

LOCOMOTORA "memé"

Por

JOSÉ AUGÉ FARRERAS
Ing. Ind. y Lic. en Ciencias

y por

JOSÉ FENOLLOSA CORAL
P. Ind. Alumno 5.º curso E.E.I.I.B.

Artículo publicado en la Revista

S. T. A.

Número 35 - Octubre de 1957

LOCOMOTORA "memé"

Por José AUGÉ FARRERAS, Ing. Ind. y Lic. en Ciencias
y José FENOLLOSA CORAL, P. Ind. Alumno 5.º curso E.E.I.I.B.

Dans cet article l'auteur s'occupe de petites locomotives pour manoeuvres construites par LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA, S. A. en collaboration avec la EMPRESA NACIONAL DE AUTOCAMIONES, S. A., pour le service de manoeuvres dans des gares, moyennes ou petites, ou encore pour les séparations des usines. Dans le Chapitre I l'auteur émet quelques considérations ayant amené la construction de ces locomotives et indique les avantages de la Traction Diesel sur les services des manoeuvres. Il indique ensuite les caractéristiques générales de la nouvelle locomotive. Au cours du Chapitre II il décrit en tous détails les éléments et les parties les plus importantes de cette locomotive. Enfin, dans le Chapitre III, il indique ses caractéristiques dynamiques, ses efforts de traction et les poids remorables à différentes vitesses.

The article deals with some small manoeuvring locomotives built by the MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA, S. A., in conjunction with EMPRESA NACIONAL DE AUTOCAMIONES, S. A. These locomotives are devised to provide for manoeuvring facilities in medium or small railway stations as well as in the railway connections to factories. In Chapter I, some considerations are exposed about the motifs which determined the building of such locomotives together with the advantages that the Diesel Traction provides for in the manoeuvring work and gives finally their general characteristics. In Chapter II, a close description is given of the main parts and organs of the locomotives. Finally Chapter III contains their dynamical characteristics, pulling power and loads which can be towed at various speeds.

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

Introducción

Dada la fuerte demanda que venía observándose de locomotoras con motor Diesel de potencias reducidas para servicios de apartaderos de las grandes factorías y en vista asimismo de las posibilidades de actuación para servicios de maniobra y clasificación en medianas y pequeñas estaciones de las Compañías ferroviarias, La Maquinista Terrestre y Marítima, S. A., y la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A., emprendieron conjuntamente el estudio de una locomotora con un motor Diesel de 100 a 150 CV, cuyo primer prototipo fué terminado ya en septiembre de 1955, con motivo de celebrarse el primer centenario de la primera de dichas Sociedades y cuyo modelo definitivo ha efectuado posteriormente sus pruebas en servicio, incluidas las de tracción, velocidad y frenado, con el coche dinamómetro de la RENFE, cuyos resultados confirmaron los obtenidos por el cálculo.

Habiéndonos sido encargada la dirección del grupo de proyectistas de La Maquinista Terrestre y Marítima que han intervenido en el desarrollo del estudio y del proyecto del locotractor, hemos preparado estas líneas para explicar someramente algunas consideraciones técnicas tenidas en cuenta en el desarrollo del proyecto y efectuar a la vez la descripción especificativa de las distintas partes de esta locomotora de maniobras, cuyo lema podría ser: «La primera enteramente proyectada y construída en España con materiales españoles».

Ventajas de la tracción Diesel

Aun cuando actualmente ya no son discutidas las ventajas de la locomotora Diesel para los servicios de maniobras, que se caracterizan por su discontinuidad con trayectos cortos y grandes esfuerzos de tracción y requieren una buena aceleración y frenado, recordaremos algunas consideraciones sobre las ventajas de la tracción Diesel respecto a la de vapor.

a) *Economía considerable de combustible*, resultante: del mejor rendimiento del motor Diesel respecto a la máquina de vapor; de la puesta en marcha de la locomotora en breve tiempo, en contraste con los largos períodos de encendido, y la posibilidad de parar el motor durante los estacionamientos de la misma; de suprimirse el arrastre del carbón y del agua con los pesos de estructura que implica; y finalmente, evitarse el pesado manejo, transporte y conservación del carbón en los parques y depósitos, con las inevitables pérdidas que en todas partes se producen.

b) *Economía de personal*. — No existiendo la alimentación a mano del combustible y siendo el mando del tractor sencillísimo, puede hacerse la conducción del mismo con un solo agente.

c) *Economía de avituallamiento y entretenimiento*. — Gran autonomía del material, que puede asegurar varias jornadas consecutivas de servicio, sin revituallamiento de agua y combustible y sin operaciones de entretenimiento. Los gastos de limpieza, conservación y reparación quedan sensiblemente reducidos.

Añádase a todo esto que, además, es corriente en las Compañías de ferrocarriles utilizar para el servicio de maniobras las locomotoras de vapor anticuadas, de escasa potencia, que no reúnen condiciones para otros

servicios, pero creadas en su época para remolcar trenes sobre las líneas generales, con lo cual el rendimiento teórico a pequeñas velocidades es ya muy reducido, mientras que con los locotractores, especialmente estudiados para esta clase de servicios, puede obtenerse la velocidad de marcha deseada, utilizando completamente la potencia del motor en todos los casos.

Numerosos artículos se han publicado en las revistas técnicas de ferrocarriles de todo el mundo durante estos últimos años, demostrando las grandes ventajas económicas que reporta la utilización de locomotoras Diesel y de una manera particular en los servicios de maniobras. En este sentido citaremos el completo estudio comparativo del empleo de la tracción Diesel frente a la de vapor publicado por la Arbeitsgemeinschaft Dieselschienenverkehr Göttingen, en mayo de 1954, «Vehículos de motor Diesel en el Tráfico Ferroviario». También citaremos el interesante estudio económico referente a la explotación de las dos primeras locomotoras Diesel de maniobras construidas por La Maquinista Terrestre y Marítima en 1934, que fué publicado en junio de 1936 por el ingeniero industrial don Emilio Santiago Puertas y que se encuentra recopilado en la publicación número 4 de la Unificación del Material de los Ferrocarriles Españoles.

Demostrada y comprobada la idoneidad de la tracción Diesel para el servicio de maniobras, La Maquinista Terrestre y Marítima, después de la construcción de las locomotoras 10301-10 de la RENFE, accionadas por motor «Maquinista-Sulzer» de 350 CV para maniobras pesadas, emprendió el estudio de un tipo menos potente, imponiéndose como condiciones esenciales el que la locomotora pudiera ser de entera fabricación nacional y el que fuera de constitución y manejo lo más simplificados posible para evitar complicaciones en su

entretenimiento y reparaciones, a la vez que se pudiera conseguir un precio total en competencia con las locomotoras extranjeras.

Inmediatamente se iniciaron los contactos con la Empresa Nacional de Autocamiones, S. A., a la cual se le encargó el estudio y construcción del motor y línea de mecanismos.

Características generales de la locomotora

En la figura núm. 1 se reproduce una fotografía lateral de la locomotora, y en la figura núm. 2 un esquema de la misma, en la que se hallan indicadas las dimensiones principales de conjunto y finalmente en el cuadro número 1 se han especificado las principales características.

Por su reducido peso, pequeña longitud total y corta distancia entre ejes puede maniobrar en vías en las peores circunstancias de establecimiento y conservación, pudiendo inscribirse en curvas de 50 m de radio; por su capacidad de combustible y por sus relativamente altas potencias y velocidades, puede operar entre estaciones próximas en servicios de transporte, obras y socorro. En especial está indicada para los servicios de maniobra; la disposición de un embrague hidráulico en la línea de potencia de la locomotora, a la vez que asegura fuertes esfuerzos de tracción en los arranques, por actuar como convertidor de par, impide las aceleraciones bruscas del motor Diesel si la resistencia a la tracción desaparece o disminuye bruscamente y viceversa, impide el calado del motor si aumenta bruscamente el esfuerzo de tracción requerido en un momento dado, condiciones todas ellas altamente favorables para los servicios de maniobras.

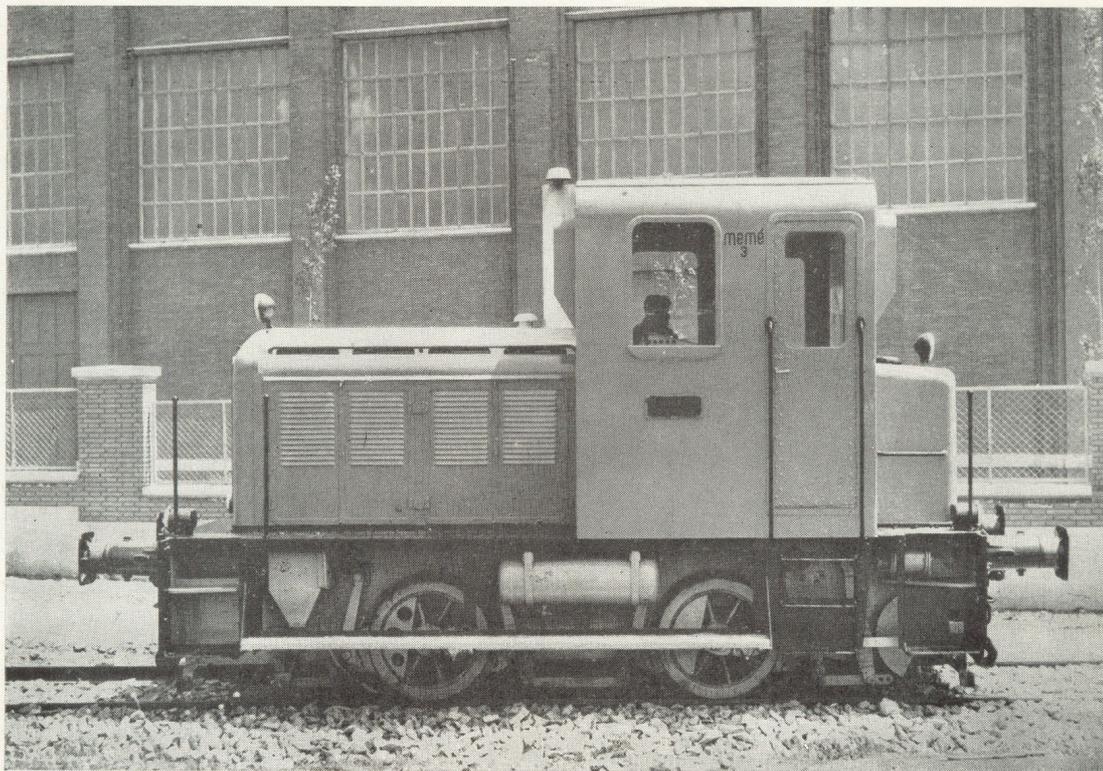


Figura n.º 1: Locomotor Diesel con motor «Pegaso» de 130 C. V. a 1.600 r. p. m. y transmisión hidromecánica, construido por la Maquinista Terrestre y Marítima, S. A.

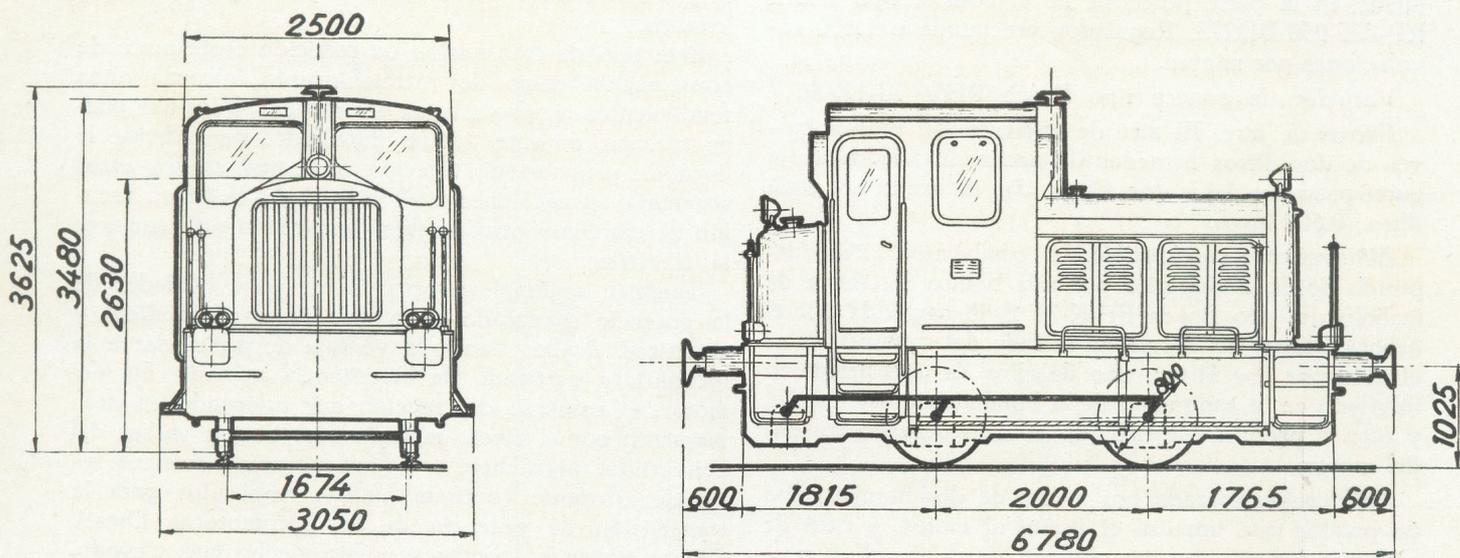


Figura n.º 2: Esquema del locotractor con indicación de las principales dimensiones exteriores.

Ancho de vía	1.674 mm
Longitud total, topes incluidos.....	6.780 mm
Altura máxima con bandajes nuevos.	3.625 mm
Ancho máximo	3.050 mm
Distancia entre ejes	2.000 mm
Diámetro de las ruedas con bandajes nuevos	860 mm
Desgaste máximo de los bandajes...	40 mm
Radio mínimo de las curvas	50 mm
Peso en orden de marcha	25 t
Peso por eje	12,5 t
Esfuerzo de tracción máximo	6.250 kg
Motor Diesel Pegaso III D (4 válvulas)	130 CV
Velocidad máxima	50 km/h
Consumo combustible por CV/h ...	180 g
Consumo lubricante por CV/h	3 ó 4 g
Capacidad de combustible	200 l
Cuatro velocidades cortas	3 a 20 km/h
Cuatro velocidades largas	7 a 48 km/h
Embrague hidromecánico.	
Freno de mano y aire comprimido.	
Arranque eléctrico.	

Cuadro n.º 1: Características generales de las locomotoras Diesel de maniobras, 0-2-0, de 130 C. V. tipo «memé».

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA LOCOMOTORA

Motor Diesel

La locomotora es accionada por un motor Diesel «Pegaso», de último tipo suficientemente experimentado y acreditado por el gran número de camiones que circulan por España, el cual tiene 4 válvulas por cilindro,

con lo que se ha conseguido aumentar la potencia. En la figura núm. 3 se muestra el motor con el embrague hidráulico, radiador y demás accesorios y aparatos auxiliares montados en la relativamente espaciosa sala de máquinas.

En el cuadro núm. 2 se han recopilado las características más importantes del motor Diesel.

Número de cilindros	6 en línea
Diámetro	115 mm
Carrera	150 mm
Cilindrada total	9.347 cm ³
Relación volumétrica	17 : 1
Régimen máximo limitado a	1.600 rpm
Potencia a régimen máximo	130 CV
Potencia fiscal	39 CV
Par máximo	59,3 m/kg
Régimen a par máximo	1.200-1.600 rpm
Peso del motor completo	980 kg

Cuadro n.º 2: Características principales del motor Diesel dispuesto en la locomotora.

Bloque de cilindros en aleación ligera, tratado térmicamente y anodizado.

Camisas de cilindros (tipo húmedo) en acero nitrurado, fácilmente desmontables.

Culata, en aleación especial, una por cada grupo de tres cilindros.

Cigüeñal de acero cromo-molibdeno nitrurado y contrapesado; se apoya en siete cojinetes de cobre al plomo.

Distribución por válvulas en cabeza, mandadas por varillas y balancines. Los tuchos son hidráulicos, de recuperación automática de juego. La *inyección* del combustible se efectúa directamente en la cámara de combustión, con pulverizadores del tipo Bosch DLL-180-S24.

Regulador de velocidad. por masas centrifugas, instalado en la parte posterior de la bomba, tipo Bosch RP-225-950-BD273. Regulador precintado a 1.600 revoluciones por minuto.

Variador de avance tipo Bosch PHV 13-1Z-8°.

Filtros de aire. El aire de alimentación pasa a través de dos filtros húmedos de aceite, instalados en la parte posterior del motor. Capacidad de aceite por cada filtro: 0,800 litros.

Alimentación combustible. El combustible viene aspirado desde el depósito por una bomba mecánica de émbolo del tipo Bosch FP-K-22 B-48 mandada por el árbol de levas del motor. El filtrado del combustible se efectúa por dos filtros, uno de ellos de tipo mecánico instalado en la aspiración de la bomba de alimentación, y otro a presión colocado en el lado derecho trasero del motor.

Lubricación forzada por medio de dos bombas, una de presión que impulsa el aceite al motor, y otra de recuperación que trasiega el aceite desde la cubeta posterior al cárter depósito, durante la marcha de la locomotora en fuertes pendientes.

La circulación forzada del aceite a presión tiene dos circuitos, uno de baja presión para la alimentación de los recuperadores automáticos (tuchos) y lubricación de los vástagos y balancines. El circuito de alta presión está destinado a lubricar el cigüeñal, las bielas, el eje de levas y el compresor.

Un filtro mecánico auto-limpiante impide el paso de toda impureza del aceite antes de la entrada a los circuitos de lubricación.

Presión del aceite (alta presión indicada en el manómetro): 4 a 5 kg/cm².

Cabida de aceite en el cárter (nivel): 22 litros.

Calidad de aceite Amalie SAE 30 = Shell; tipo Rottella Oil 40 ó Talpa Oil 40, Mobiloil BB u otro aceite de absoluta primera calidad y características similares a los citados.

Refrigeración por circulación forzada de agua y ventilador.

Una válvula termostática instalada a la salida de agua desde las culatas impide el paso de agua al radiador, hasta que alcance la temperatura conveniente.

El radiador lleva persiana con regulación automática accionada por un termostato.

Cabida de agua en el radiador 26 litros

Cabida de agua en el motor 20 litros

Total 46 litros

Suspensión del motor y radiador por cuatro puntos; dos anteriores con articulación de rótula y dos posteriores elásticos sobre almohadillas de goma. El radiador va montado elásticamente en los soportes delanteros del motor mediante bloques de goma.

Sistema de transmisión de potencia y movimiento

En las locomotoras con motor Diesel la transmisión del esfuerzo motor puede ser de tres tipos: mecánica, eléctrica e hidráulica. Para locomotoras de potencias menores de 200 CV puede decirse que hasta hace po-

cos años se utilizaba exclusivamente transmisión mecánica con cambio de velocidades por engranajes escalonados.

Este tipo de transmisión de reducido coste tanto de construcción como de entretenimiento, alcanza altos rendimientos incluso a bajas velocidades, a las que puede trabajar durante tiempo indefinido, pero divide la línea de esfuerzo de tracción (continua en los otros sistemas) en escalones sueltos y al pasar de un escalón de marcha a otro, se interrumpe momentáneamente la tracción.

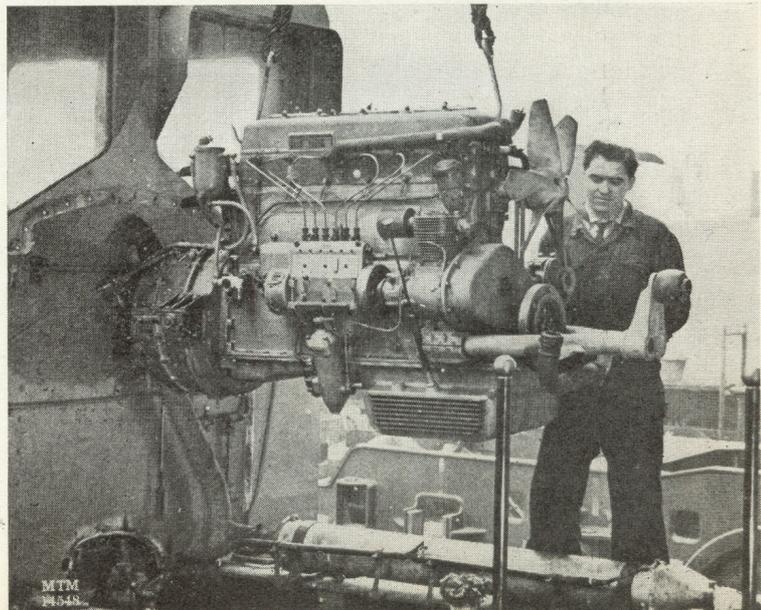
También se emplean actualmente para unidades de la potencia expresada las transmisiones hidráulicas y eléctricas. Ambas tienen la ventaja de poder dar a la locomotora partiendo de la potencia máxima, fija del motor, el esfuerzo de tracción más adecuado en cada momento por el efecto multiplicador de par ya sea del convertidor hidráulico, o de los motores eléctricos serie de corriente continua, únicos empleados para la transmisión de potencia de las locomotoras Diesel. Ambas tienen en contra su coste mucho más elevado, sobre todo las transmisiones eléctricas, si quieren dimensionarse para poder trabajar durante largo tiempo a velocidades cortas, y la transmisión hidráulica pura no puede en contra desarrollar velocidades superiores a unos 20 Km/hora si no se introduce algún cambio de marchas por juegos de engranajes que por lo general sólo pueden accionarse con la locomotora parada, lo que ha dado lugar a importantes averías en unidades que lo llevaban instalado.

Por todo ello se eligió para esta locomotora una transmisión hidromecánica anteponiendo a un cambio de cuatro marchas mecánico un acoplamiento hidráulico que da a la transmisión más flexibilidad y mayor seguridad del motor, ya que, como hemos indicado anteriormente, impide las aceleraciones bruscas del motor Diesel, si disminuye rápidamente la resistencia a la tracción, y viceversa, impide que el motor se cale si aumenta bruscamente el esfuerzo de tracción requerido por el servicio, condiciones altamente favorables para los servicios de maniobras.

En su conjunto (véase figura 4) el sistema de transmisión de la potencia del motor a las ruedas de la locomotora se compone de los siguientes elementos:

- 1.º Un embrague hidráulico, convertidor de par, acoplado directamente al motor Diesel.

Figura n.º 3: Vista del grupo motor completo a punto de montarlo a la locomotora. Obsérvese la facilidad de dicha operación, teniendo en cuenta el reducido peso del grupo.



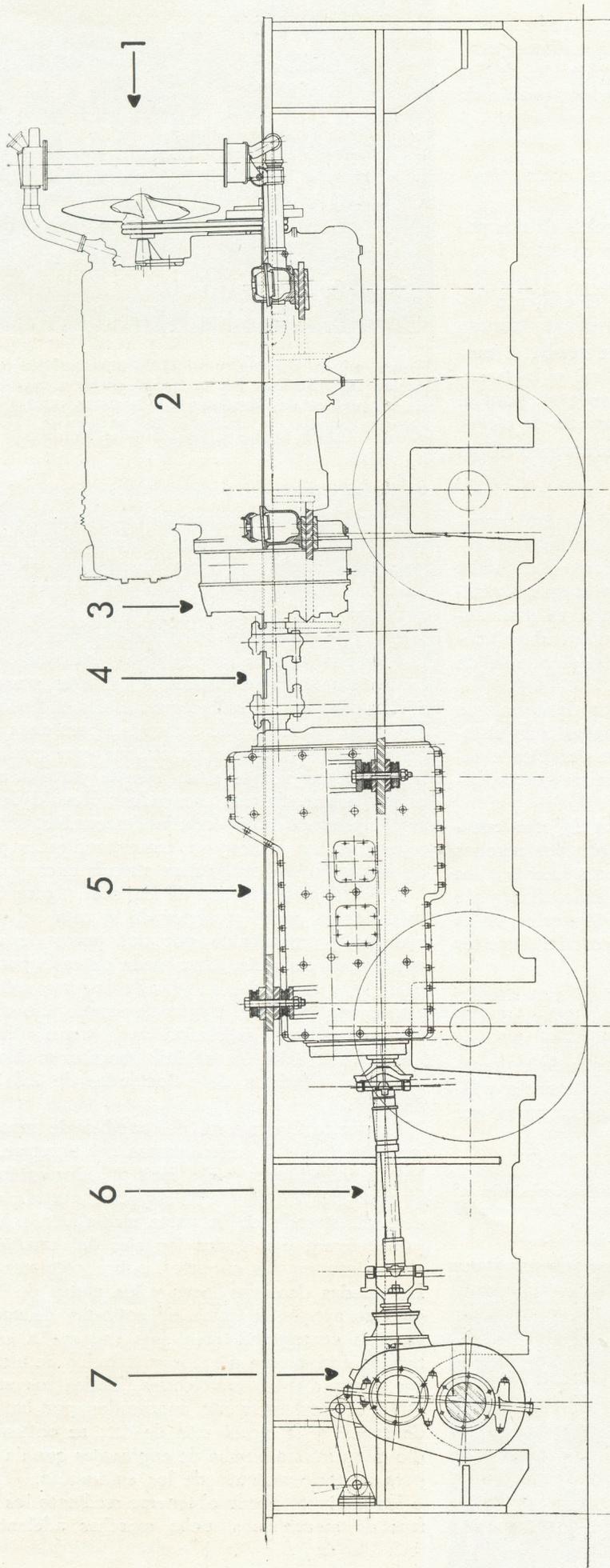


Figura n.º 4: Conjunto del motor y mecanismos de la transmisión de movimiento y potencia hasta las ruedas de la locomotora. Pueden observarse en el dibujo los distintos que integra la transmisión que se citan en el texto.

- 1 - Radiador.
- 2 - Motor.
- 3 - Embrague hidráulico convertidor de par.
- 4 - Acoplamiento elástico.
- 5 - Cambio de marchas.
- 6 - Transmisión oscilante.
- 7 - Puente trasero reductor

- 2.º Un acoplamiento elástico entre el embrague y la caja del cambio de marchas, la cual comprende de todos los mecanismos para fijación de las marchas, o sea, inversor de marchas, cambio de velocidades y multiplicador.
- 3.º Un inversor de marchas.
- 4.º Un cambio de velocidades para cuatro marchas.
- 5.º Un sistema multiplicador de marchas de dos posiciones, lo que permite obtener en total 4 velocidades cortas y 4 largas.
- 6.º Una transmisión oscilante, entre el conjunto, inversor-cambio-multiplicador y el puente trasero.
- 7.º Un puente trasero reductor que recibe el movimiento, en el sentido longitudinal y lo transforma en transversal en el «falso eje», para el accionamiento de las ruedas por medio de bielas.
- 8.º Un juego de bielas para el accionamiento de las ruedas.

1.º) *El embrague hidráulico* (figura 5), está constituido por un juego bomba-turbina de álabes fijos, separados por una corona doble de dirección. La bomba solidaria del motor Diesel, pone en movimiento el aceite especial de relleno, el cual guiado convenientemente por los álabes de las coronas, acciona la turbina acoplada a través del acoplamiento elástico al cambio de velocidades.

Para evacuar el calor producido por deslizamiento del aceite en el embrague, se halla dispuesto un sistema de refrigeración constituido por un depósito exterior, una bomba de impulsión y la tubería correspondiente.

2.º) *El acoplamiento elástico* (figura 5) está constituido por una parte central metálica con dos coronas exteriores de caucho atornilladas respectivamente a los platos de acoplamiento del embrague hidráulico y de la caja del cambio de marchas. Su misión principal es la corrección de las deficiencias de alineación entre los ejes del motor y la transmisión.

3.º) *El inversor de marchas* (figura 6) está situado en la parte anterior superior de la caja del cambio de marchas y recibe directamente el movimiento del grupo motor. Está constituido por dos juegos de engranajes, uno de dos ruedas dentadas para la marcha adelante y otro de tres ruedas, para la marcha atrás, que

Figura n.º 5: Vista del embrague hidráulico solidario al motor Diesel, con el acoplamiento elástico y la entrada al cambio de marchas.

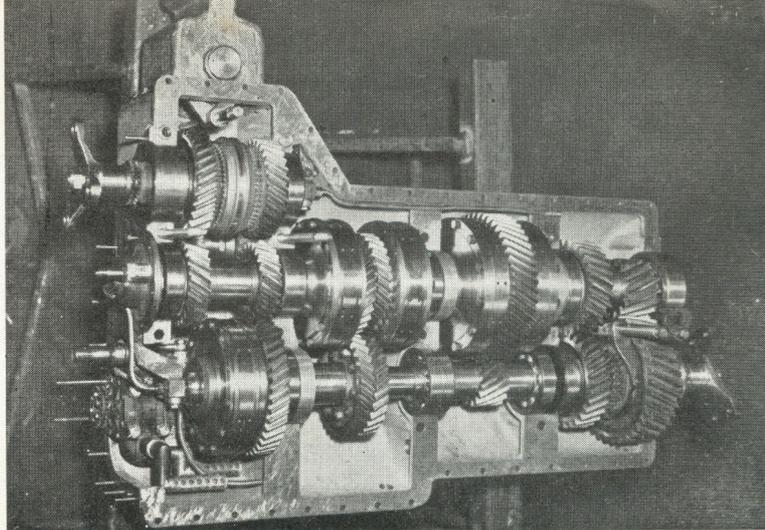
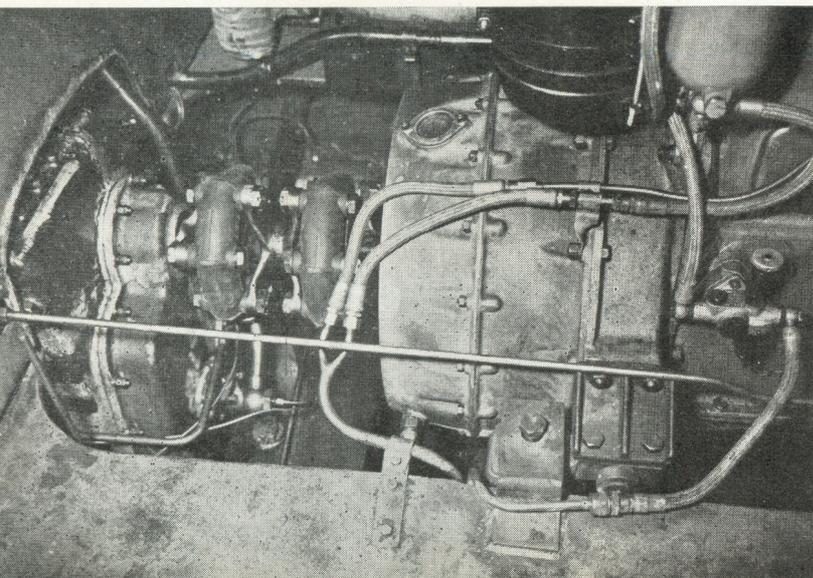


Figura n.º 6: Sección vertical longitudinal de la caja del cambio de marchas. En la parte anterior superior se ven los engranajes del inversor; en la parte central los engranajes y paquetes de embrague del cambio de velocidades; y en la parte posterior el multiplicador.

están continuamente engranados y se solidarizan con el eje de la transmisión de potencias por medio de una magrana de acoplamiento y un sincronizador de conos para facilitar la igualación de las velocidades cuando el motor está en marcha.

4.º) *El cambio de velocidades* (figura 6) está constituido por cuatro juegos de engranajes siempre en contacto que se solidarizan a sus ejes por medio de cuatro embragues de discos metálicos en baño de aceite a presión, actuando dos embragues para cada velocidad. La presión del aceite se obtiene por medio de una bomba de engranajes situada en la parte inferior de la caja y accionada por una cadena Renold doble desde el eje primario a la entrada del cambio. El aceite se reparte a los embragues correspondientes por medio de una válvula distribuidora situada encima de la caja.

5.º) *El multiplicador de marchas* (figura 6) está situado en la parte posterior de la caja del cambio de marchas y constituido por dos pares de engranajes siempre en contacto. Una rueda de cada par gira loca sobre el eje, con el que puede hacerse solidaria mediante una magrana. Según se acople uno u otro juego de engranajes se obtiene una transmisión de movimiento con relación unidad (marcha multiplicada) o con una reducción de velocidades de 2,312 (marcha normal).

Respecto al conjunto del cambio de marchas diremos que todos los mecanismos del inversor, del cambio de velocidades y del multiplicador están ubicados en una caja de fundición especial, partida en sentido vertical, situada en la parte media de la locomotora (véase figura 6). Todos los ejes del cambio de marchas giran en sus soportes, sobre cojinetes de bolas. Las ruedas dentadas locas y los platos de los embragues se apoyan a través de cojinetes de agujas sobre los ejes correspondientes. Los engranajes están constituidos con aceros aleados y tratados de alta resistencia y sus dientes rectificadas. Todos los mecanismos están convenientemente engrasados por baño o riego de aceite, y la circulación de éste se obtiene por medio de la misma bomba de engranajes que da la presión para el accionamiento de los embragues.

En conjunto puede obtenerse mediante los tres sistemas de mecanismos, ocho marchas adelante y ocho

marchas atrás. Las reducciones que se obtienen para las cuatro marchas multiplicadas y normales son las siguientes:

Marcha	Multiplicada	Normal
1. ^a	4,602	10,643
2. ^a	2,582	5,970
3. ^a	1,409	3,258
4. ^a	0,790	1,827

6.º) *La transmisión oscilante* lleva el movimiento y la potencia desde la caja de cambio de marchas al puente trasero reductor. Está constituida esencialmente por una transmisión Cardan con un dispositivo telescópico que permite absorber las variaciones de distancia que puedan presentarse durante el funcionamiento entre el eje posterior (falso eje) y la caja del cambio.

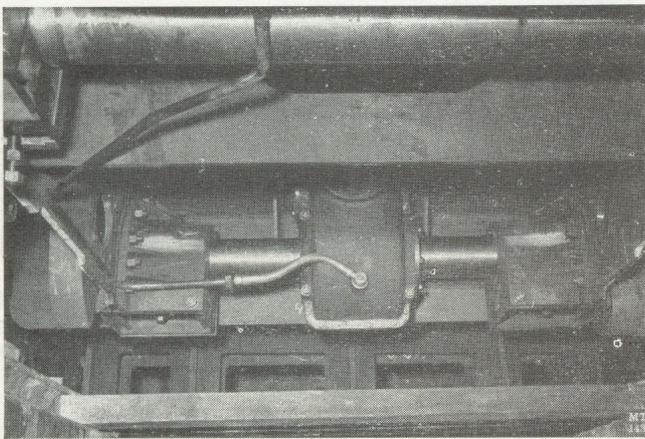


Figura n.º 7: Fotografía del conjunto del puente trasero con la caja reductora, y el falso eje con sus cojinetes.

7.º) *El puente trasero reductor* (figura 7) efectúa el cambio del sentido de movimiento de rotación con eje longitudinal que da el motor Diesel y transmite el cambio de marchas, con las reducciones indicadas, en otro de eje transversal necesario para la tracción, a la vez que reduce nuevamente el número de revoluciones de rotación, aumentando naturalmente el par motor.

Este puente consta esencialmente de una caja en la que se alojan: un piñón cónico a la entrada movido por la transmisión oscilante, una corona dentada cónica acoplada al piñón anterior y calada a un eje que lleva asimismo un piñón cilíndrico, al que engrana una rueda solidaria del eje transversal general «falso eje», que tiene calados en sus dos extremos sendas piezas de acero con las manivelas que dan movimiento a las bielas motoras y prolongadas diametralmente a las mismas con un contrapeso de sector. El falso eje se apoya al bastidor por medio de cojinetes apropiados de bronce y metal antifricción y engrase por anillo.

La reducción de movimiento en el juego de engranajes cónicos es de 1,82 y en el de engranajes cilíndricos de 3,75.

8.º) *Las bielas motoras* y de acoplamiento, de tipo normal de las locomotoras, están construidas en acero forjado de alta resistencia con cojinetes de bronce y

metal antifricción. El engrase de las muñequillas alojadas en los cojinetes de las cabezas de las bielas se efectúa con aceite procedente de unos pequeños depósitos situados en la parte superior. Para corregir las pequeñas diferencias que puedan presentarse por los desgastes en las distancias entre ejes, se ha dispuesto una articulación excéntrica en el acoplamiento de las dos bielas que permite su regulación.

Rodaje

La locomotora posee cuatro ruedas, todas ellas motoras, enteramente iguales, de un diámetro de rodadura, con los bandajes nuevos, de 860 mm y compuestas de un núcleo radiado de acero fundido, el bandaje exterior de acero duro laminado, con su cintillo de fijación y las muñequillas de acero cromo-níquel caladas al núcleo. Los bandajes son exactamente iguales a los de numerosos ejes libres de locomotoras construidas y actualmente en construcción para la RENFE, lo que garantiza la obtención de repuestos y, como de costumbre, son colocados en caliente sobre los núcleos.

Los ejes son de acero al carbono de alta resistencia, forjado y tratado de acuerdo con las especificaciones técnicas vigentes y van calados a la prensa hidráulica, a los núcleos. Las muñequillas van asimismo caladas a presión.

La locomotora se apoya sobre los ejes montados por medio de cuatro cajas de grasa provistas de cojinetes de bronce, con metal antifricción (véase figura 8). La caja de grasa es de acero moldeado y puede deslizarse verticalmente sobre sus guías solidarias del bastidor, para absorber los desniveles del camino, para lo cual va provista lateralmente de unos patines de bronce con metal antifricción. El engrase de la mangueta del eje se asegura por el aceite alojado en la mitad inferior de la caja y unas mechas que se aplican constantemente a la parte inferior de la mangueta.

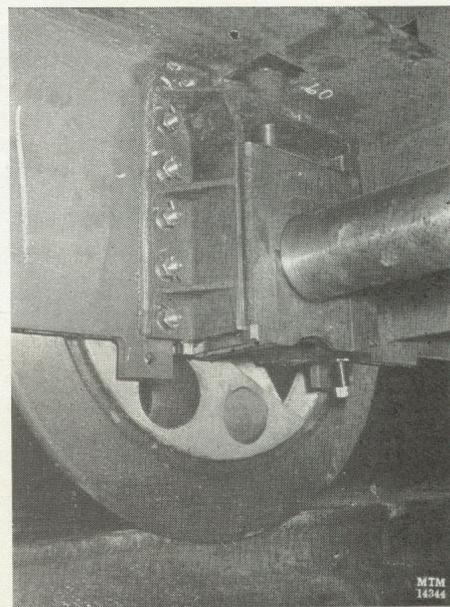


Figura n.º 8: Cajas de grasa de alojamiento de los cojinetes de apoyo de la locomotora sobre los ejes, antes de la colocación de las ataguías.

Suspensión

La suspensión de la locomotora sobre el rodaje se efectúa a través de cuatro resortes de ballesta del tipo unificado de la RENFE para vagones, que apoyan sobre la parte superior de las correspondientes cajas de grasa. El bastidor, y por tanto toda la parte suspendida de la locomotora, carga en los extremos de las ballestas por medio de grilletes tipo unificado.

Bastidor

El bastidor de la locomotora, del tipo interior a las ruedas, es de construcción enteramente soldada (figura 9). Está constituido por dos largueros de chapa de 32 mm de espesor, una plataforma superior de 30 mm, una riostra horizontal a media altura y varias riostras verticales transversales, incluidos los testeros que forman en conjunto una sola pieza para su mecanización.

En los testeros, que son de chapa de 30 mm, se han dispuesto los aparatos de choque y tracción de los tipos unificados de la RENFE.

La chapa horizontal superior del bastidor constituye el piso principal de la locomotora, existiendo además dos zonas laterales de piso de chapa estriada, convenientemente arriostrada, soportadas por cartelas desde el bastidor.

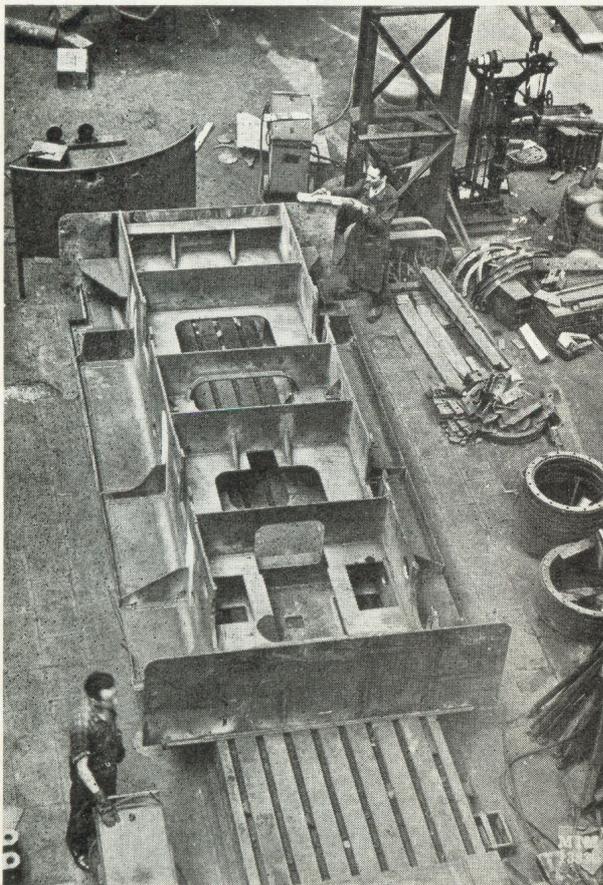


Figura n.º 9: Bastidor de la locomotora, de construcción enteramente soldada, en las últimas fases de su ejecución.

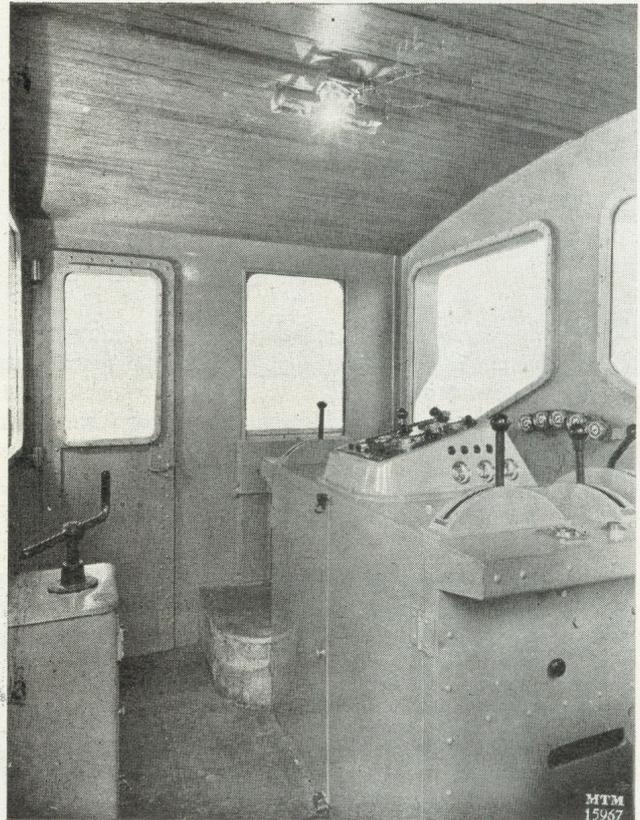


Figura n.º 10: Vista general de la cabina de conducción de la locomotora desde el lado derecho de la misma. Puede observarse su espaciosidad y buena visibilidad en todos los sentidos.

Caja

En la caja de la locomotora se pueden distinguir tres partes bien diferenciadas: la cabina del conductor, la cobertura o capota del motor Diesel y otros mecanismos y una caja adicional posterior que contiene las baterías y armarios.

La cabina, muy espaciosa (figura 10) para esta clase de locomotoras, está construida en chapa de acero de 7 mm., con refuerzos angulares y soldada entre sí, formando un conjunto extremadamente sencillo y robusto a la vez que estético. Para el acceso a la cabina se han dispuesto en la misma dos aberturas laterales con sus correspondientes puertas provistas de los correspondientes aparatos de cierre y seguridad.

Uno de los puntos que más se cuidaron en el proyecto de la locomotora fué la buena visibilidad para el conductor de la misma en todas direcciones y en especial que pudiera vigilar las operaciones de enganche, para lo que se dispusieron amplias aberturas frontales, posteriores y laterales, protegidas por las correspondientes ventanas de las cuales las laterales son de cristales desplazables verticalmente y disponen de un mecanismo compensador que permite dejar la abertura que se desee y, cuando está completamente bajada, asomarse al conductor.

En la cabina se ha dispuesto un piso de madera en dos niveles, uno más alto para las zonas laterales de conducción y otro central, en la zona de acceso.

En la cabina está también el pupitre de mando que se describirá más adelante, formado por una estructura metálica robusta y sencilla que permite ubicar en ella todos los aparatos de mando y control, con el espacio suficiente para una fácil revisión y entretenimiento de los mismos. En la parte central posterior de la cabina está situado el husillo y volante del freno de mano y a ambos lados las puertas de los armarios.

La capota del motor Diesel y aparatos auxiliares (figura 11) está formada por una estructura metálica que constituye las paredes de la misma con grandes aberturas para facilitar la inspección del motor y de un techo fácilmente desplazable para facilitar el montaje y desmontaje del mismo, sin necesidad de desmontarla enteramente. Las aberturas laterales se cierran por puertas estampadas provistas de rejillas de aireación escupeguas. La abertura anterior está cerrada por unas barras verticales, para dar fácil paso al aire de refrigeración. Las uniones del techo de la capota y de ésta con la cabina se han previsto con tornillos para facilitar el desmontaje.

La caja posterior (figura 12) está formada por un recinto de chapa metálica, abierto anteriormente hacia la cabina y en él se alojan las baterías de acumuladores eléctricos y unas estanterías para guarda de los utensilios, ropas y enseres del personal.

Aparatos de mando de la locomotora

Los aparatos de mando y control de la locomotora están ubicados principalmente en el pupitre de la parte anterior de la cabina anteriormente citado (véase figura 13). El mando de la locomotora está previsto para que pueda efectuarse indistintamente desde los dos costados de la locomotora, a fin de poderla conducir en cada momento desde el lado de mejor visibilidad, por lo cual todos los mandos e indicadores principales se encuentran repetidos a cada lado del pupitre, reservándose el centro para los aparatos de puesta en marcha y cuadro de interruptores.

La conducción de la locomotora, una vez puesto en marcha el motor pulsando un botón situado en el centro del pupitre, se efectúa por medio de los siguientes mandos:

- 1.º) Una palanca para la aceleración y el frenado.
- 2.º) Una palanca para el cambio de velocidades.
- 3.º) Una palanca para la inversión de marcha. Todas ellas duplicadas y encima del pupitre a cada lado.
- 4.º) Una maniobra del multiplicador.
- 5.º) Una maniobra para parada del motor Diesel. También duplicadas, pero situadas en la pared lateral del pupitre.

1.º) El recorrido de la palanca de maniobra del acelerador y freno se encuentra dividido en dos zonas: a) Desde su posición vertical, moviendo la palanca hacia el centro del pupitre, se pasa del «ralenti» del motor a la máxima aceleración. b) Desde la posición vertical de la palanca moviéndola hacia el costado de la locomotora se produce un frenado progresivo de la misma por apriete de las zapatas de freno, mientras el

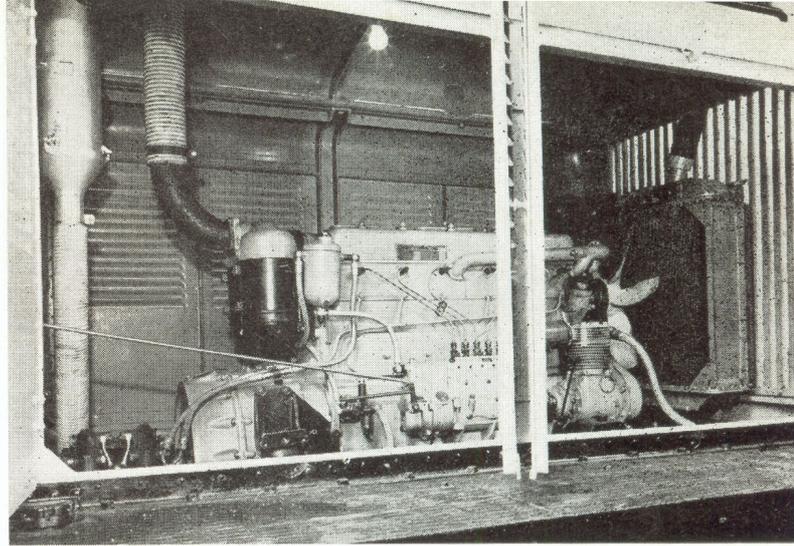


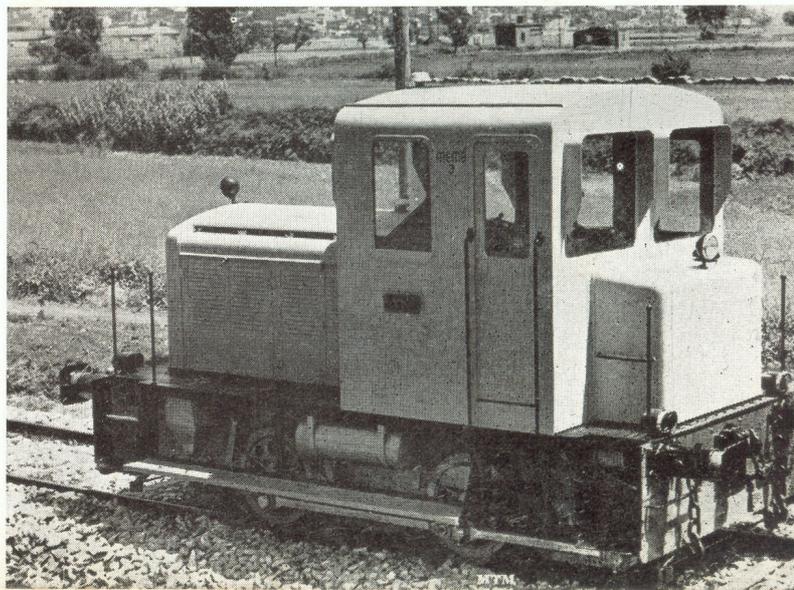
Figura n.º 11: Interior del compartimento de máquinas, con el grupo Diesel embrague, accesorios del motor y aparatos auxiliares. No obstante sus reducidas dimensiones la accesibilidad de todos los aparatos es perfecta.

motor continúa girando al «ralenti». Esta palanca, por ser la única de uso continuo en la conducción de la locomotora, se ha dispuesto centrada con el asiento del conductor, a fin de que sea igualmente manejable en uno y otro sentido de marcha.

2.º) Por cada desplazamiento total desde la posición vertical hacia la parte central del pupitre, de la palanca de mando del cambio de velocidades se aumenta una marcha, mientras que por un dispositivo al regresar hasta la vertical, no se modifica la marcha puesta; análogamente por cada desplazamiento hacia la parte exterior del pupitre se quita una marcha, mientras que al regresar hasta la vertical no se modifica la marcha existente. Esta disposición asegura una completa verificación de la maniobra deseada y el conocer en cada momento la marcha existente viene indicado por unas lámparas testigo muy visibles, situadas en la pared lateral del cuadro de aparatos de mando en el centro del pupitre. Cuando se desea, por ejemplo, con motivo de un frenado rápido, quitar todas las marchas, puede conseguirse directamente, colocando en su punto muerto la palanca de maniobra del inversor de marchas.

3.º) La palanca del inversor de marchas tiene tres posiciones: marcha adelante, punto muerto y marcha atrás, que además por estar dispuesta la misma con un

Figura n.º 12: Vista lateral posterior de locomotora, en la que se ve con detalle la caja posterior de armarios y alojamiento de las baterías.



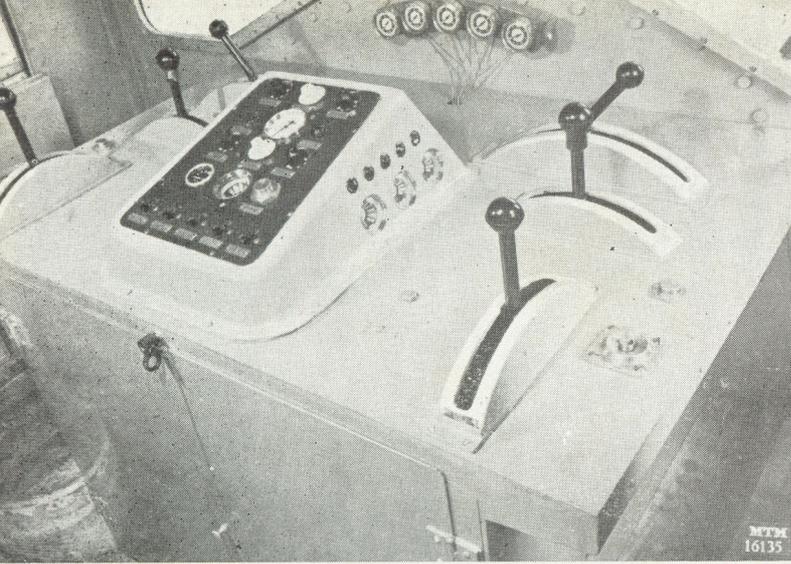


Figura n.º 13: Pupitre de mando de la locomotora. Además de los aparatos de mando duplicados y del panel de aparatos indicadores, se ven un grupo de manómetros indicadores de la presión en los distintos paquetes de embrague del cambio de velocidades, que se disponen únicamente para las pruebas de la locomotora.

movimiento paralelo al eje de la locomotora, coincide su situación con la dirección de marcha. Está situada en la parte posterior del pupitre.

4.º) La palanca de maniobra del multiplicador de marchas está situada al lado del pupitre y se mueven en la dirección del eje de la locomotora. Debe actuar-se con el cambio de velocidades en el punto muerto, lo que no es inconveniente, puesto que sólo debe accio-narse al escoger el tipo de marchas más adecuado para el servicio que deba efectuarse.

5.º) La parada del motor Diesel se logra estirando un tirador dispuesto en la pared lateral a cada lado del pupitre, el cual acciona un dispositivo que corta la inyección de combustible.

También están dispuestos a cada lado del pupitre dos pulsadores para accionamiento de los areneros y del claxon.

Desde luego, el esfuerzo necesario para el acciona-miento de todos los mandos es muy reducido y per-fectamente practicable con una sola mano, precisán-dose un solo hombre para conducir la locomotora.

Aparatos de control de la locomotora

Los aparatos de control de los distintos elementos de la locomotora que lo requieren, se hallan dispuestos en un cuadro elevado e inclinado situado en la parte central del pupitre (ver figura 13). Análogamente a los mandos, los aparatos de control más importantes se hallan dispuestos por duplicado en ambos costados del citado cuadro, mientras que los que su observación no es necesaria se efectúe con tanta frecuencia, están en la pared frontal del cuadro, junto con los interruptores del equipo eléctrico. Los aparatos de control son:

Por duplicado a cada lado del cuadro:

Un manómetro de dos agujas que indican la presión del aire comprimido en el depósito y en los cilindros de freno.

Un manómetro indicador de la presión del aceite de engrase del motor Diesel.

Un manómetro indicador de la presión del aceite de engrase del puente trasero reductor.

Un juego de cinco lámparas piloto, indicadores del escalón de marcha que actúa en cada momento en el cambio de velocidades.

En el centro del cuadro:

Un pulsador para el arranque del motor Diesel.

Un tacómetro indicador de las revoluciones del motor con totalizador de las mismas.

Un indicador del nivel de combustible en el depósito.

Un teletermómetro indicador de la temperatura del agua de refrigeración del motor.

Una lámpara de control de descarga de la batería, que se enciende al descargar la misma.

Una lámpara de control de la presión mínima del aire comprimido, que para un frenado perfecto se requiere no baje de 3 Kg/cm.²; al bajar de esta presión se enciende la lámpara.

Un interruptor principal del circuito eléctrico.

Un juego de conmutadores de tres posiciones para la señalización eléctrica de la locomotora e iluminación de la vía.

Un juego de interruptores para el alumbrado eléctrico de las distintas partes de la locomotora.

Para mayor claridad todos los elementos de control llevan el correspondiente letrero indicador.

Equipo de freno

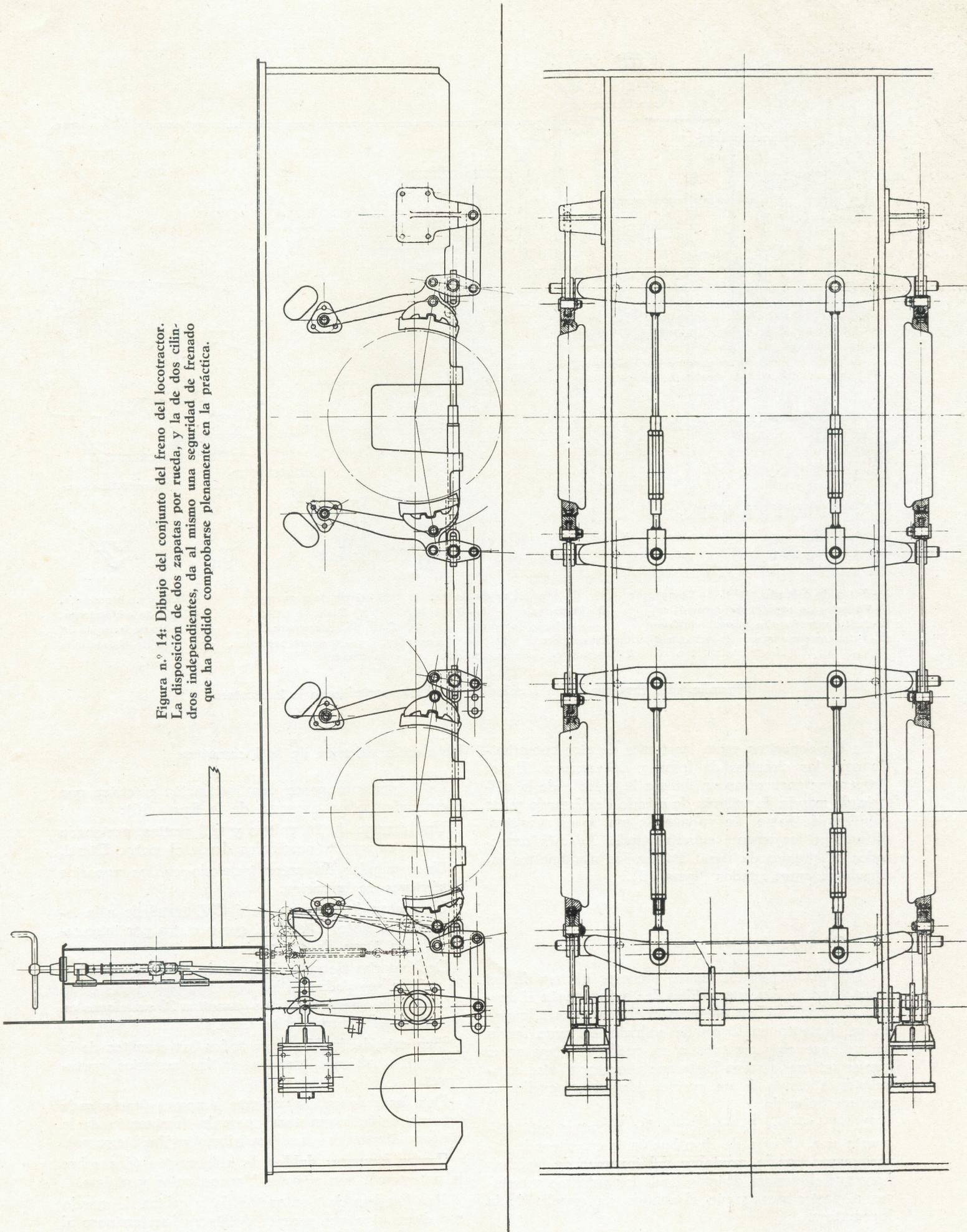
El equipo de freno de la locomotora es del tipo clásico Westinghouse de aire comprimido de acción directa. La timonería actuando sobre los dos ejes con dos zapatas diametralmente opuestas es accionada por dos cilindros horizontales de 8" de diámetro, dispuestos a sendos lados del bastidor en la parte posterior de la locomotora (ver figura 14). La actuación de los cilindros de freno es independiente, de manera que, en caso de avería de uno de ellos, puede frenarse con el otro solo.

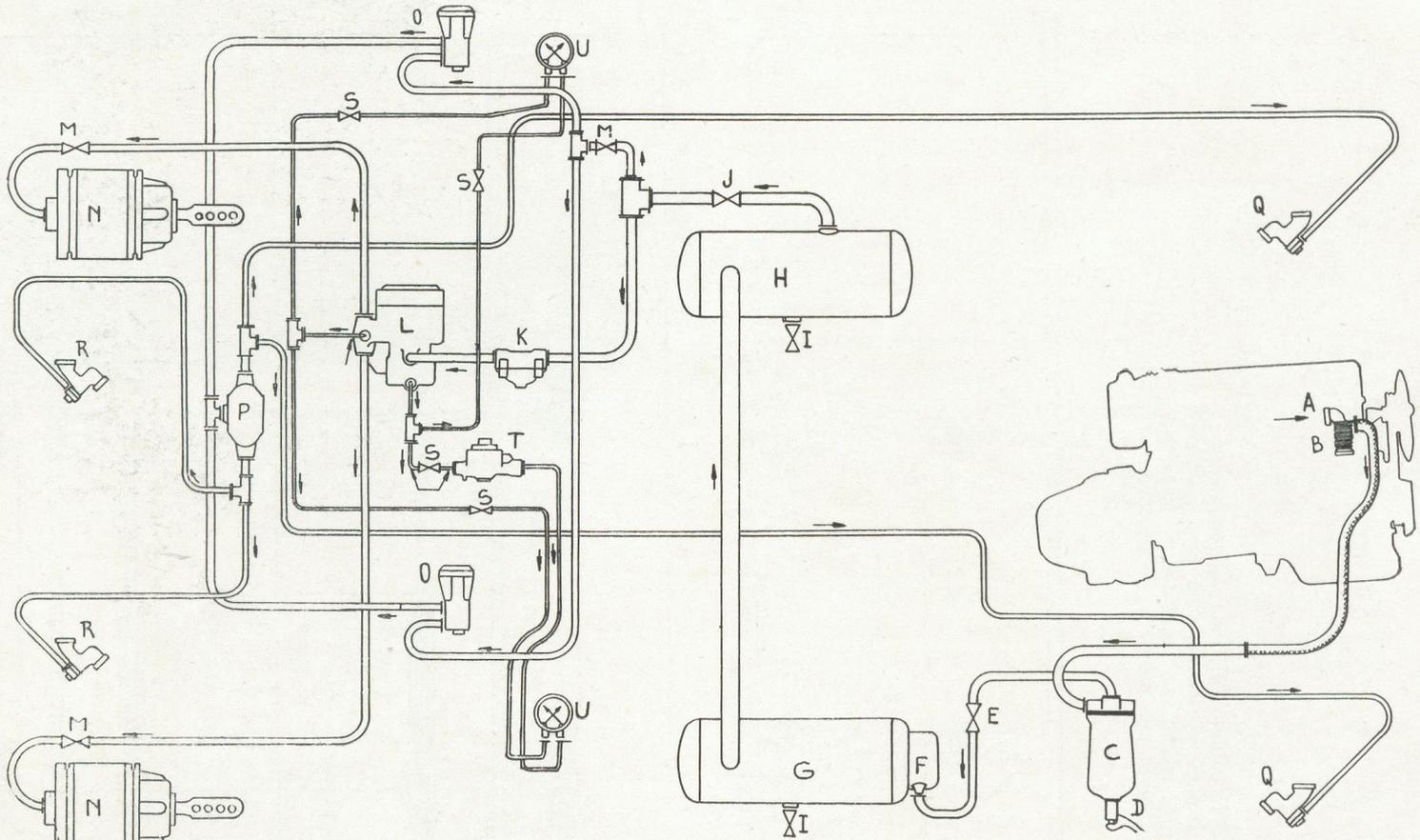
Para el frenado fijo y para casos de emergencia, la locomotora dispone también de un sistema de freno a mano que accionado por una manivela desde la cabina a través de un dispositivo de husillo y tuerca, mueve directamente la timonería.

Los cilindros de freno reciben el aire comprimido de los depósitos a una presión que oscila entre 3 y 6 kg/cm.² (pues si la presión bajase de los 3 kg/cm.², la lámpara de control del freno lo habría advertido y debería esperarse a arrancar hasta disponer de la presión mínima), y el esfuerzo de frenado total oscila entre 11.000 y 22.000 kg. Las zapatas de freno son del tipo unificado de la RENFE para vagones.

El aire comprimido es suministrado por un compresor monocilíndrico de simple efecto, accionado directamente por el motor Diesel por medio de un juego de engranajes, y pasa, a través de un separador de agua y aceite y de un grupo de válvulas de regulación a los depósitos de reserva. El grupo de válvulas de regulación comprende: una de retención, una de seguridad y una de reglaje automático de la presión que actúa una atmósfera antes que la de seguridad.

Figura n.º 14: Dibujo del conjunto del freno del locotractor.
La disposición de dos zapatas por rueda, y la de dos cilindros independientes, da al mismo una seguridad de frenado que ha podido comprobarse plenamente en la práctica.





A - Filtro de entrada. B - Compresor. C - Separador de aceite. D - Grifo de descarga. E - Grifo de aislamiento. F - Válvulas de regulación automática. G - Depósito. H - Depósito. I - Grifo de purga. J - Grifo de aislamiento. K - Filtro entrada aire válvula de freno L - Válvula de freno. M - Grifo de aislamiento. N - Cilindro de freno de 8" O - Pulsador areners. P - Válvula distribución areners. Q - Arenero anterior. R - Arenero posterior. S - Grifo de aislamiento T - Interruptor aviso presión aire. U - Manómetros

Figura n.º 15: Esquema de la instalación de aire comprimido en la locomotora.

En los depósitos están las tomas de aire comprimido para los circuitos de freno y de areneros. En el primero se encuentran un filtro a la entrada de la válvula de mando, la válvula de mando del frenado y los cilindros de freno. La válvula de mando es sensitiva, de un tipo largamente experimentado. Además conectados al circuito de freno existen los manómetros indicadores antes citados (figura 15).

Areneros

Se hallan dispuestos cuatro areneros encima de las respectivas ruedas, que actúan dos a dos, según el sentido de marcha. Los areneros consisten esencialmente en un depósito en forma de embudo, de cuyo fondo se prolonga con una tubería en cuello de cisne en el que se retiene la arena hasta que al actuar el aire comprimido a través de un eyector adosado al cuello, se produce su caída.

En el circuito de aire para los areneros está dispuesta una válvula de distribución que accionada directamente por la maniobra del inversor de marchas hace que el aire sea dirigido hacia los areneros anteriores o posteriores, según el sentido de marcha de la locomotora.

Instalación eléctrica de la locomotora

La locomotora posee una instalación eléctrica que comprende (véase esquema de la figura 16):

Una dinamo de 24 voltios y 600 watos, accionada por dos correas trapezoidales desde el motor Diesel.

Un regulador disyuntor instalado en los armarios posteriores de la cabina.

Un motor de arranque de 6 CV, instalado a la izquierda del motor Diesel, al que arrastra por intermedio de un juego de engranajes.

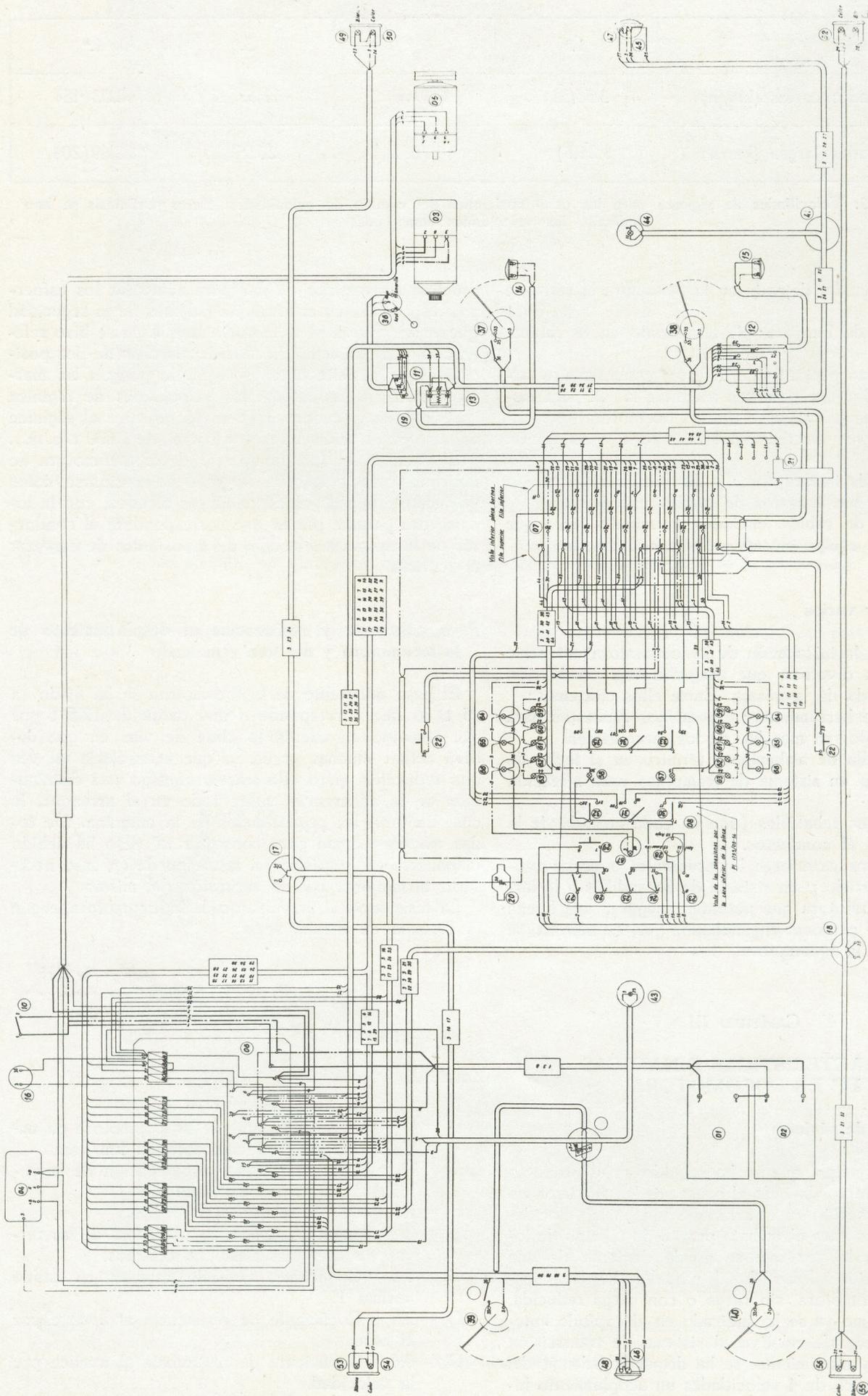
Dos baterías de acumuladores de 195 Amperios-h a 12 voltios, instaladas en los armarios posteriores de la cabina. Con estas baterías se garantiza 20 arranques en frío sin nueva carga de las mismas.

Una caja de fusibles para todos los circuitos de la instalación, ubicada también en los armarios posteriores.

Dos faros de cabeza, de tres lámparas (uno a cada extremo de la locomotora) para la iluminación de la vía (una lámpara) y para la señalización (dos lámparas).

Cuatro lámparas dobles de señalización (dos sobre cada testero), con cristales blancos, rojos y violeta.

Una lámpara de iluminación de la cabina de mando con dispositivo que permite dirigir un haz luminoso al



01 y 02 - Baterías 190 A/h. 03 - Regulador. 04 - Dinamo 600 W. 05 - Placa fusibles. 10 - Interruptor batería. 13 - Relay claxon. 14 y 15 - Bocinas claxon. 16, 17 y 18 - Caja enchufe. 20 - Interruptor aviso presión aire. 21 - Contactor cambio velocidades. 22 - Pulsador claxon. 23 - Interruptor indicador gasoil. 24 - Interruptor luz capota. 25 - Interruptor luces tablero. 26 - Interruptor luz cabina. 27 - Interruptor contacto. 28 - Amperímetro indicador gas-oil. 29 - Pulsador arranque. 30, 31 y 32 - Conmutadores señales posteriores. 33, 34 y 35 - Conmutadores señales anteriores. 36 - Reostato boya indicador gas-oil. 37, 38, 39 y 40 - Limpia cristales. 43 - Lámpara cabina. 44 - Lámpara capota. 45, 46, 47 y 48 - Lámparas faros anterior y posterior. 49, 50, 51 y 52 - Lámp. señal anteriores. 53, 54, 55 y 56 - Lámp. piloto presión aire. 57 - Lámp. piloto batería. 58 - Lámpara piloto cambio marchas. 59, 60, 61, 62 y 63 - Lámparas piloto cambio marchas.

Figura n.º 16: Esquema de la instalación eléctrica de la locomotora.

Velocidades	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a
Velocidades cortas (km/h)	3,55(3)	6,39(6)	11,62(12)	48,03(48)
Velocidades largas (km/h)	8,24(8)	14,70(14)	26,91(26)	20,69(20)

Cuadro n.º 3: Velocidades de régimen para las ocho posiciones del cambio de velocidades. Entre paréntesis se han indicado las velocidades comerciales.

pupitre de mando, dejando en la penumbra el resto de la cabina.

Un juego de lámparas de alumbrado en la cabina, capota, etc.

Una lámpara portátil, con diversos enchufes a lo largo del bastidor que permiten asegurar la luz para inspeccionar cualquier parte de la locomotora.

Dos claxons electromagnéticos para señalización acústica.

Un juego de interruptores y disyuntores ya descrito al hablar de los aparatos de mando y control.

Un juego de cables, enchufes, terminales, etc., que completan el equipo eléctrico de la locomotora.

Accesorios y varios

Completan la instalación de la locomotora una serie de elementos diversos, que aseguran una conducción fácil y cómoda de la misma. Entre ellos citaremos:

Un lote de herramientas y pequeños repuestos para entretenimiento, en marcha, de los mecanismos.

Una pantalla de aislamiento térmico en el techo de la cabina con un sistema de trampillas para aireación adicional.

Dos asientos rebatibles (uno en cada costado de la cabina) para el conductor.

Dos tableros exteriores longitudinales a pocos centímetros del suelo y un sistema de barandillas a lo largo de la locomotora que permiten asegurar una buena estabilidad al personal enganchador que, en marcha, se traslade con la locomotora.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LA LOCOMOTORA

Velocidades de régimen

La idea principal que se ha seguido en el proyecto de este locotractor ha sido el conseguir los máximos esfuerzos de tracción en el arranque y a bajas velocidades necesarios para el trabajo propio de tal tipo de locomotoras, a la vez que se pueda disponer de una marcha superior a los 40 km/h para los desplazamientos de la locomotora, sin carga o con carga reducida. Para ello, como ya se ha indicado en el capítulo anterior en el epígrafe relativo al sistema de transmisión de potencia y movimiento, se ha dispuesto además del cambio mecánico de 4 velocidades un acoplamiento hi-

dráulico convertidor de par para aumentar los esfuerzos disponibles en el arranque (además de la seguridad que representa para el motor a la que ya se hizo referencia) y de un multiplicador de marchas de dos posiciones que permite obtener según se pongan las marchas cortas o las largas, las velocidades de régimen indicadas en el cuadro 3 (correspondientes al régimen máximo de rotación del motor Diesel, de 1.600 r. p. m.).

El cambio del funcionamiento de la locomotora de marchas cortas a marchas largas debe efectuarse, como ya hemos indicado al describir los mandos, con la locomotora parada, por lo que corresponderá al conductor de la misma la elección del tipo, antes de empezar el servicio.

Peso adherente y resistencias al desplazamiento de la locomotora y del tren remolcado

El peso adherente de la locomotora se ha fijado en 25 t, lo que corresponde a una carga de 12,5 t por eje, teniendo en cuenta la clase de vías en que deberá actuar muchas veces, lo que aconsejaría tal vez una reducción, pero ello traería consigo una disminución de la adherencia, sobre todo en el arranque, lo cual limitaría las posibilidades de la máquina. De todas maneras, como para conseguir tal peso ha debido disponerse en la misma un lastre puede en caso necesario disminuirse con la supresión del mismo.

La resistencia al movimiento de la locomotora, según la fórmula de Strahl, sería:

$$W_1 = C_1 \times C_2 \times P_1 + C_3 \times F \frac{(V + \Delta V)^2}{100} + (S + q) P_1 \quad \text{Kg.}$$

donde

P_1 = Peso de la locomotora en t.

$F = 8$ = Superficie frontal de la locomotora en m.²

V = Velocidad de la locomotora en km/hora.

$\Delta V = 12$ = Valor normal de la corrección de la velocidad por causa del viento.

S = Rampa de la vía en ‰.

$q = 2$ = Rampa ficticia en ‰ por causa de las curvas en trayectos bastante sinuosos.

$C_1 = 1,5$ = Coeficiente admitido para vía en estado normal 1.

$C_2 = 3,5$ = Coeficiente de resistencia al avance por el peso.

$C_3 = 0,6$ = Coeficiente de resistencia al avance por la velocidad.

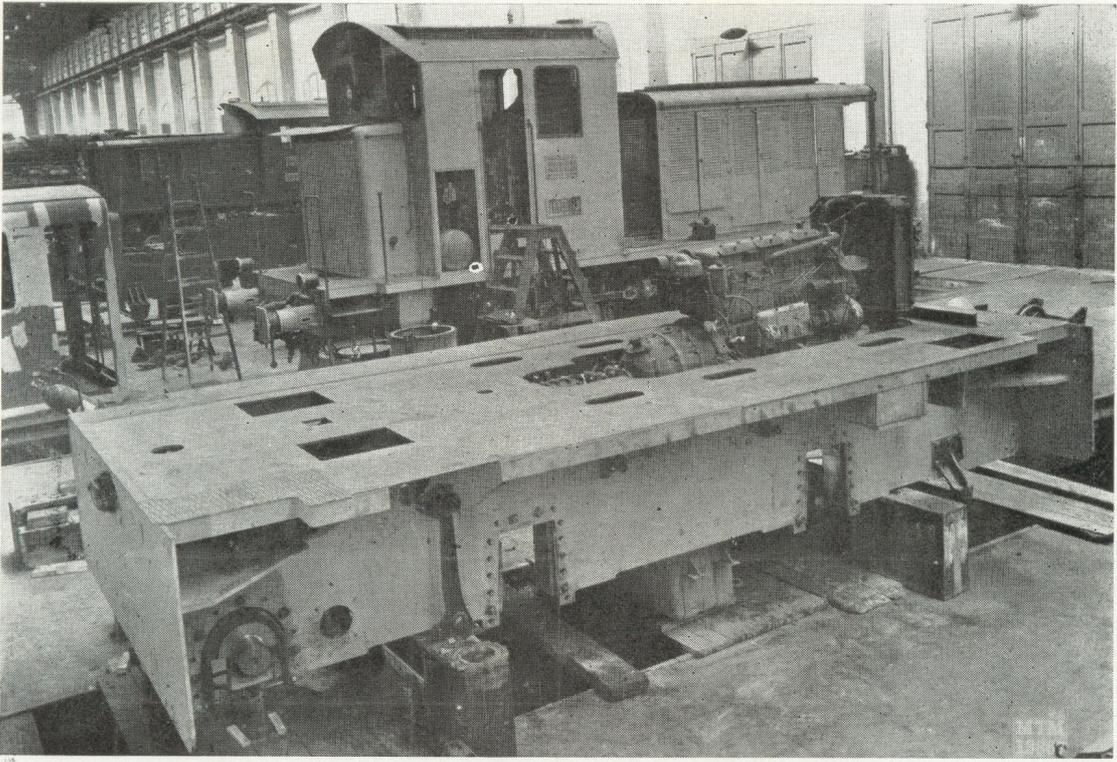


Figura n.º 17: Nave de montaje de locomotoras Diesel de La Maquinista Terrestre y Marítima, S. A. En primer término un bastidor del locotractor «memé» después del montaje del motor y de la transmisión.

Con los valores anteriores la fórmula queda establecida así:

$$W_1 = 131,3 + 4,8 \frac{(V + 12)^2}{100} + 25(S + 2)$$

La resistencia al movimiento del tren remolcado se calcula por la fórmula de Strahl para velocidades inferiores a 40 km/h.

$$W_r = (2 + (0,007 + m) \frac{V^2}{100} + S + q) \times Q$$

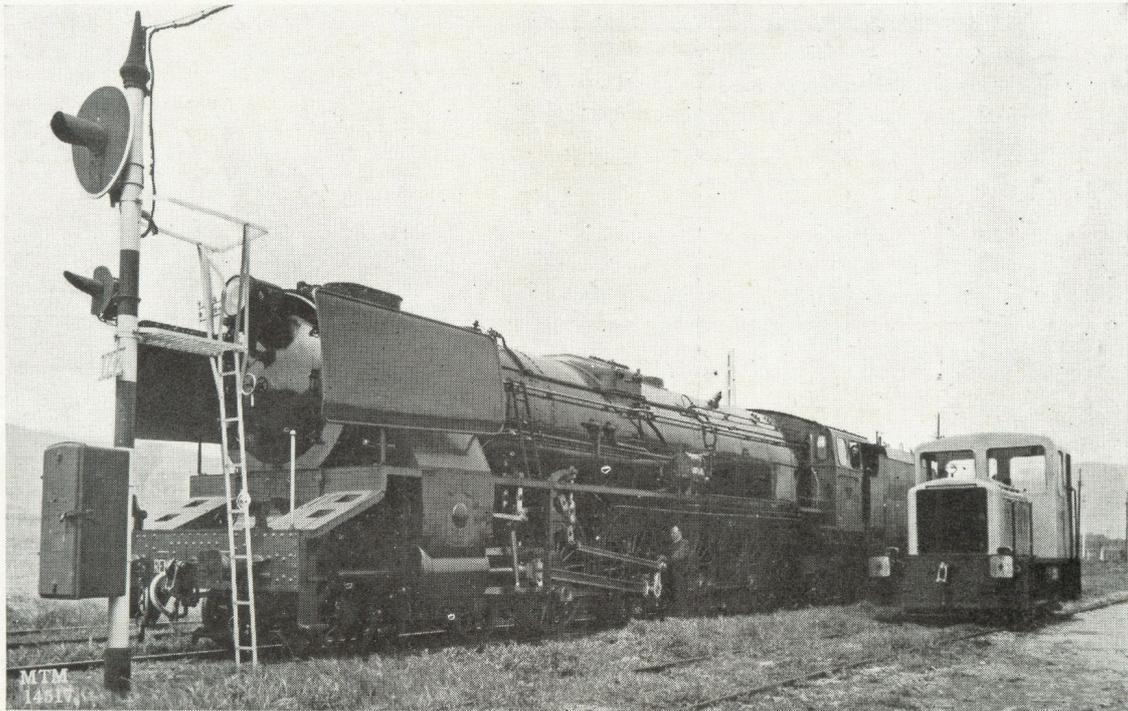


Figura n.º 18: Las dos locomotoras de mayor y menor potencia construídas hasta la fecha por La Maquinista Terrestre y Marítima, S. A., fueron presentadas el mismo día con ocasión del Centenario de su fundación. Nuestra «memé» al lado de una «Confederación» de 3.000 C. V.

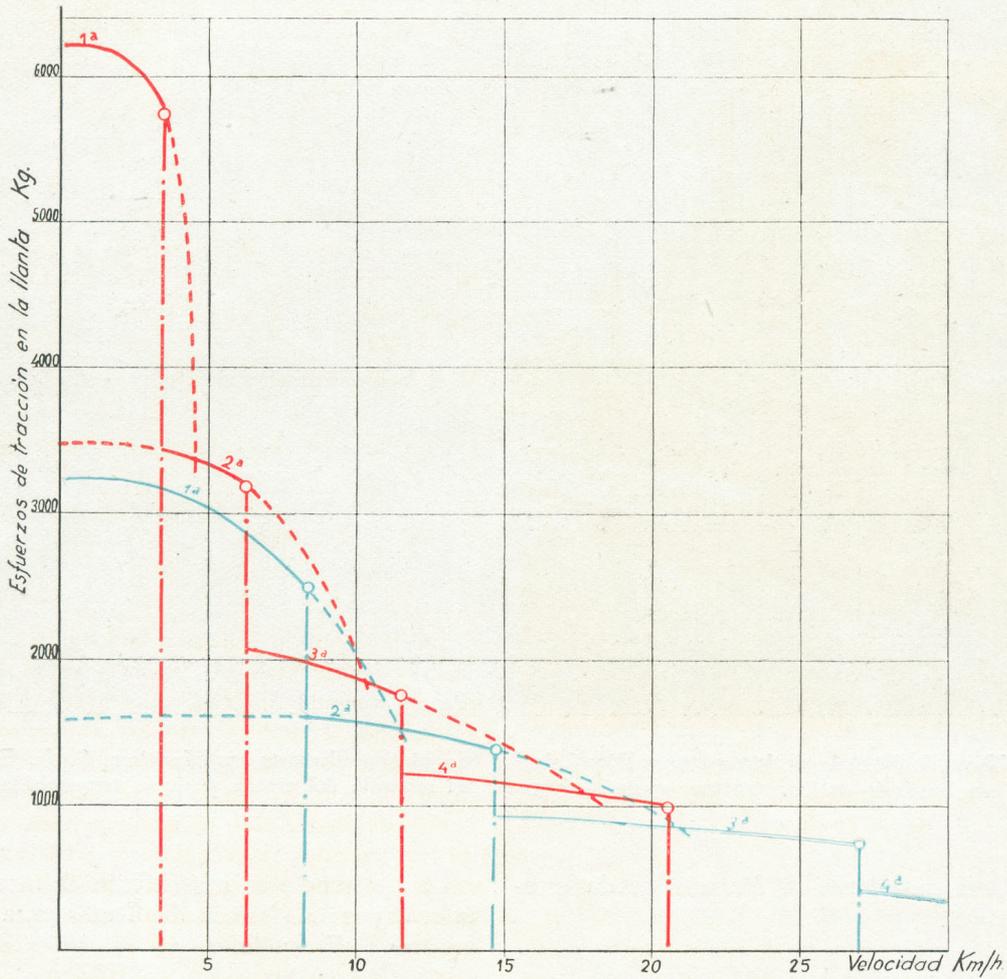


Figura n.º 19: Curvas de los esfuerzos de tracción de la locomotora en función de la velocidad, para las dos gamas de velocidades.

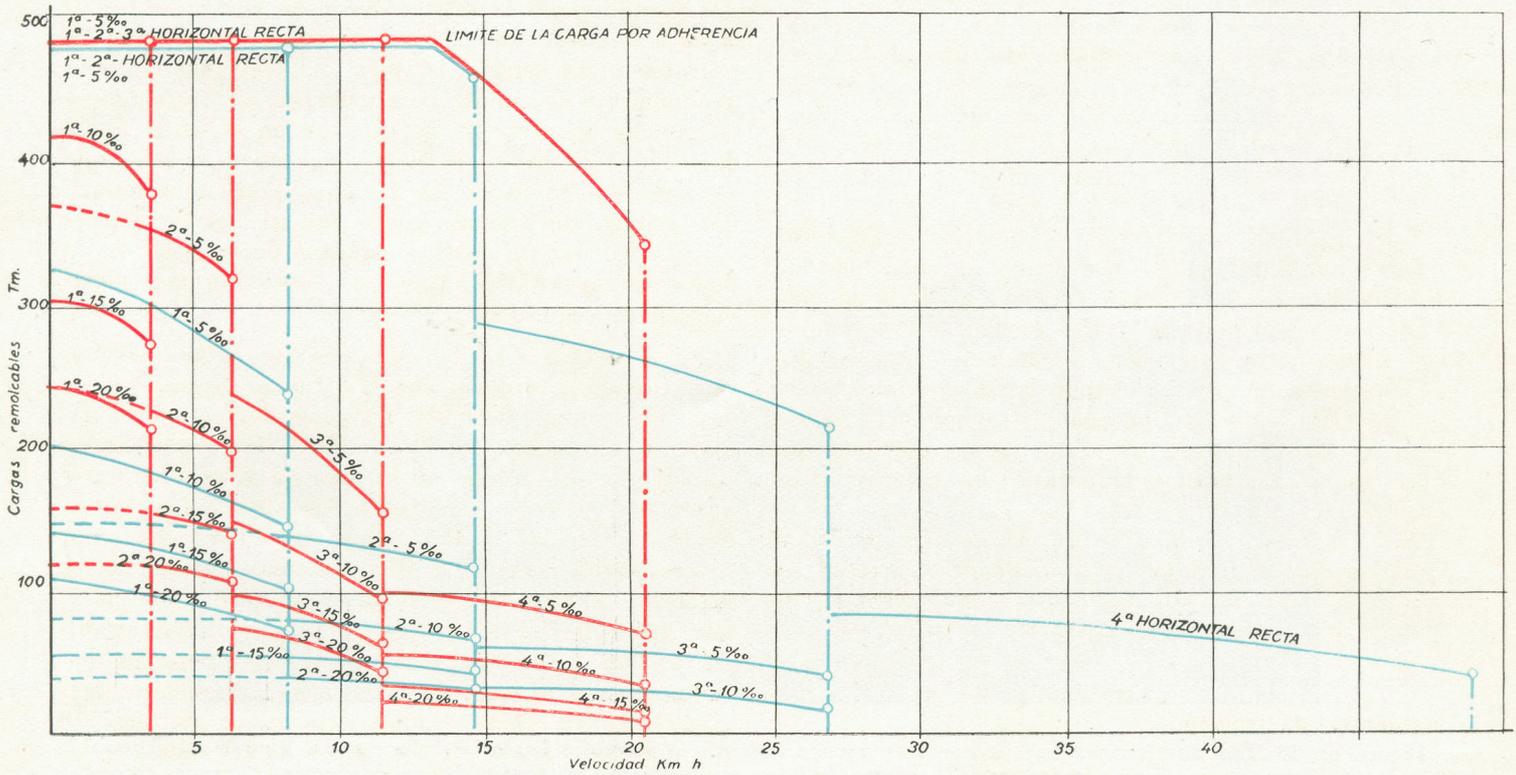


Figura n.º 20: Curvas de las cargas remolcables por la locomotora en función de la velocidad, para vía horizontal recta y para vía en curva con rampas de 5, 10, 15, y 20%.

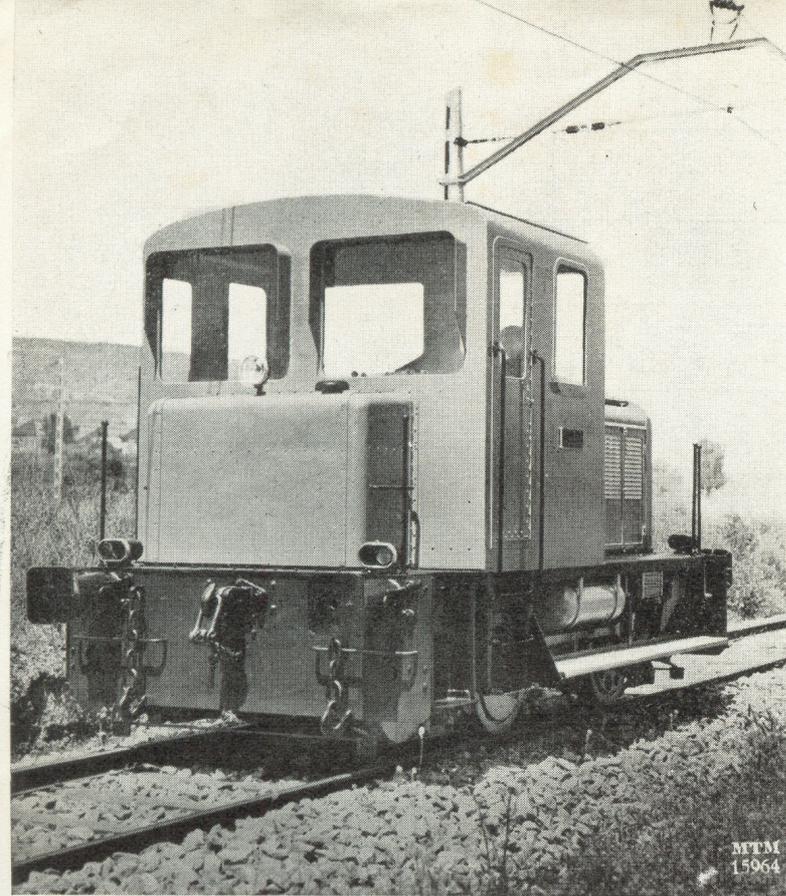


Figura n.º 21: Una locomotora recién terminada, fotografiada a la salida de los Talleres de la M. T. M. camino de su destino.

donde

$m = 0,075$ promedio de valor recomendado para trenes de mercancías, vacíos o llenos.

Q = peso del convoy remolcado.

S = rampa de la vía en ‰.

$q = 2$ = Rampa ficticia debida a las curvas.

Con estos valores la fórmula anterior queda:

$$W_r = (2 + 0,082 \frac{V^2}{100} + S + 2) \times Q$$

Además debe considerarse la resistencia adicional al arranque que limita fuertemente la capacidad de arrastre de las locomotoras. Cuando un tren ha permanecido estacionado un cierto tiempo se aprecia que la resistencia que ofrece a su arranque es superior que la resistencia que ofrece cuando ya está en movimiento. Se explica por la deformación completa de la vía y la rotura de la capa de aceite de los cojinetes que hace que el rozamiento de partida sea superior al de movimiento.

En los trenes ordinarios de mercancías, los ganchos quedan algo flojos y la locomotora arranca un vagón después de otro. La resistencia al arranque se estima en este caso de 13 kg/t.

Esfuerzos de tracción

El esfuerzo de tracción en la llanta (Z , kg) está relacionado con la potencia del motor (N , CV) y la

velocidad (V , km/h) por la conocida expresión:

$$Z = \frac{\eta \cdot N \times 270}{V}$$

donde

η es el rendimiento total de la transmisión = 0,62.
 N la potencia del motor para la tracción en CV, descontados 8 CV utilizados en servicio auxiliares = 122 y

V la velocidad en km/h.

Con lo cual la fórmula anterior queda en

$$Z = 0,62 \frac{122 \times 270}{V} = \frac{20422,8}{V}$$

En la segunda columna del cuadro 4 se han expresado los esfuerzos de tracción en la llanta calculados por la fórmula anterior. Los esfuerzos de tracción en el gancho se deducen de los anteriores restándoles la resistencia propia de la locomotora que varía naturalmente con la rampa y se calculan con la fórmula correspondiente del epígrafe anterior. Sus valores a las velocidades de régimen y para vías en horizontal recta y rampas de 5, 10, 15 y 20 ‰ en curva se han indicado en las correspondientes columnas del citado cuadro 4. En la figura 19 se hallan representadas las curvas de los esfuerzos de tracción en función de las velocidades y en la figura 20 las cargas remolcables, a las distintas rampas y velocidades.

Para velocidades bajas y pequeñas rampas el esfuerzo de tracción y por tanto las cargas remolcables quedan limitadas por la adherencia de la locomotora. Tomando el coeficiente $\mu = 0,25$ entre el esfuerzo de tracción en la llanta y el peso del locotractor, como generalmente se admite para este tipo de locomotoras se obtiene un esfuerzo de tracción en la llanta límite de $0,25 \times 25.000 = 6.250$ kg, que es el máximo que se considera en todos los cálculos. Para un arranque con empleo de arenero puede tomarse perfectamente $\mu = 0,33$, con lo cual el esfuerzo de tracción en la llanta subiría a 8.250 kg, que no consideraremos como margen de seguridad.

En el cuadro 4 se han indicado las cargas máximas que se pueden arrancar con el esfuerzo de tracción en la llanta máximo de 6.250 kg antes definido. Para las distintas velocidades se han indicado las cargas arrastrables que sobrepasan de la máxima arrancable entre paréntesis, pero en realidad todas ellas deben considerarse reducidas a 483 t, que en último caso, por reversibilidad de efectos, y suponiendo que se hubiese arrancado el tren con ayuda de algún otro medio auxiliar, puede frenar la locomotora. Los valores indicados en las filas correspondientes al arranque para las distintas rampas, lo han sido como mera orientación, pues el arranque en rampa y curva, depende en gran manera de la tensión inicial de los ganchos, del radio de las curvas y del estado de la vía, y no se conocen fórmulas que nos permitan calcularlos con seguridad.

V Velocidades km/h	Z Esfuerzo de tracción en la llanta kg.	Horizontal recta				Curva y Rampa 5 ‰			Curva y Rampa 10 ‰			Curva y Rampa 15 ‰			Curva y Rampa 20 ‰						
		V ₁ Res. loc. kg	Z' en el gancho kg	W _r Q Res. tren kg/t	Q Carga re- molcable t	W ₁	Z'	W _r	Q	W ₁	Z'	W _r	Q	W ₁	Z'	W _r	Q	W ₁	Z'	W _r	Q
Marchas cortas	Arranque	6250	131	6129	13	306	5944	20	298	431	5819	25	233	556	5694	30	189	681	5569	35	158
	3'55	5750	142	5608	2'01	317	5433	9'01	(603)	442	5308	14'01	378	567	5183	19'01	272	692	5058	24'01	210
	6'39	3200	147	3053	2'03	322	2878	9'03	318	447	2753	14'03	196	572	2628	19'03	139	697	2503	24'03	104
	11'62	1746	156	1590	2'11	331	1415	9'11	154	456	1290	14'11	92	581	1165	19'11	61	706	1040	24'11	43
	20'69	985	180	805	2'35	355	630	9'35	67	480	505	14'35	32	605	270	19'35	14	730	255	24'35	8
Marchas largas	Arranque	6250	131	6129	13	306	5944	20	298	431	5819	25	233	556	5694	30	189	681	5569	35	158
	8'24	2476	150	2326	2'05	325	2151	9'05	238	450	2026	14'05	144	575	1901	19'05	100	700	1776	24'05	74
	14'70	1388	164	1224	2'18	339	1049	9'18	114	464	924	14'18	65	589	799	19'18	42	714	674	24'18	28
	26'91	759	201	558	2'59	376	383	9'59	40	501	258	14'59	18	626	133	19'59	7	751	8	24'59	—
48'03	425	263	162	3'89	438	—	10'89	—	563	—	—	—	—	688	—	—	813	—	—	—	

Cuadro n.º 4: Esfuerzos de tracción y cargas remolcables a las distintas velocidades, para vía horizontal recta y para vía en curva con rampas de 5, 10, 15, y 20 ‰

Los valores de Q encerrados entre paréntesis son teóricos. Prácticamente están limitados por la resistencia al arranque. No pueden arrancarse cargas superiores a 500 t en las marchas cortas y a 250 t en las largas.

