

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**Redactor-Presidente....** Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.  
**Redactores.....** Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.  
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.  
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).  
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero de Caminos del mismo Cuerpo, *Secretario*.  
**Colaboradores.....** Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9. pral.

## LOS VAGONES TUBULARES

### SISTEMA GOODFELLOW Y CUSHMAN

(CONCLUSIÓN)

Sustituyamos en esta fórmula el esfuerzo  $P$  por su valor  $tS$ , siendo  $t$  la tensión y  $S$  la sección, y el momento de inercia  $I$  por su valor  $Sk^2$ , designando por  $k$  el radio de giración de la sección. Resultará:

$$t \leq \frac{\pi^2 E k^2}{L^2}, \text{ de donde } L \leq \pi k \sqrt{\frac{E}{t}}$$

Sea  $E = 25000$ . En el ejemplo que consideramos  $t = 2,5$  kg. por  $\text{mm}^2$ . El radio de giración de una corona circular tiene por expresión  $\frac{1}{4} \sqrt{D^2 - D_0^2}$ , siendo  $D$  y  $D_0$  los diámetros exterior é interior de la misma; lo queda para el caso presente  $k = 23$  mm.

Por consiguiente,  $L \leq 3,14 \times 23 \sqrt{\frac{25000}{2,5}}$  mm. y haciendo operaciones  $L \leq 7,20$  metros.

Basta, pues, que las distancias entre los enlaces de los tubos no sean mayores de 7,20 mm. para que los tubos no flexen, y como quiera que dichas distancias son mucho menores (la mayor 2,50 m.) en el bastidor que estudiamos, la conclusión á que hemos llegado prueba que la resistencia á la compresión queda plenamente asegurada en las condiciones normales en que puede producirse.

Es evidente que en el caso de choques violentos los esfuerzos dinámicos de compresión pueden ser tales que hagan flexar los tubos más allá del límite de elasticidad y se produzcan roturas; pero de todos modos no es menos exacto que el bastidor tubular posee la rigidez necesaria para no deformarse en las condiciones más desfavorables del trabajo ordinario, sin perjuicio de la flexibilidad que le permite en caso de accidente desempeñar el papel de un gran resorte que, sumando su acción á la de los topes, contribuye á mitigar la violencia de los choques.

V

#### Superioridad técnica y económica de los vagones tubulares con bogias sobre el sistema ordinario.

Algo de esto ha podido ya apreciarse en las consideraciones y cálculos del capítulo anterior.

En España el vagón corrientemente usado es el tipo ordinario de 10 toneladas. Los hay también, aunque en pequeño número, del mismo sistema para carga de 15 toneladas, y aun cree-

mos haber visto alguno de tres ejes capaz de cargar 20 toneladas.

En más ó menos escala, estos vagones para 15 y 20.000 kilogramos adolecen de los mismos inconvenientes que los de 10.000, y siendo éstos los casi exclusivamente usados, y por tanto, los que habrían de ser sustituidos por los de otro sistema, de convenir el cambio parece lo más lógico que á los de 10 toneladas nos refiramos, para poner de manifiesto las ventajas técnicas y económicas de los vagones tubulares sobre los antiguos.

De dos órdenes son las ventajas de que pueden hacer mérito los vagones ligeros tubulares, deducidas las unas del sistema de construcción sea en su conjunto ó en sus detalles, y las otras de la misma ligereza del vagón que reporta importantes facilidades y economías en la explotación, y reducciones de consideración en el capital inmovilizado en el material móvil y en una parte del fijo.

La flexibilidad que adquiere el tren así como los demás cualidades que avaloran el empleo de las bogias son bien conocidas, por lo que nos limitamos á recordárlas en pocas palabras:

(a) Permiten aumentar la longitud de los vagones sin sobre carga en los ejes.

(b) La carga sobre ellos se reparte igualmente entre las cuatro ruedas, gracias á la posición central del pivote de apoyo.

(c) Merced á la proximidad de los ejes se facilita la circulación en las curvas, sobre todo en las de pequeño radio, tan abundantes en nuestro país por lo accidentado de algunas regiones, lo que á su vez determina: Disminución de la resistencia debida al rozamiento de las ruedas contra el carril exterior. Reducción del esfuerzo que tiende á ensanchar la vía en las curvas, con la consiguiente economía en la conservación del material fijo. Disminución de los esfuerzos laterales de ruedas y ejes, así como de la torsión que tiende á producir la ruptura de éstos. Amortiguar las sacudidas de los trenes en marcha, las cuales deterioran todo el material de los vehículos.

(d) Los puntos de apoyo están próximos á las extremidades del vagón, y de aquí la disminución relativa de la parte volada y mayor estabilidad del vehículo, vacío ó cargado.

Todos los inconvenientes que atenúa ó suprime el sistema de bogias, son tanto más sensibles cuanto mayor es la velocidad del tren.

Por otra parte, estando estos vagones contruidos sobre el principio del recambio, la exactitud de sus ajustes y el empleo exclusivo de pernos facilita extraordinariamente las reparaciones, que en la mayoría de los casos, incluso en los de accidentes, pueden hacerse sin llevar los vehículos al taller, siendo sencillísima la sustitución de todas las piezas.

Pero las principales ventajas se derivan de la ligereza del vehículo y de la elasticidad del bastidor.

La disminución del peso muerto es evidente. La tara de un vagón tubular que cargue 3 toneladas de mercancías es próximamente 11.000 kilogramos. La de los vagones ordinarios con carga máxima de 10 toneladas es por término medio de 6.000 kilogramos, que en tres vehículos necesarios para el transporte

de las mismas 30 toneladas hacen 18.000 kilogramos, ó sea una diferencia de tara de 7.000 kilogramos, que representan un 39 por 100 en menos para los tubulares, tanto á la ida como á la vuelta.

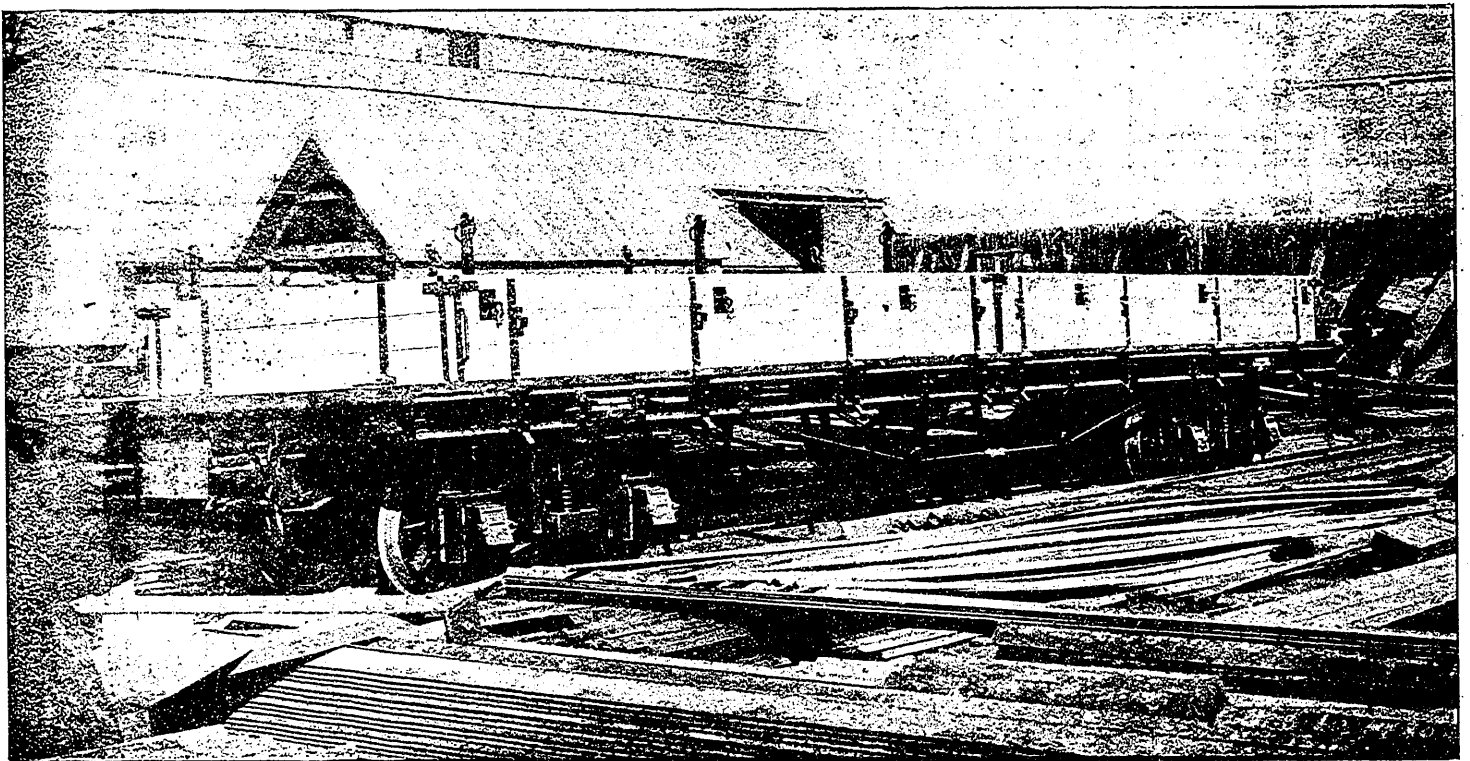
Esta considerable reducción de la tara, trae consigo importantes economías en los gastos de explotación, que vamos á poner de relieve con algunos ejemplos.

Supongamos que el valor en renta de un vagón ordinario sea de 1,50 pesetas por día, ó en 100 días 150 pesetas. Su capacidad de carga es 10.000 kilogramos; su tara media 60 por 100 = 6.000 kilogramos. A la misma carga correspondería en el tubular, á razón de 36 por 100 de tara, 3.600 kilogramos; diferencia, 2.400 kilogramos. Admitamos una tarifa media por tonelada-kilómetro de tráfico de 0,08 pesetas y gastos de explotación de 50 por 100 = 0,04 pesetas. Tomemos la mitad para los vagones vacíos ó sea 0,02 pesetas. Las 2,4 toneladas de tara economizada valen 0,048 pesetas por kilómetro, y suponiendo que cada vagón haga un servicio medio diario de 35 kilómetros, se tendrá en 100 días  $0,048 \times 35 \times 100$  pesetas = 168 pesetas.

Supongamos un tren compuesto de 45 vagones ordinarios que podrían transportar 450 toneladas. Como la tara de estos vagones sumaría 270 toneladas, el peso total que habría de arrastrar la locomotora ascendería á 720 toneladas. Un tren del mismo

peso se compondría con  $\frac{720}{30 + 11} = 18$  vagones tubulares, pero la carga útil sería entonces de 540 toneladas, y, por consiguiente, con cinco de estos trenes se transportarían las mismas 2.700 toneladas útiles, que son seis de aquéllos. Lo que equivale á decir, que empleando vagones tubulares se hace con cinco locomotoras el mismo servicio que con seis.

De la mayor capacidad de estos vagones, en relación con el precio de adquisición, se obtiene también una disminución de cuantía en el capital inmovilizado. En efecto: un vagón ordinario cuesta unos 2.500 francos, correspondiendo 250 francos por tonelada de capacidad. Los tubulares de 30 toneladas cuestan de 5.000 á 6.000 francos. Tomando el precio medio de 5.500 resulta la tonelada á 183 francos; de donde una ventaja por tonelada de 67 francos, ó sea 26,8 por 100. De la misma ma-



Tara: 8.400 kg.

Vía de un metro.

Carga: 30 toneladas.

Por tanto, la economía realizada supera al valor en venta del vagón de cuatro ruedas.

Consideremos ahora la reducción de gastos con relación al costo de adquisición del vagón tubular.

Carga uno de estos vagones 30.000 kilogramos. La diferencia de tara para estos 30.000 kilogramos en favor del vagón americano, es, como hemos dicho mas arriba, 7.000 kilogramos. Precio medio por tonelada-kilómetro como antes de 0,08 pesetas y gastos de explotación de 50 por 100 = 0,04 pesetas, que aplicados á los 7.000 kilogramos de menos en el vagón tubular, importan 0,28 pesetas por vagón-kilómetro, los cuales sobre el mismo recorrido medio diario de 35 kilómetros durante 360 días al año hacen un total de  $0,28 \times 35 \times 360$  pesetas = 3.528 pesetas. Y como el costo de adquisición de estos vagones es de 6.000 á 7.000 pesetas, por sólo esta economía resulta amortizado en dos años el valor del vagón.

No es menos importante la disminución que en el número de locomotoras necesarias para el servicio de mercancías puede obtenerse con relación á la potencia del tráfico. Véase cómo.

nera, si una Compañía dispone, por ejemplo, de 500.000 francos para adquisición de vagones, podrá comprar 200 de los ordinarios, con capacidad de 2.000 toneladas; pero, la misma cantidad, invertida en la compra de vagones tubulares, la pondrá en posesión de 91 vehiculos capaces para 2.730 toneladas, resultando un aumento en la capacidad de transporte de 36 por 100.

Nos parece innecesario encarecer la importancia de todas estas cifras, cuya elocuencia supera á cualquier comentario.

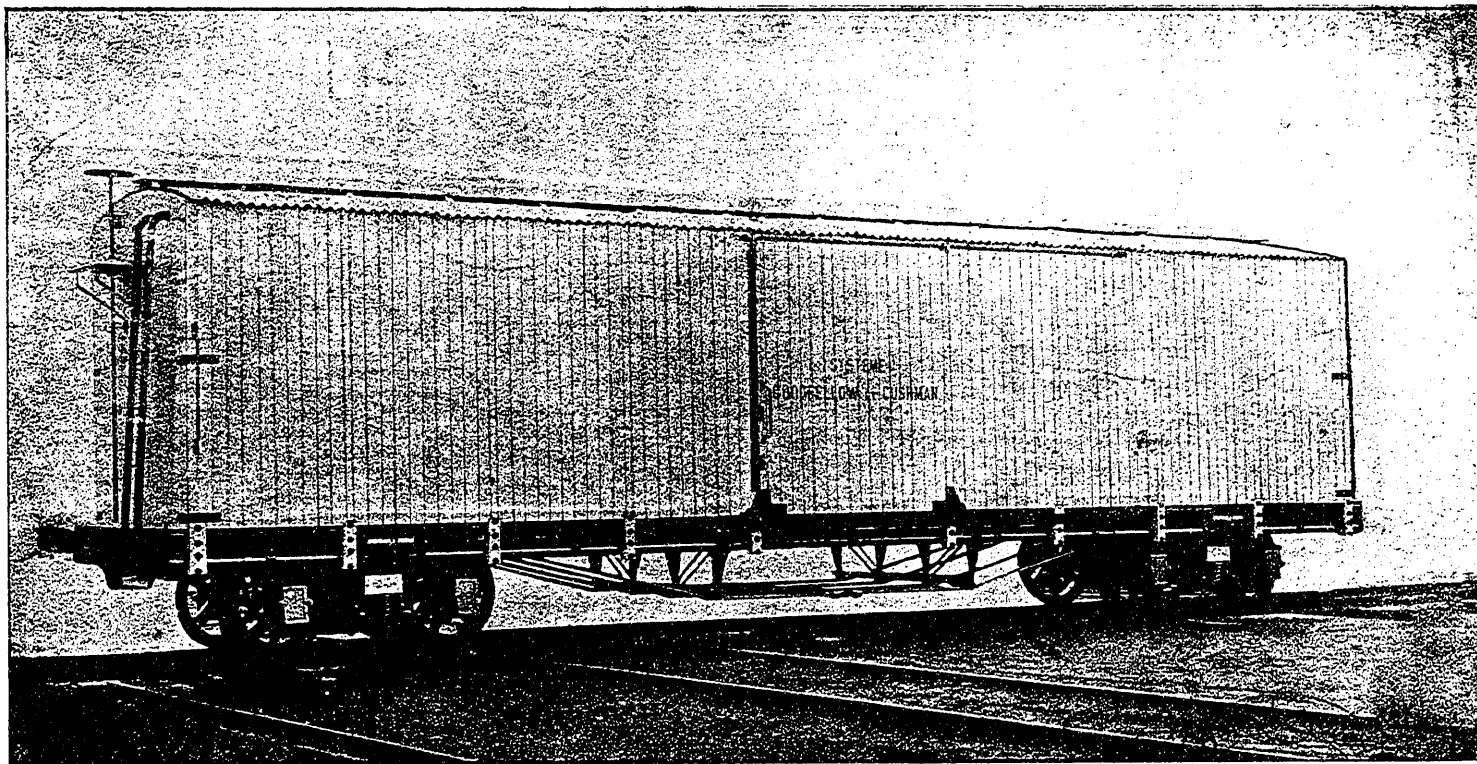
Asimismo, de la elasticidad, como de las demás cualidades del sistema, menor número de ejes, enganches, topes, etc., resulta tan grande economía en los gastos de conservación, que estos sólo importan la cuarta parte aproximadamente de los exigidos por el material ordinario.

El empleo de los vagones tubulares disminuye la longitud de los trenes. En efecto, un tren de 45 vagones ordinarios, ó sea 450 toneladas útiles transportadas, tendrá de longitud, exceptuando la locomotora, 315 metros; para transportar el mismo peso bastan 15 de aquéllos de 30 toneladas, cuya longitud total será de 165 metros (11 metros por vehiculo), y de aquí con la

reducción del número de todos los elementos que originan resistencia al esfuerzo tractor, como con el menor peso total del tren, un sensible decrecimiento del esfuerzo de tracción necesario.

Además, como el número de vagones se reduce a un tercio, las maniobras serán menos numerosas y más rápidas.

Una particularidad de grandísimo interés debe consignarse,



Tara: 8.150 kg.

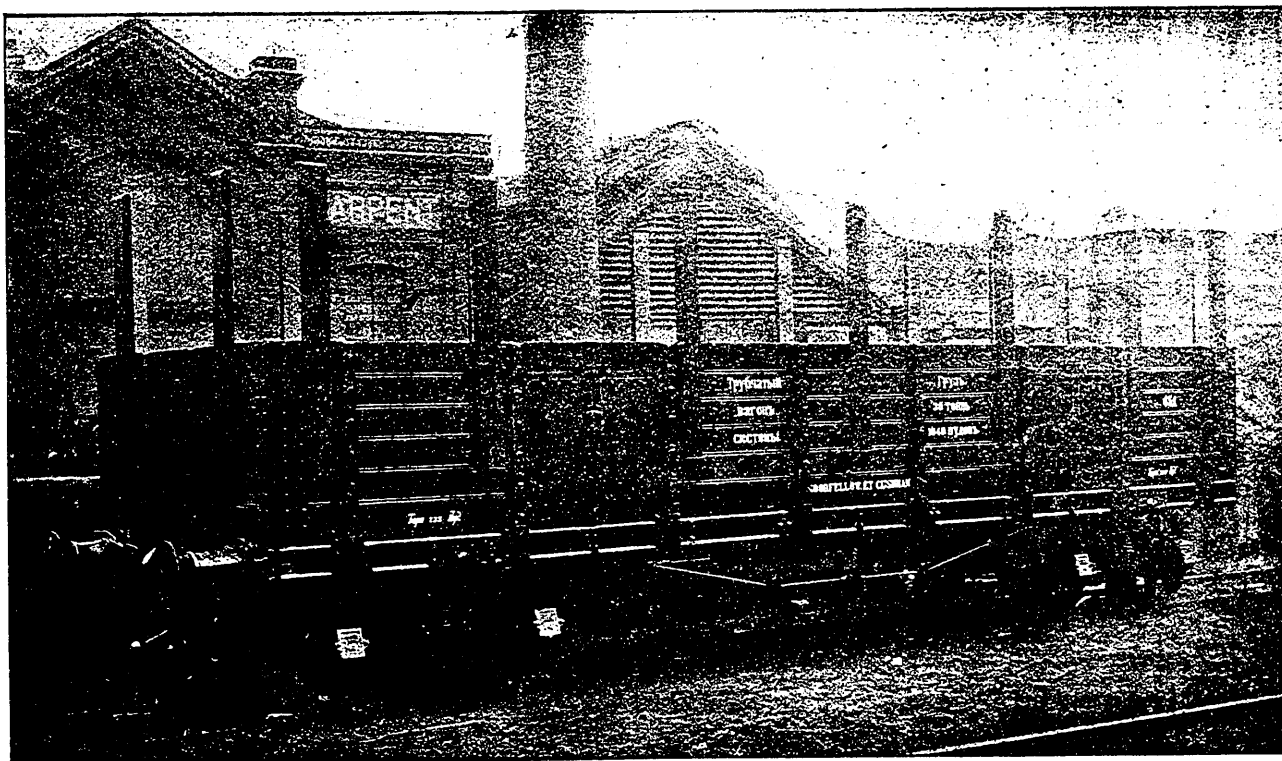
Via de un metro.

Carga: 20 toneladas.

Teniendo el vagón tubular 11 metros de largo y los tres vagones ordinarios equivalentes 21 metros, se ve que se podrá disminuir considerablemente la longitud de las vías-apartadero y de las cocheras; ó bien, si se trata de líneas ó redes en explota-

y es que mucha parte del material actualmente en uso puede utilizarse para hacer la transformación al sistema tubular, con grandes ventajas y economía para las empresas.

Por último, para los transportes internacionales bastará te-



Tara: 11.150 kg.

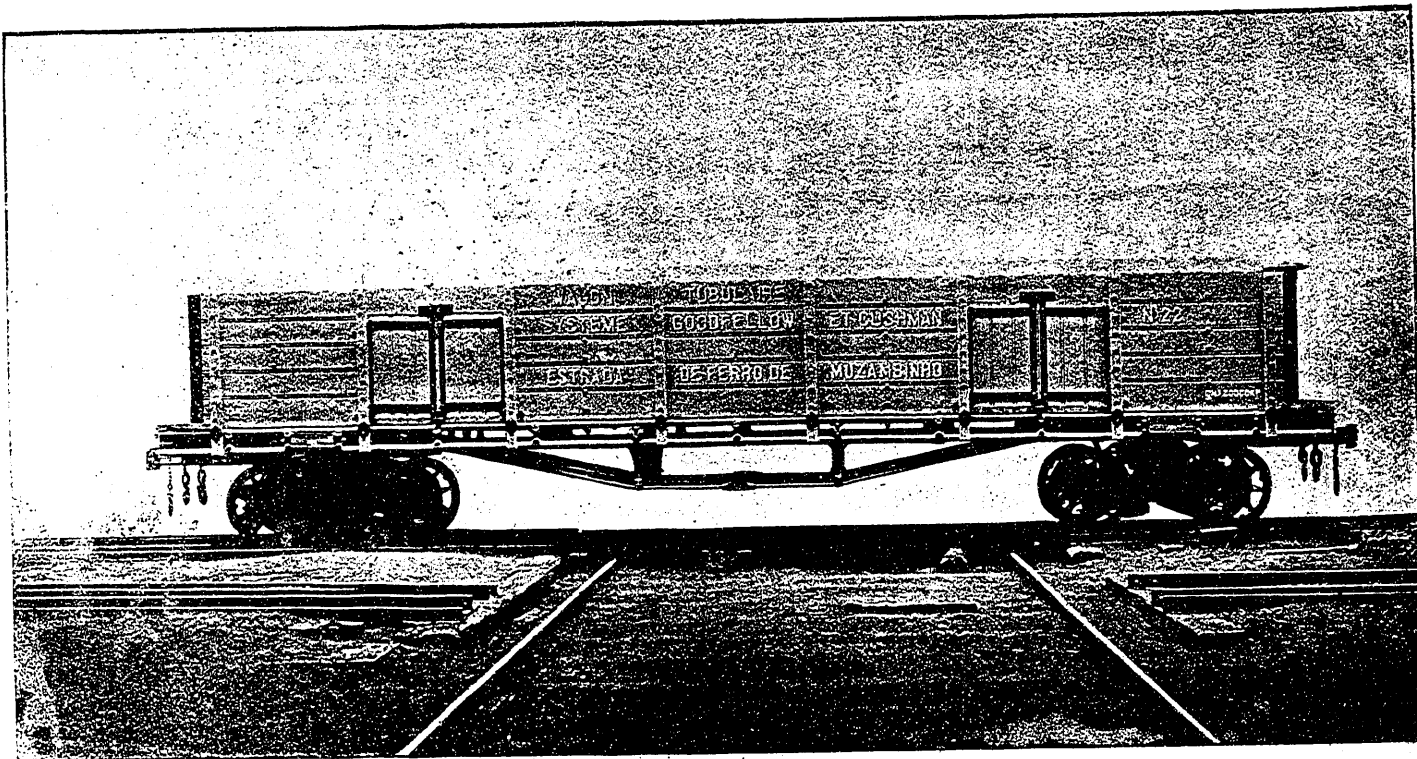
Carga: 30 toneladas.

ción, en las cuales por el desarrollo del tráfico se quiere aumentar la capacidad de transporte, con la adopción de los tubulares puede lograrse *duplicar* dicha capacidad sin nuevos gastos ni en apartaderos ni en cocheras.

ner en las fronteras bogías con la separación de ruedas conveniente y aparatos de izar, que permitan el traslado de bastidor y caja de una pieza, sin descomponer la carga, con cuya rápida maniobra se ahorrará el transbordo de las mercancías.

En resumen;  
Los vagones tubulares gozan de las ventajas económicas siguientes:

economía de engrases, menor número de topes, ganchos de tracción, etc., y, por lo mismo, necesidad de menos material de recambio.



Tara: 7.600 kg.

Via de un metro.

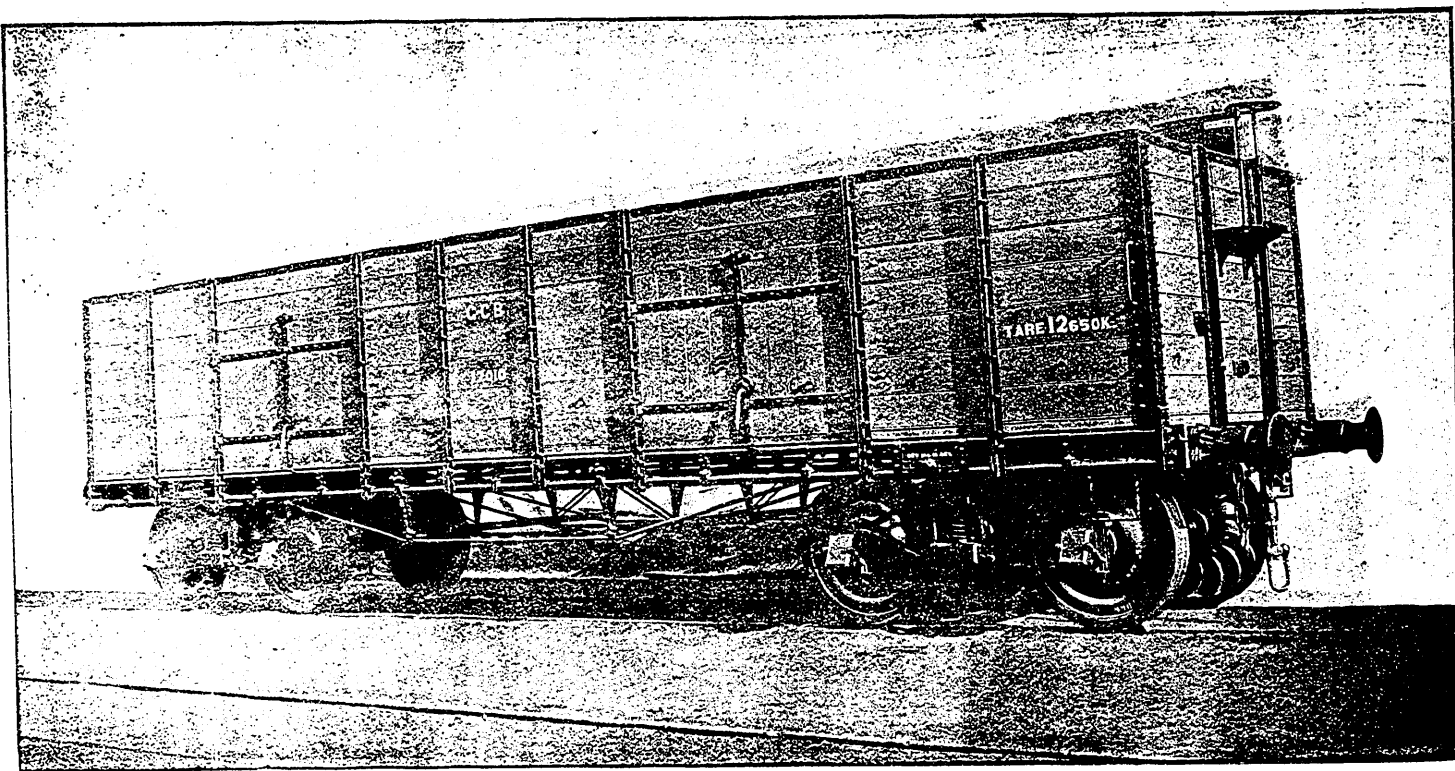
Carga: 20 toneladas.

1.º Reducción del capital inmovilizado y por ende del interés y de la amortización:

- a) Por la reducción del número de locomotoras.
- b) Por la disminución del costo de los vagones.

d) Por la reducción del peso muerto y de todas las resistencias pasivas, con decrecimiento proporcional en los gastos de tracción.

e) Por la facilidad de las maniobras.



c) Por la disminución de vías apartaderos, cocheras, etc.

2.º Reducción de los gastos de explotación.

- a) Por la conservación menos costosa de la vía.
- b) Por la conservación más económica del material móvil.
- c) Por la disminución del número de ejes, con la consiguiente

f) Por la facilidad de evitar transbordos en las fronteras cuando las anchuras de las vías son distintas.

JOSÉ CEBADA Y RUIZ