr. Fuller, profesor de la Escuela de Ingenieros Civiles de Iowa (Estados Unidos), el cual establece, a mi juicio de un modo equivocado, que el efecto de impacto debe considerarse casi exclusivamente en los pisos, en tanto que reduce en condiciones verdaderamente insignificantes dicho efecto en las vigas principales; y, por último el profesor de Moscú, Sprelitzky, presentó estudio perfectamente orientado y completo, donde después de amplios razonamientos, fundados en cálculos y experiencias, señala, y con sus conclusiones estoy de acuerdo, que es indispensable existan las tres condiciones siguie-

ntes para que la resonancia y coincidencia de vibración en el tramo y en el giro de los ejes se verifique: 1.<sup>a</sup> la necesaria relación en la frecuencia del giro; 2.<sup>a</sup> duración suficiente en la acción de la carga; 3.<sup>a</sup> regularidad en el ritmo en la marcha de la carga. Llega a una conclusión muy interesante, que hago mía, cual es que los trenes de mercancías, por grandes velocidades que llevaran y grandes sobrecargas que transportaran, producen, dada la heterogeneidad del material y la dificultad de que la vibración rítmica se produzca, mucho menores efectos que los

trenes de viajeros con material más uniforme, aun teniendo en cuenta que es más frecuente que el material de mercancías presente en sus ejes y ruedas más defectos que el de viajeros, causa bien sabida de producción del impacto; únicamente admite, y también en ello creo tiene razón, que aun en los trenes de mercancías puede producirse incrementándose un fuerte impacto cuando existe alguna junta en malas condiciones, y entonces rítmicamente en ella golpean todas las ruedas al pasar por la misma. En la sesión celebrada en el Congreso del día 24 del pasado septiembre se pusieron a discusión las proposiciones presentadas, no habiendo acudido a defender las suyas Fuller ni Sprelitzky; únicamente Godard y el que suscribe acudieron a la tribuna con tal objeto, habiendo propuesto Godard, con mi aceptación y aprobación posterior del Congreso, que dada la importancia del tema y la no absoluta coincidencia en las propuestas presentadas; no se adoptase una conclusión definitiva sobre el particular, y la conveniencia de crear una Comisión de carácter permanente que estudiara este efecto y llevase al próximo Congreso, que se celebrará en París el año 1931, propuestas concretas y terminantes, las cuales sin divagación se estudien en el mismo.

He de hacer notar una circunstancia muy interesante sobre este efecto, y es la siguiente: hasta ahora solamente había sido considerado el efecto del impacto en los tramos metálicos de ferrocarriles, considerándose no debía tomarse en cuenta en los tramos metálicos para carreteras, existiendo para ello diversas razones; es la primera, la existencia del piso continuo en todo tramo de esta clase, que, al recibir directamente el efecto de choque producido por la acción dinámica de las sobrecargas, le reparte, absorbiéndole, sin que lleguen dichos efectos a los elementos vitales del tramo; es otra razón la pequeñez relativamente del peso de las sobrecargas en movimiento en estos tramos, con relación al peso propio y carga permanente de los mismos para carreteras, en tanto que análoga relación en los tramos metálicos para ferrocarriles tiene valor completamente distinto por ser en general mucho mayor el peso de las sobrecargas, sobre todo para tramos de no grandes luces, que el del tramo que ha de resistirle; pero recientemente, el 21 de mayo de 1927, ha aparecido una nueva instrucción para el cálculo de tramos metálicos para carreteras, en Alemania, y en ella se toma en consideración el efecto de impacto para esta clase de tramos, indicando en la justificación de esta adopción que más que para el efecto de los vehículos con motor mecánico a grandes velocidades, se prevé y establece este coeficiente por la posibilidad del paso rítmico de masas importantes de peatones (grupos militares). Los valores de las sobrecargas deben ser multiplicados por un coeficiente de aumento que va descendiendo desde 1,04 para 5 metros de luz, hasta 1,01 para 200 metros, última luz para la que se considera necesario aplicar este aumento; coeficientes naturalmente, menores que los exigidos y aplicados para tramos de ferrocarriles, pero muy interesante su adopción por marcar, como antes se señala, una nueva fase en el estudio de este efecto.

Una derivación, quizá insospechada, del estudio de este efecto en los tramos metálicos para ferrocarriles, es la de volver a colocar la vía en dichos tramos sobre balasto, solución adoptada en los primeros tiempos de la construcción de tramos y que fué desechada y por completo abandonada, teniendo en cuenta la importante sobrecarga que la existencia de tal balasto presentaba para el cálculo de tramos, pues teniendo en cuenta que, aproximadamente, en una vía tipo moderno es preciso 1,600 m<sup>3</sup> por metro lineal de vía, se incrementa el peso de dicha carga permanente aproximadamente en unos 3 000 kilogramos por metro lineal, con las graves consecuencias que esto trae en aumento del peso de la estructura, y, por tanto, de coste; pero se ha observado que en algunos tramos en que todavía existe esta disposición o en algunos de disposición moderna muy oblicuos en planta y que para facilitar la colocación de las traviesas en la parte oblicua se colocaba balasto en vez de disponer en abanico dichas traviesas, el efecto del impacto disminuía notablemente, sin que los estudios hasta ahora realizados permitan determinar de un modo definitivo si el incremento del peso producido por la existencia del balasto, más los elementos de relleno que habían de sustentarla, compensan o no la disminución que del coeficiente de impacto puede deducirse, siendo éste uno de los aspectos más interesantes que este estudio ha de tener en el próximo Congreso.

En relación con este asunto se realizaron en Viena, durante la celebración de las sesiones, interesantes experimentos en uno de los puentes sobre el Danubio, para determinar con un aparato representado en la fotografía adjunta, mediante el movimiento en sen-

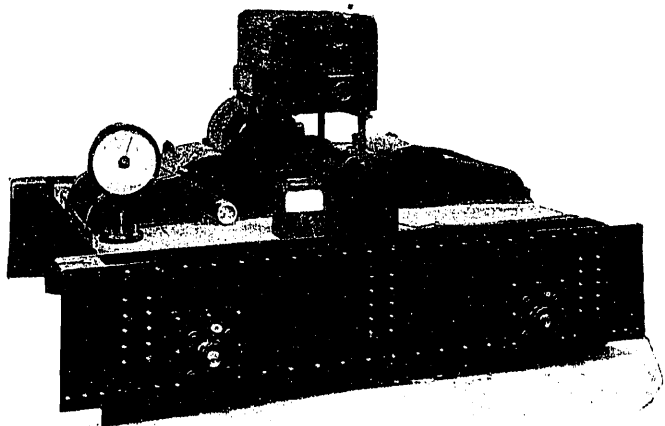


Fig. 4.º. Aparato para producir vibraciones en los tramos metálicos

tido contrario de dos contrapesos cilíndricos, excéntricamente colocados, una vibración importante en el tramo, solamente para una determinada velocidad de giro de los expresados contrapesos; es decir, que antes y después de alcanzar esa velocidad, o sea con velocidades angulares menores y mayores, no solamente las vibraciones del tramo disminuyen, sino que hasta se anulan, y mediante gráficos obtenidos con el mencionado aparato se determina, utilizando tablas oportunamente dispuestas, el trabajo equivalente a la vibración provocada en el tramo, trabajo que, convertido a su vez en sobrecarga, marcaba de un modo bastante aproximado el coeficiente de impacto o incremento del valor de las sobrecargas reales que por el tramo habían de circular.

Con estos aparatos y en breve tiempo se pueden determinar, en cifras o magnitudes, con suficiente aproximación, las cualidades dinámicas de un tramo, siendo esta medida de gran importancia, no solamente para el constructor, a quien se le proporcionan las referencias precisas y esenciales sobre las condiciones de la construcción, sino igualmente para determinar por aquel que haya de explotar el tramo las condiciones en que esta explotación se puede realizar de un modo racional, dadas las sobrecargas rodantes que por el mismo circulan.

Las dos masas equilibradas puestas en movimiento en sentido contrario dan lugar a que sus respectivos esfuerzos centrífugos se adicionen en dirección vertical en tanto que se anulan horizontalmente; el consumo de fluido del motor eléctrico que produce el movimiento se determina inmediatamente, pudiéndose con estos datos determinar con toda exactitud la fuerza centrífuga de las dos masas equilibradas.

Cuanto va indicado en estas notas justifica y demuestra la importancia con que el efecto de impacto se considera en todas partes, y por ello me he permitido redactar estas notas para que los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS estén al corriente de cuanto sobre el mismo se publica y estudia en el Extranjero.

Domingo MENDIZÁBAL  
Ingeniero de Caminos y Profesor de la Escuela