

LA ELECTRIFICACION MADRID-AVILA Y VILLALBA-SEGOVIA

LOCOMOTORAS DE PEQUEÑA VELOCIDAD

Por ANTONIO ANGULO, Ingeniero de Caminos.

Reseña el autor las características generales de estas locomotoras, modificadas con respecto al proyecto en detalles propuestos por los constructores, como consecuencia del progreso técnico ocurrido en el lapso de tiempo de nuestra guerra civil, y se hace una completa descripción de la parte mecánica de las mismas, quedando la terminación del trabajo para un próximo artículo.

Para remolcar los trenes de mercancías, así como los pesados de viajeros, por los duros perfiles de las líneas Madrid-Ávila y Villalba-Segovia, la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España proyectó la adquisición de 24 locomotoras eléctricas que reuniesen las siguientes condiciones:

- 1.^a Tener todo su peso adherente.
- 2.^a Estar constituidas por dos carretones de tres ejes cada uno, con objeto de insertarse fácilmente en curvas hasta de 100 m. de radio.
- 3.^a Tener una potencia unitaria de 2 300 CV., cuando la tensión sea de 1 350 voltios, y la locomotora marche a 35 Km./hora, con campo pleno.
- 4.^a El peso de cada eje no excederá de 17 Tn., y el total de la locomotora, inferior a uno repartido de 6 000 Kg./m. a contar entre topes. La separación mínima entre ejes cargados con 17 Tn., será de 1,900 m.
- 5.^a Tener dispositivo de frenado por recuperación de energía.

A las anteriores condiciones, que se consideran fundamentales, se añadían otras referentes a detalles, propias de la construcción cuidadosa de las locomotoras, pero independientes de las características de las líneas.

Celebrado el oportuno concurso, se contrató el 29 de marzo de 1935 la construcción de las referidas locomotoras con la entidad "Construcciones Devis, S. A.", en colaboración con la "Société Anonyme des Ateliers de Sécheron", de Ginebra (Suiza).

La guerra que sufrió España desde 1936 a 1939 paralizó la construcción de estas locomotoras, y al ser reanudada, fueron propuestas por los constructores, y aceptados por la Renfe (como continuadora de la Compañía del Norte), diversas modificaciones de detalle sobre el proyecto, que sirvió de base para la adjudicación del concurso.

La razón de estas modificaciones se fundamenta en la natural experiencia y progreso técnico ocurridos en la industria suiza durante nuestra contienda.

Las modificaciones introducidas son:

- 1.^a Aumento de los diámetros de los ejes.
- 2.^a Aumento del espesor de las chapas que forman los carretones.

3.^a Modificación del acoplamiento entre carretones.

4.^a Modificación de la disposición exterior de las cajas de grasa, así como de sus guías.

5.^a Modificación del aspecto exterior de la locomotora, modernizándolo.

Con las anteriores variaciones se ha construido la locomotora, que reúne las características siguientes:

Longitud total entre topes.....	17,025 m.
Distancia entre ruedas extremas ..	12,540 »
Idem id. de un carretón.....	4,520 »
Idem mínima entre ejes.....	1,980 »
Idem entre pivotes de ambos carretones	9,750 »
Diámetro de la rueda, nueva.....	1,300 »
Idem id., con el máximo desgaste.	1,240 »
Número de motores.....	6 »
Idem de ejes.....	6 »
Relación de engranajes.....	$\frac{18}{89} = \frac{1}{4,944}$
Peso total en servicio.....	99 000 Kg.
Carga de cada eje.....	16 500 »

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, CON 1 350 VOLTIOS DE TENSION EN LÍNEA.

Régimen continuo:

Intensidad en los motores...	725 amp.		
Potencia total, 400 · 6.....	2 400 CV.		
Variación del campo inductor	Pleno	83 %	70 %
Velocidades de la locomotora (Km./h.)	52	60	67
Velocidad de los motores de tracción (r. p. m.).....	1 050	1 205	1 350
Esfuerzo total en llantas (con campo pleno).....		12 450 Kg.	
Potencia específica (id. id.)...		24,2 CV./Tn.	
Peso específico (id. id.).....		41,2 Tn./CV.	

Régimen unihorario:

Intensidad en los motores...	915 amp.		
Potencia total 500 · 6.....	3 000 CV.		
Variación del campo inductor	Pleno	83 %	70 %
Velocidades de la locomotora (Km./h.)	48'	53	58
Velocidad de los motores de tracción (r. p. m.).....	970	1 070	1 170
Esfuerzo total en llantas (con campo pleno).....	17 000 Kg.		
Potencia específica (id. id.)...	30,3 CV./Tn.		
Peso específico (id. id.) ...	33,1 Kg./CV.		

La velocidad máxima que puede adquirir esta locomotora es de 100 Km./h., y el máximo esfuerzo de tracción que puede efectuar en el arranque es de 24 000 Kg.

En la figura 1.^a se puede observar la disposición general de la locomotora, y la fotografía de la figura 2.^a la presenta remolcando un tren de mercancías en las proximidades de Las Matas.

Resulta difícil verificar la descripción detallada de la locomotora, por la complejidad de sus instalaciones. Para hacerlo con más facilidad, dividiremos esta descripción en dos apartados.

I. Parte mecánica.

Comprende los mecanismos de rodadura, agrupados en dos carretones, una caja que se apoya sobre ambos, más los aparatos de tracción y choque, frenos y demás accesorios.

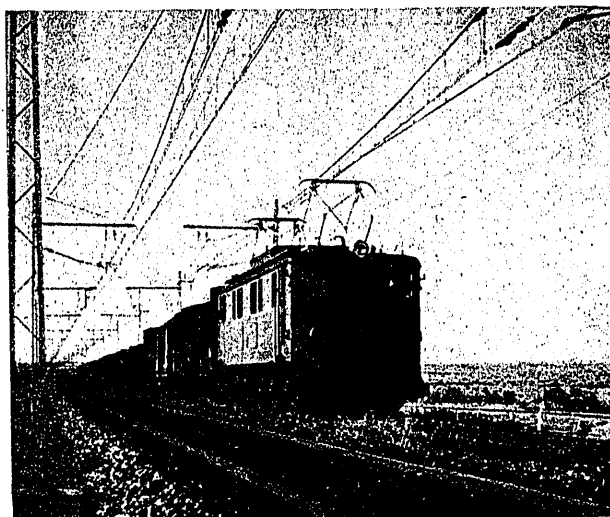


Figura 2.^a

Carretones. — Ambos carretones son iguales y están acoplados en su unión, de modo que los esfuerzos de tracción se transmitan sin afectar a la caja.

Cada carretón tiene tres ejes (fig. 3.^a), de los que el exterior se suspende mediante resortes de ballesta, directamente sobre el carretón; en cambio, los dos ejes interiores (núms. 2 y 3, en el carretón delantero, y 4 y 5, en el trasero) tienen balancines para equilibrar sus cargas.

La rueda se sujeta al eje mediante calado a presión en frío, en lugar de tener chaveta, como en principio se proyectó. La razón de esta modificación es que

LOCOMOTORAS SERIE 7400

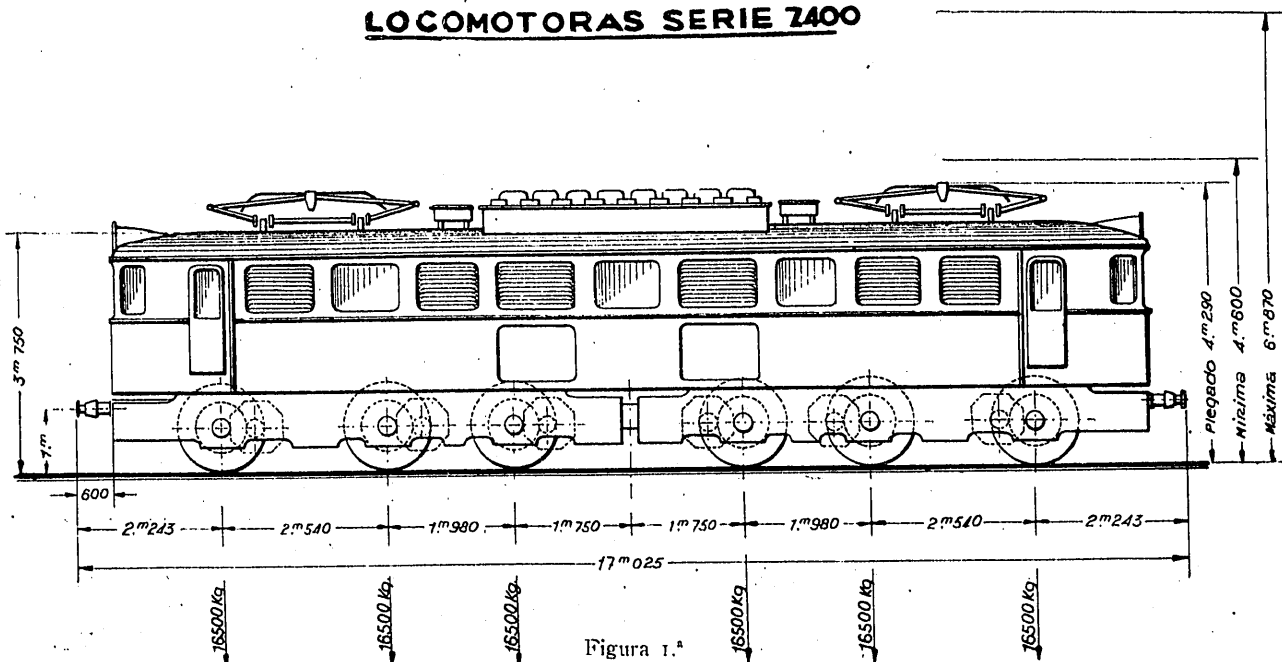


Figura 1.^a

varias locomotoras construídas por "Sécheron" para un ferrocarril africano, de proyecto análogo, sufrieron roturas de ejes por el chavetero. Utilizando esta experiencia, se han previsto las actuales sin chavetero, y también se ha reforzado ligeramente el eje, cuyo plano se detalla en la figura 4.^a

Destacamos en este dibujo un detalle interesante: el rebajamiento anular que tiene el cubo de la rueda, próximo al eje. El objeto de este rebajamiento es que el cubo de la rueda (calado a presión) ejerza sobre el eje una presión menor en el paramento de la rueda que en el centro de la misma. Con ello, el esfuerzo de compresión centrípeta que sufre el eje varía suavemente, desde su valor máximo en el centro de la rueda hasta un valor nulo en el paramento de la misma.

Por no tener esta disposición, se han observado en otros ejes de locomotora roturas localizadas en el plano del paramento de la rueda, que sin duda obedecen a la brusca discontinuidad del esfuerzo que sufre el eje, y que pasa de un valor finito bajo el cubo de la rueda, cuando no existe rebaje, a ser nulo, originando un importante esfuerzo en dicho plano y causando las roturas citadas.

Los carretones están formados por dos largueros de chapa, de 30 mm., unidos mediante vigas formadas por chapas soldadas, cuyas vigas se sujetan con roblones a los largueros.

En estas vigas se apoyan los motores y se sitúan los mecanismos unificados de choque y tracción, así como los apoyos de la caja.

Merece la pena destacar la disposición del mecanismo de unión de ambos carretones (figs. 3.^a y 5.^a).

Los carretones están unidos entre sí mediante tres enganches que permiten el desplazamiento vertical relativo entre ambos. Este desplazamiento no es libre; sino elástico, mediante la acción de un muelle en hélice, tal como se indica en la figura 3.^a y en la 5.^a.

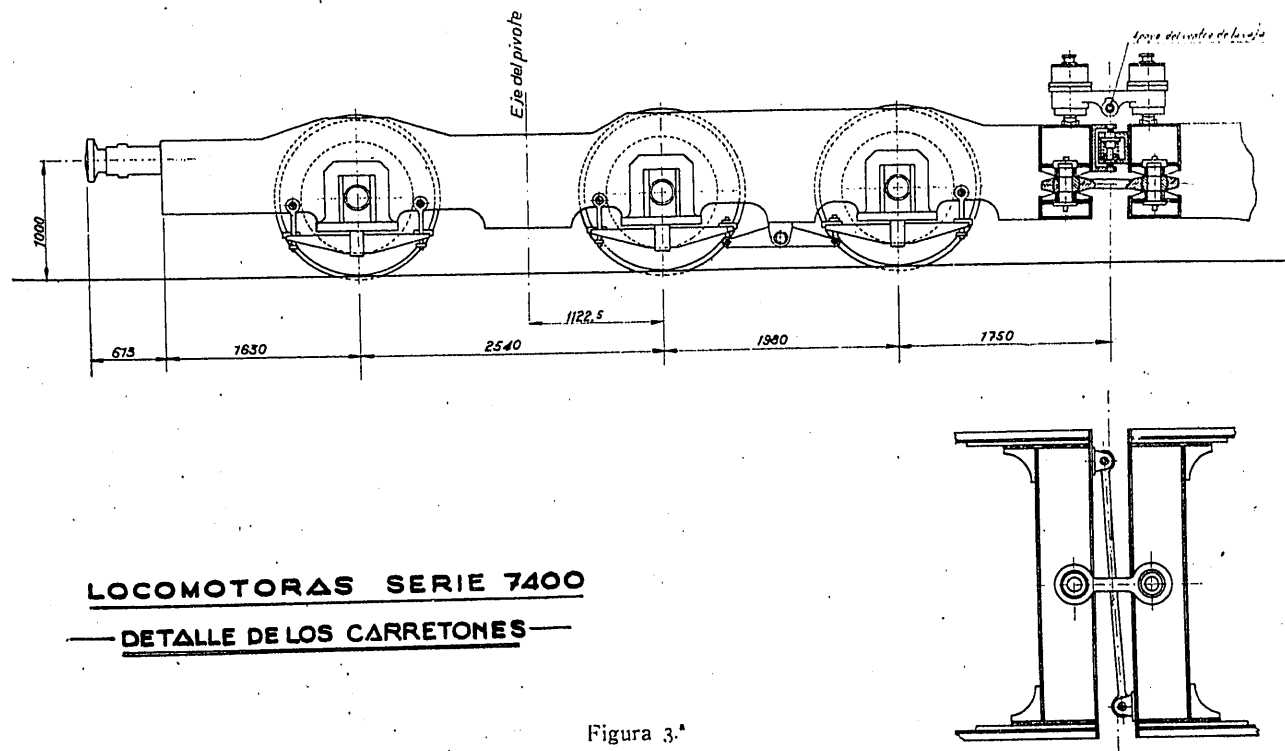
Con este sistema se atenúa la descarga de los ejes delanteros de los carretones, ocasionada por el esfuerzo de tracción. Esto es importante, pues se trata de una locomotora muy potente, en relación con su peso, debiendo mantenerse una importante carga por eje para que no se produzca el patinaje.

Los estudios hechos por "Sécheron", consideran cada carretón como una viga sobre dos apoyos elásticos (uno, el eje exterior, y otro, el eje del balancín de los dos ejes interiores de cada carretón). Los dos carretones se unen entre sí mediante el apoyo elástico (figura 5.^a).

Cuando la locomotora funciona, el tren efectúa sobre sus enganches una tracción, F , que tiende a recargar el apoyo trasero y descargar el delantero, inclinándose el conjunto del carretón hacia atrás. Dicho más gráficamente, cada carretón tiende a "encabritarse" (posición de trazos en la figura 5.^a).

Ello ocurriría si ambos carretones estuviesen enlazados mediante un cable o cadena; pero como existe un muelle bastante fuerte, dificulta este movimiento, reduciendo la inclinación de cada carretón y, por lo tanto, el desequilibrio de cargas en sus ejes.

Con la disposición de estas locomotoras, y según



los estudios de "Sécheron" antes mencionados, se utiliza como peso adherente útil, del eje más descargado, el 95,8 por 100 de su carga. En los sistemas clásicos, para máquinas análogas, el coeficiente anterior es menor del 80 por 100.

Otra ventaja del acoplamiento elástico consiste en la suavidad conseguida en la marcha de la locomotora, mejor lograda que con las disposiciones clásicas.

Por último, otro elemento de unión de ambos carretes, además del enganche longitudinal, es una biela transversal que une ambos carretes, impidiendo

los ejes centrales de cada carretón (núms. 2 y 5) tienen las pestañas disminuídas en 10 mm.

Los motores, del tipo de suspensión por la nariz, tienen la colocación que se indica en la figura 1.^a, apoyando elásticamente su nariz sobre las traviesas de cada carretón. Mediante un piñón de 18 dientes, atacan directamente a la corona, de 89 dientes, que está sujeta al eje. Este engranaje está protegido por una coraza de chapa.

También los carretes tienen los mecanismos de apoyo de la caja, que describimos al tratar de ella.

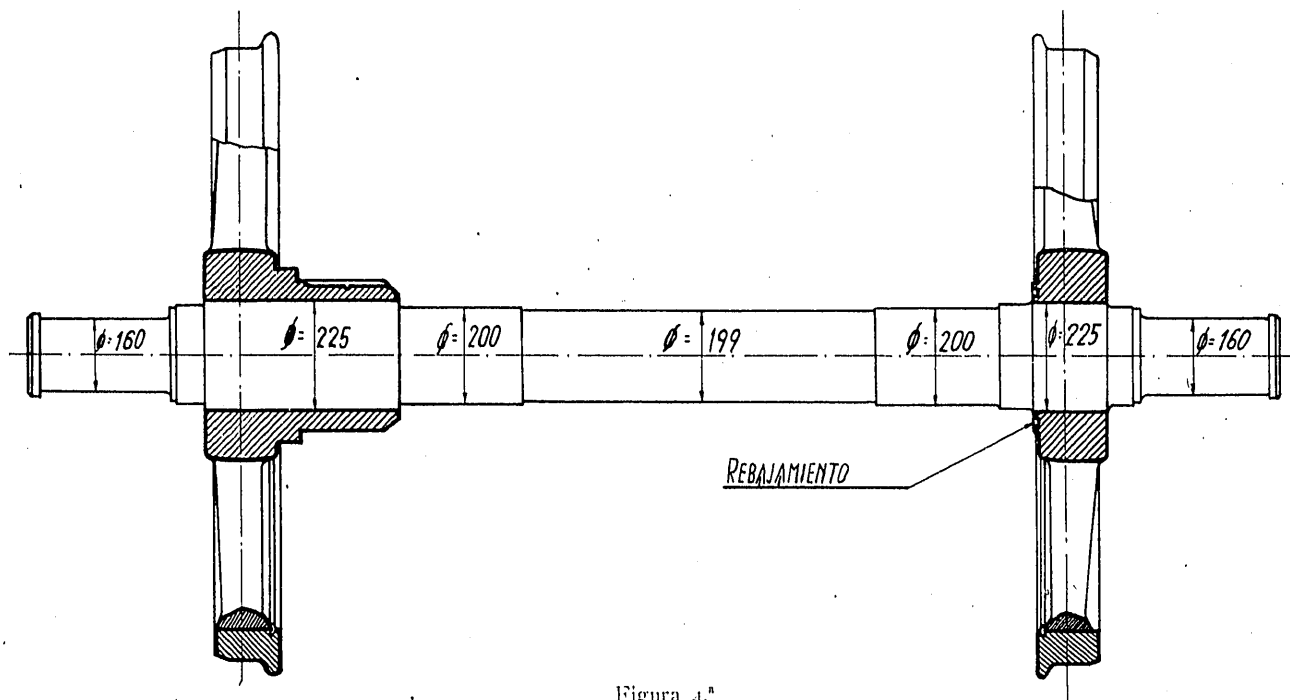


Figura 4.ª

do los desplazamientos laterales relativos. La colocación de esta biela transversal puede apreciarse, en planta, en la parte inferior de la figura 3.^a.

Las cajas de grasa van colocadas en el mismo plano de los largueros, y los ejes no tienen en ellas juego alguno.

Los resortes de ballesta que ligan los ejes a los carretes actúan tirando hacia abajo de las cajas de grasa. La disposición clásica, por el contrario, apoya los resortes sobre las cajas de grasa.

La disposición adoptada permite sujetar los resortes en los planos de los largueros del carretón, con lo cual las cargas que soportan estos largueros resultan centradas y las placas de guardia pueden situarse fácilmente en ellos. La disposición clásica exige ménsulas fijas a los largueros, las cuales oprimen los extremos de la ballesta.

Para facilitar su inserción en curvas de 100 m. de radio (mínimo radio tenido en cuenta), las ruedas de

Caja. — Está construída con chapa de 3 mm., reforzada con perfiles laminados, al objeto de obtener la resistencia necesaria para soportar su propio peso y el de los elementos que en ella se colocan, trabajando como viga apoyada sobre ambos carretes.

Se divide en tres partes principales: la central y las dos cabinas en los testeros. La parte central tiene dos pasillos laterales y un puente entre ambos, cuyo puente tiene su piso algo más alto que los pasillos laterales, con objeto de manipular más cómodamente en los elementos eléctricos contenidos en él.

Este puente está dividido en tres compartimientos, siendo los dos extremos del mismo tamaño. El central aloja el ventilador, compresores y bombas de vacío, es decir, las instalaciones auxiliares electromecánicas. Las laterales contienen aparatos de alta tensión, separados de los pasillos por rejillas plegables y por mamparas del compartimiento central y de las cabinas.

En la parte superior del compartimiento central

se colocan resistencias, refrigeradas merced a la acción del ventilador, del que nos ocuparemos más adelante.

Las paredes laterales de la caja tienen, en cada lado, tres ventanas fijas y seis celosías para entrada del aire de ventilación de los motores de tracción y de las resistencias. También tiene dos tableros móviles, que permiten sacar de la máquina algunos elementos, tales como la batería de acumuladores y los grupos, sin necesidad de desmontar el techo.

Las cabinas se comunican entre sí mediante los pasillos laterales de la parte central, que en sus extremos tienen puertas vidrieras. En las cabinas hay una mesa que abarca todo el frente, en cuya mesa están instalados los mandos y aparatos de indicación. Ambas cabinas disponen de asiento para el conductor, y

desgaste de alguna pieza o por circulación en curva, o por deficiencias de la vía, se desplaza longitudinalmente en su alojamiento este dado, sin realizar esfuerzos en dicha dirección y no transmitiéndolos, por tanto, a la caja.

La suspensión de la caja tiene otro detalle interesante, merced al cual puede modificarse el reparto del peso de la caja sobre los carretones.

En el centro de la caja (fig. 3.^a) existe un apoyo, fijo a ella, que es el centro de un balancín, de brazos iguales, apoyándose cada extremo de este balancín en un carretón. Este apoyo no es rígido, sino que se realiza mediante muelles en hélice, cuya tensión puede regularse a mano.

Merced a esta disposición, los dos carretones soportan cargas iguales y simétricas, por efecto del ba-

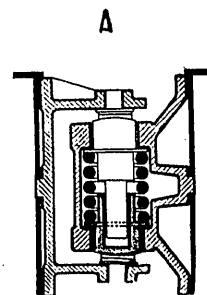
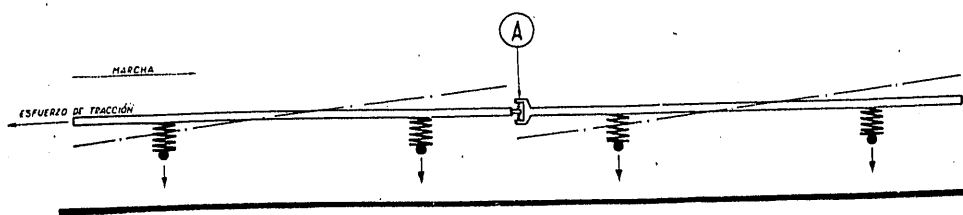


Figura 5.^a

una de ellas tiene un pequeño armario rópero. Los mandos son simétricos en cada cabina, por lo que son dobles los aparatos de mando e indicación.

El ingreso a las cabinas se hace indistintamente, por un lado u otro de la locomotora, pues cada cabina tiene una puerta a cada lado, con sus correspondientes escaleras.

La caja se apoya en cada carretón mediante dos apoyos elásticos, tal como se indica en la figura 6.^a, que representa una sección transversal de esta parte de la locomotora. Los apoyos elásticos se designan por (1) en dicha figura. Con objeto de ligar más la caja a los carretones, existe en cada carretón un dado de acero (2), en el que se introduce el pivote (3) fijo a la caja. Entre ambos elementos existe un enlace de rótula, materializada por una esfera de bronce que se mueve dentro del dado de acero (2).

Este sistema permite movimientos de traslación vertical de la caja respecto a los carretones, así como de giro respecto al centro de la esfera alojada dentro del dado (2).

Uno de estos dados, el correspondiente al carretón trasero, es más pequeño, en su dirección del eje de la locomotora, de modo que puede desplazarse ± 20 milímetros en su alojamiento. Merced a esta holgura, cuando la distancia entre carretones se modifica por

lancín, y la cuantía de estas cargas puede variarse tensando más o menos los muelles de apoyo.

Si se oprimen mucho estos muelles, gran parte del peso de la caja gravita sobre el balancín, o sea sobre la parte central de los carretones. Por el contrario, si se tensa poco, el peso de la caja será soportado fundamentalmente por los apoyos normales de la caja, detallados en la figura 6.^a.

Jugando con esta variación, puede conseguirse una carga centrada en cada carretón, con lo que los tres ejes soportan el mismo esfuerzo.

Al realizar el pesado de las locomotoras, se ha comprobado el buen funcionamiento de este dispositivo, que ha permitido que el máximo desequilibrio entre diversos ejes no haya pasado de 200 Kg. sobre un total de 16 500 Kg. en cada eje.

Frenos y elementos accesorios. — Este tipo de locomotora tiene freno de vacío y otro auxiliar accionado a mano.

El freno de vacío es del tipo Clayton, corriente en los trenes españoles. En la locomotora, el esfuerzo se localiza en cuatro cilindros de 24 pulgadas de diámetro, que se colocan en las traviesas exteriores de los carretones. Estos esfuerzos se transmiten a cada una de las dos zapatas que actúan sobre cada rueda,

consiguiendo efectuar un esfuerzo de frenado equivalente al 80 por 100 del peso adherente.

Sobre la misma transmisión puede actuarse con el freno de mano, si bien en este caso su presión sólo alcanza al 60 por 100 del peso adherente.

Como este tipo de locomotora efectúa, en cada eje, un esfuerzo de tracción elevado, en proporción con

El cristal izquierdo de cada frente de la locomotora tiene un limpiaparabrisas, que puede ser accionado mediante aire comprimido. La conducción está, por lo tanto, a la izquierda, con los mandos.

Tiene indicador de velocidad "Teloc", que registra la velocidad, el sentido de la marcha y el vacío de la tubería de freno.

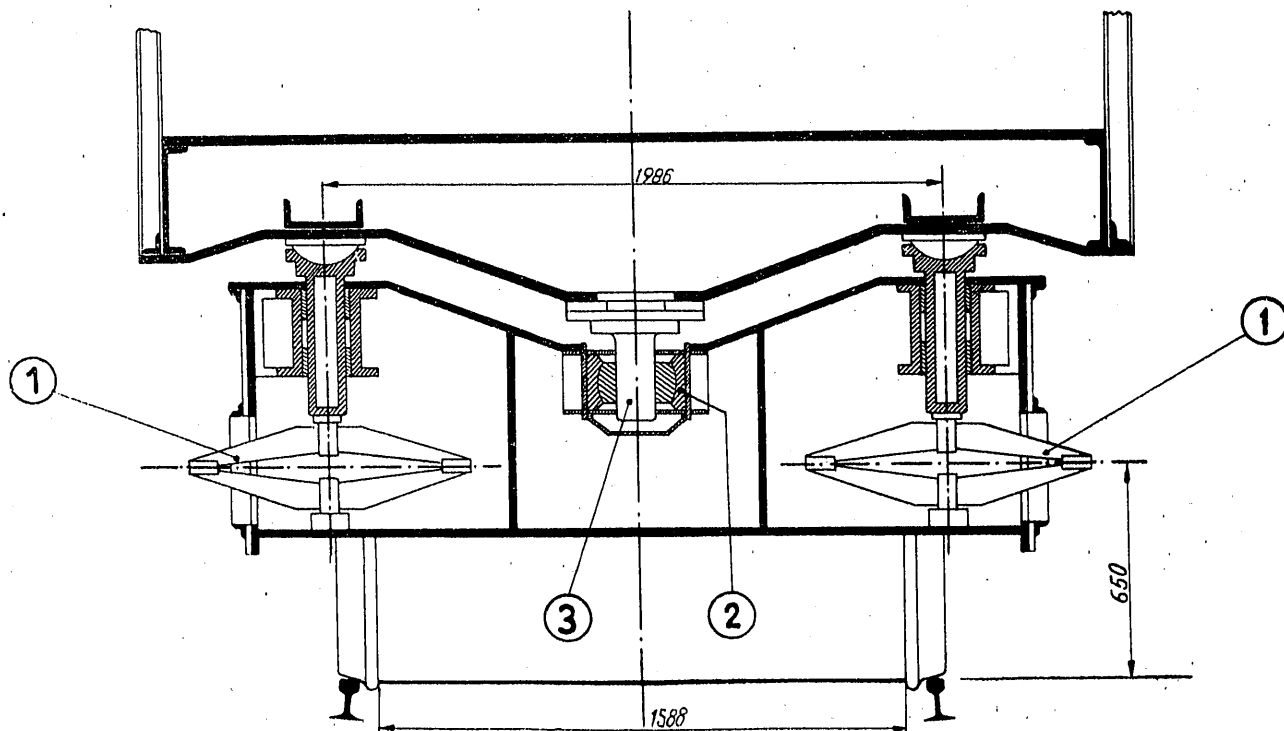


Figura 6.ª

su peso, se han dispuesto areneros individuales para cada rueda, en ambos sentidos de la marcha, para evitar o atenuar el patinaje. A cada lado de todas las ruedas existe un tubo por el que sale la arena, merced a la acción de aire comprimido.

No hacemos mención especial de los aparatos de tracción y choque, porque son del tipo unificado.

También tienen quitapiedras en las ruedas extremas, y pueden colocarse quitanieves en las traviesas extremas de los carretones.

Completan el equipo mecánico un manómetro, que indica la presión del aire comprimido empleado para los servicios auxiliares de la máquina, y dos vacuómetros, correspondientes del freno de vacío.

En el techo hay dos pasillos laterales que permiten visitar los pantógrafos y demás elementos colocados sobre él, pudiéndose subir mediante una escalera que, normalmente, está plegada a la caja. Para que se pueda utilizar, es preciso separarla de la caja, con lo que se abre automáticamente un grifo que vacía de aire comprimido los cilindros de los pantógrafos. Mediante esta seguridad, no puede subirse al pasillo del techo más que cuando los pantógrafos estén plegados.

La escalera, estando plegada, queda oculta dentro de un perfil en U, adosado a la parte exterior de la cabina trasera, junto a una de las puertas.