

Viene hoy a las páginas de "V. L." la colaboración de José Luis García Salazar, perito industrial en la Compañía Metropolitana de Madrid, con un tema técnico de alto interés y novedad ferroviaria. Con su publicación, queda

una vez más demostrada la evidencia de que el Metro es esencialmente ferrocarril. Tal identidad la avalan los numerosos empleados de este medio de transporte urbano que son suscriptores y lectores de VIA LIBRE.

Su funcionamiento, plenamente satisfactorio en el período de pruebas

NUEVOS VEHICULOS AUTOTRACTORES PARA EL METROPOLITANO DE MADRID

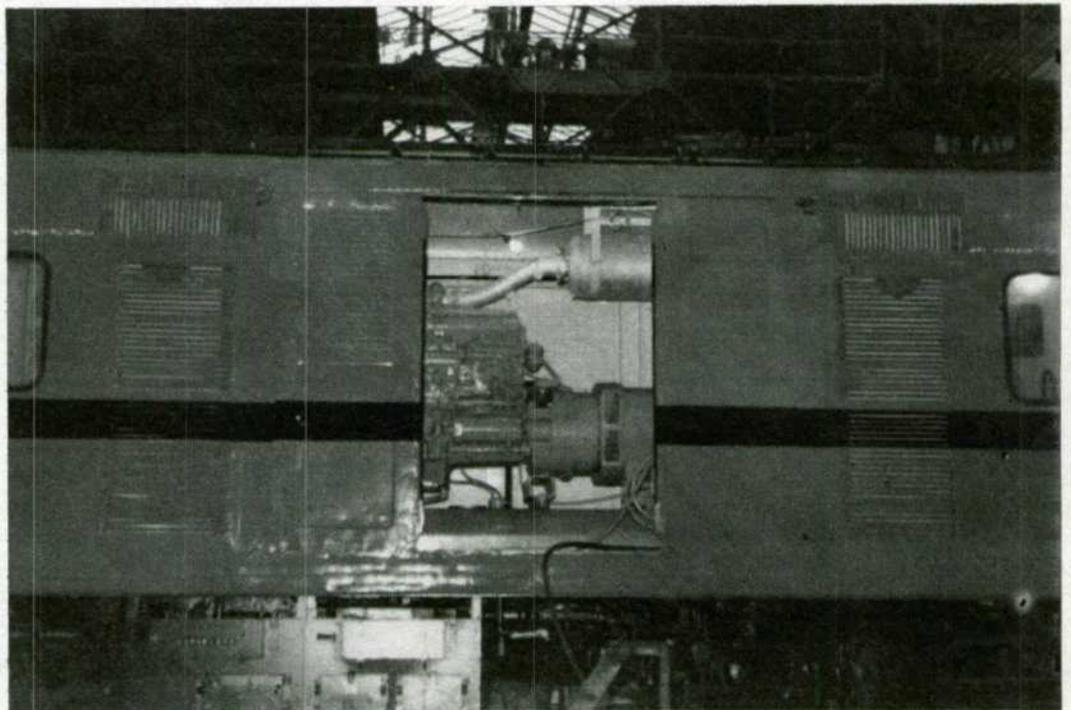
LA explotación de una red ferroviaria metropolitana, con cerca de 90 kilómetros de longitud de líneas, como es la de Madrid, presenta una gran variedad de problemas.

Uno de ellos es la interrupción de una línea, en un momento determinado, a causa de alguna incidencia relacionada con el material móvil (alcances, descarrilamientos, rotura de tomas de corriente, etc.). En estas situaciones, es preciso actuar con diligencia, a fin de reducir al mínimo el tiempo de perturbación del servicio; y para ello es necesario contar con personal y medios técnicos especializados, dispuestos a entrar en acción en el lugar indicado a la mayor brevedad.

Dado que cualquier irregularidad en el servicio del Metro repercute inmediatamente en la circulación rodada de superficie, con los consiguientes colapsos circulatorios en una ciudad ya de por sí sobrecargada de tráfico, el envío de los equipos de intervención por medios automóviles resulta de día en día más inadmisibles, pues los tiempos de traslado son dilatados y, con ello, los retrasos en la actuación de los mismos se prolongan indeseablemente.

Por todo ello, la Dirección de la Compañía Metropolitana de Madrid encargó a su División de Material Móvil el estudio de un vehículo especial que, equipado con los materiales necesarios para la intervención en los casos descritos y provistos de un departamento para acomodo de los agentes que han de manejarlos, pudiese circular por todas las líneas de la red de una manera autónoma. Es decir, que además del sistema de tracción eléctrica por toma de corriente de la línea aérea de contacto, dicho vehículo debía poseer autonomía de marcha en los tramos de línea donde faltase la corriente eléctrica o donde se careciese de hilo de contacto. Bajo estas condiciones, el mencionado vehículo especial podría acudir, en toda circunstancia, a cualquier lugar de la red donde fuera necesaria su presencia, estableciendo la División de Movimiento los itinerarios oportunos y fijando sus condiciones de marcha.

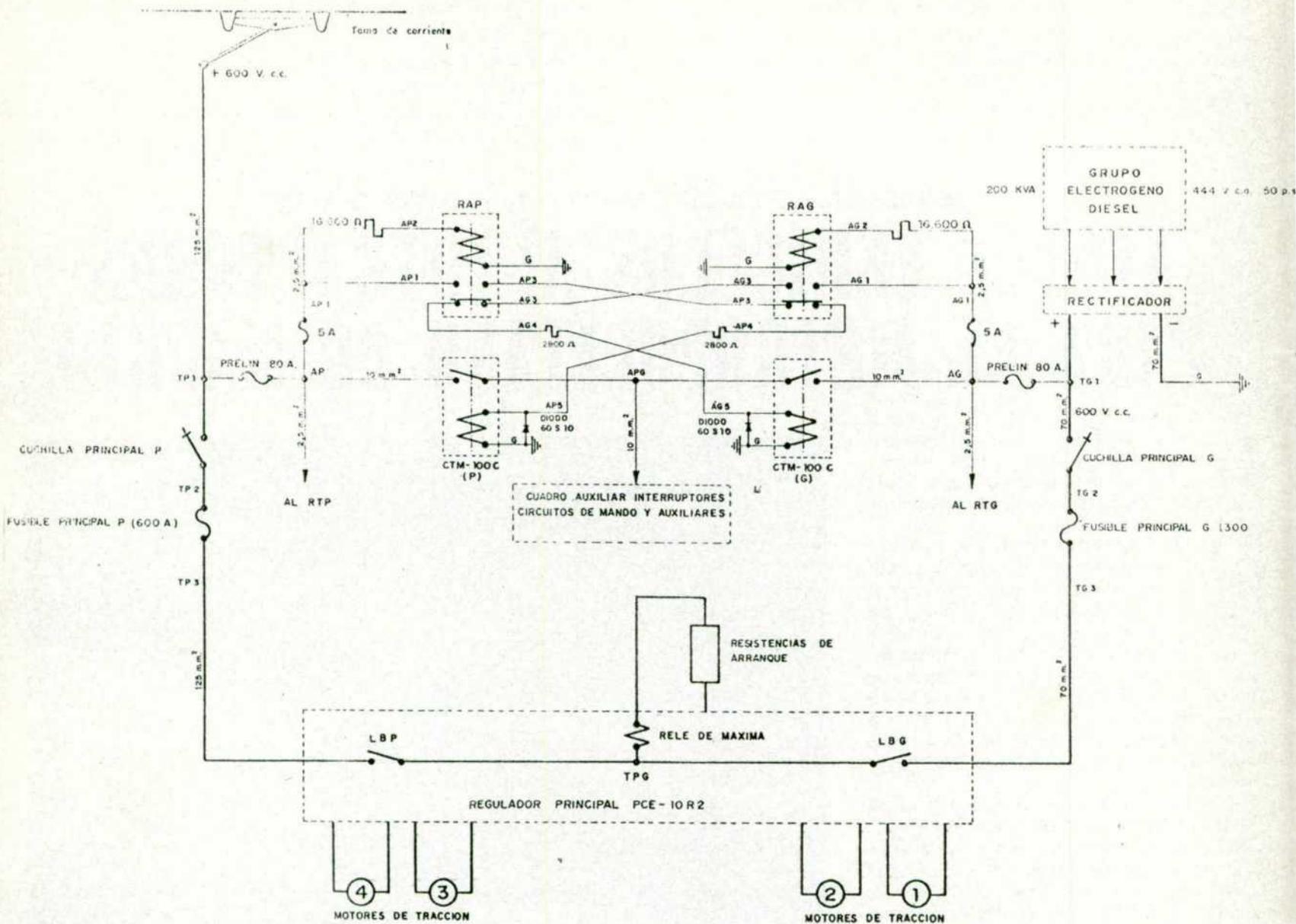
Asimismo, dadas las específicas características de este vehículo, podría ser utiliza-



Vista exterior del posicionamiento del grupo electrógeno Diesel.



Estado del coche M-10 a su llegada a las factories del MTM.



Esquema de principio de los vehículos autotraciones.

do para otras múltiples aplicaciones, como trenes de trabajos especiales, remolques de vehículos averiados, maniobras en depósitos, etc., siempre que por cualquier causa se careciese de corriente de tracción y las circunstancias lo aconsejasen.

SISTEMA DE TRACCION AUTONOMA

Para los fines propuestos, existen dos posibilidades de tracción autónoma: a) Por baterías de acumuladores, y b) por grupo electrogénico Diesel.

El accionamiento por baterías de acumuladores ha sido y es empleado por varias administraciones de ferrocarriles metropolitanos, como es el caso de Londres y Munich. En esta última ciudad funciona un vehículo auxiliar para reparaciones en línea fuera de las horas de servicio, lo que permite a las brigadas de operarios trabajar sin corriente eléctrica y, por ello, en óptimas condiciones de seguridad. Ahora bien, este sistema tiene numerosos inconvenientes, como son: el peso propio y volumen de

las baterías, sus tiempos limitados de utilización, períodos largos de recarga y empleo de electrolitos ácidos y alcalinos (corrosivos y peligrosos de manipular) que, aun con un mantenimiento cuidadoso, acaban por atacar los elementos metálicos y circuitos eléctricos en un plazo más o menos breve.

El accionamiento por grupo electrodiésel tiene dos inconvenientes fundamentales, como son: contaminación por los gases de escape y ruido de funcionamiento. Dado que nuestro vehículo está destinado a circular fundamentalmente en túnel, a causa de las características del Metro madrileño, parecía que tales inconvenientes podían eliminar este sistema. Sin embargo, la utilización de depuradores de gases de escape de técnica avanzada permite ya la eliminación de gases tóxicos (monóxido de carbono) y de gases combustibles (metano, etano) hasta límites aceptables, por procedimientos catalíticos en ambiente de aire. Y el ruido y las vibraciones propias del funcionamiento de un motor Diesel pueden ser notablemente aminorados por medio

de silenciadores adecuados, suspensiones elásticas en apoyos y compartimientos estancos, todos ellos procedimientos de insonorización empleados en la actualidad con éxito práctico.

Así pues, por las razones que anteceden y teniendo en cuenta las características deseadas en el vehículo especial a proyectar, que describiremos en el siguiente apartado, se decidió su equipamiento autónomo mediante grupo electrogénico Diesel.

Por razones de índole económica y de amortización de costes, se decidió la construcción del vehículo especial partiendo de una unidad de tren de las existentes en la Compañía, perteneciente al parque de material móvil del tipo clásico. De esta forma, podrían aprovecharse en la transformación tanto su bastidor y caja como sus bogies y equipos eléctrico y neumático, con las adaptaciones precisas.

La unidad elegida fue la MR-102, del tipo "Ventas", construida por Euskalduna en el año 1924. Tanto el coche motor como el remolque fueron sometidos en el año 1956, en los Talleres Generales de la

Compañía, a una importante reforma de sus bastidores y cajas con reforzamiento general y alargamiento hasta 14.300 mm. (en lugar de los 12.500 mm originales). Este alargamiento se hizo en sus respectivas plataformas extremas, que quedaron con una gran amplitud. Todas estas razones fueron las que decidieron el empleo de esta unidad para su transformación.

Dado que la red actual del Metro madrileño posee dos gálibos diferentes, aunque compartiendo idéntico ancho de vía (1.445 mm.), se consideró asimismo conveniente construir dos vehículos autónomos, uno para intervención en las líneas antiguas y el otro para líneas modernas, si bien resultaran en todo momento intercambiables.

Los trabajos de transformación de ambos vehículos, M-102 y R-102, para su conversión en los autotractores AT-1 y AT-2 (respectivamente), fueron encomendados a La Maquinista Terrestre y Marítima, de Barcelona. A tal fin, se enviaron a dicha factoría a primeros de febrero de 1979.

TRABAJOS DE ADAPTACION EN BASTIDORES Y CAJAS

Al haber sido decidida la transformación de ambos vehículos en autotractores, como se ha mencionado ya, hubo de realizarse en el bastidor y caja del coche remolque una adaptación para convertirlo en un coche motor, previendo canalizaciones, anclajes de aparatos y alojamiento de la toma de corriente. De esta forma, ambos vehículos resultaban idénticos y de similar peso adherente.

Comoquiera que ambos autotractores habrán de circular independientemente y en ambos sentidos de marcha, fue precisa la instalación de sendas cabinas de conducción en los extremos opuestos a las de origen, sirviendo, además, para el alojamiento de aparatos auxiliares de mando.

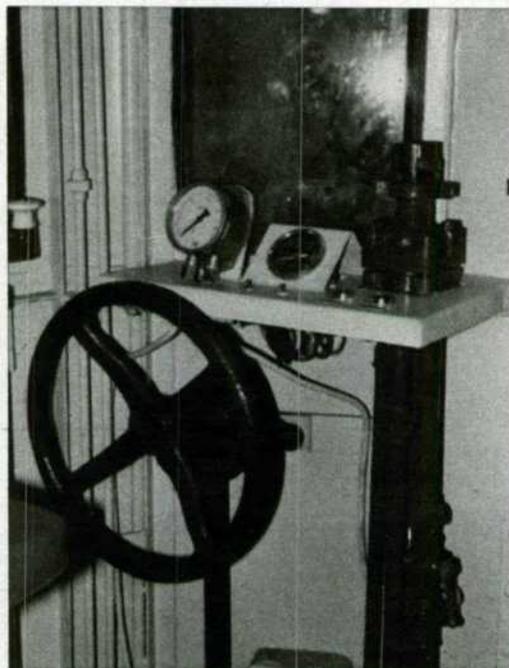
El resto del espacio de la caja fue distribuido en los tres compartimientos siguientes:

a) **Departamento de carga**, de 3.900 mm. de longitud en planta, entre mamparo de cabina de conducción y nuevo paramento separador del recinto del grupo electrógeno. Este departamento es el destinado a albergar los diferentes equipos, utillajes, materiales y herramientas necesarios para las intervenciones específicas en línea. Asimismo, posee un armario auxiliar para tomas de corriente monofásica a 220 V. y trifásica a 380 V., alimentadas desde el grupo electrógeno, con potencia máxima de 15 kVA.

b) **Departamento del grupo electrógeno**, de 4.580 mm. de longitud en planta, delimitado por sendos mamparos de nueva ejecución y convenientemente tratados con procedimientos insonorizantes. En el centro de este departamento se aloja el grupo electrógeno, que posteriormente se describirá, así como el armario de los puentes rectificadores.



Vista exterior del autotractor AT-2.



Detalle del pupitre de cabina, con manómetro doble de aire comprimido, tacómetro del motor, etc.

c) **Departamento del personal**, de 3.640 mm. de longitud en planta, comprendido entre el del grupo electrógeno y el mamparo de la nueva cabina de conducción. En él se encuentra el cuadro de mando del grupo, así como un total de 10 asientos para los agentes de acompañamiento e intervención.

Como puede observarse en la figura 2, cada uno de estos tres departamentos posee amplios accesos directos del exterior mediante las respectivas puertas laterales del vehículo, de 1.400 mm. de luz, disponiendo asimismo de puertas de intercurrencia entre sí.

El piso del departamento del grupo electrógeno, convenientemente reforzado con perfiles en U, está recubierto con chapa Corten de 8 mm. de espesor. El de los pasillos laterales y el departamento de carga está constituido por chapa estriada de 5 mm. de espesor. Finalmente, el piso del departamento de personal y el de las cabinas de conducción están conformados por

chapa de acero A 42 b de 6 mm. de espesor, recubierto con losetas tipo linoleum.

EL GRUPO ELECTROGENO DIESEL

Habida cuenta de que la autonomía de marcha deseada para estos vehículos autotractores se refiere concretamente a los casos y trayectos en que se requiera un transporte de emergencia donde no exista línea aérea para toma de corriente o falte ésta en la misma, es decir, en trayectos relativamente cortos y de poca duración, no es necesario conseguir la velocidad normal de los trenes del servicio de viajeros.

Esta circunstancia permite utilizar un grupo electrógeno de menor potencia, con tal de que sea suficiente para el arranque y marcha de los cuatro motores de tracción del vehículo en el agrupamiento serie-paralelo, a media velocidad (14 a 15 km/h.), en lugar de un grupo electrógeno capaz de suministrar la potencia total necesaria para el arranque y marcha final normal de los cuatro motores de tracción en paralelo, lo que evidentemente, supone un ahorro en costo, peso y dimensiones del grupo en cuestión.

Como se describirá posteriormente, el equipo de tracción del vehículo realizará ambas modalidades de marcha, es decir, velocidad normal del autotractor con toma de corriente de la línea aérea y los cuatro motores de tracción en paralelo, o velocidad reducida del autotractor, en funcionamiento autónomo, alimentados los cuatro motores en serie-paralelo por el grupo electrógeno.

Siendo la potencia unihoraria de cada motor de tracción 108 CV. (79,4 kW.) a 600 V., el generador del grupo Diesel deberá producir en la salida, aproximadamente, entre 200 y 215 KVA. en corriente alterna trifásica, 50 períodos y conexión estrella de 256,5 V. de tensión simple por fase, y 445 V. de tensión compuesta entre fases para, después de rectificadas en un doble puente de Graetz, conseguir una corriente continua, ligeramente ondulada, de 600 V. que pueda alimentar los cuatro motores de tracción agrupados en se-

rie-paralelo, con una corriente total disponible de

$$I_t = \frac{215.000 \times 0,8}{600} = 286,6 \text{ A.}$$

es decir, 143,3 A. por motor.

Esta intensidad se considera suficiente, ya que el consumo de cada motor en el arranque, con un tarado del relé de aceleración de 100 A/motor, produce puntas de corriente comprendidas entre 120 y 130 A.

Una vez determinadas las características fundamentales del grupo electrógeno, se efectuó el oportuno estudio comparativo entre los diversos tipos disponibles en el mercado nacional. La elección recayó sobre el grupo Finanzauto, modelo P-200 M, compuesto de los siguientes elementos: — Motor Diesel Pegaso, modelo 9156, turboalimentado, con potencia máxima de 277 CV. a 1.800 r. p. m. Alternador Stamford, modelo C4.34C, con potencia de 250 KWA., trifásico, a 440/250 V. Doble puente de Graetz. Depurador de gases de escape Engelhari, modelo 623 D. Aparatos de mando, control y seguridad del grupo. Depósito de combustible en bancada, de 480 litros de capacidad (autonomía de marcha superior a diez horas).

DESCRIPCION DEL EQUIPO ELECTRICO

El equipo eléctrico de los autotractores AT-1 y AT-2, semejante al del material móvil de tipo clásico que circula por diversas líneas del Metro madrileño, está compuesto por los siguientes elementos: Circuito de tracción: principal de mando y resistencia de arranque; circuito de motor-compresor; circuito de alumbrado general; circuito de puertas; circuito de alumbrado supletorio o de emergencia, y circuito de timbres de alarma y señales.

Describiremos seguidamente las principales modificaciones introducidas a los mismos para su adaptación a las peculiares características de los autotractores en cuestión.

El arranque y la regulación de la marcha de los motores de tracción se efectúa mediante el regulador principal o combinador. Este es del tipo PC-10 de General Electric, con 10 contactores mecánicos accionados por un árbol de levas. Su interruptor principal LB1 se utiliza como interruptor principal LBP para la marcha con toma de corriente de la línea aérea, y el LB2, como interruptor de línea LBG para la marcha con alimentación de corriente del grupo electrógeno.

Los contactores de secuencia y el tambor de mando permiten el desarrollo de cinco velocidades de marcha en serie-paralelo y de cuatro en paralelo, inexistentes éstas con marcha por grupo electrógeno. Unos relés de conmutación del LBP con el LBG, denominados RTP y RTG, son los que, convenientemente enclavados, realizan las funciones de tracción con alimentación de corriente por línea aérea o por grupo electrógeno.

Este regulador principal así dispuesto se

ha denominado PCE-10 R 2, para su debida identificación.

En cuanto a dispositivos de protección y seguridad de los equipos de tracción, se cuenta con los siguientes:

— Una cuchilla y un fusible principales, de 600 A., para el circuito de alimentación por la toma de corriente de la línea aérea.

— Una cuchilla y un fusible principales, de 300 A., para el circuito de alimentación por el grupo electrógeno.

— Dos contactores CTM-100 C, conmutados y enclavados por los relés RAP y RAG, para alimentar en alternancia a sendos fusibles Prelin de 80 A., como protección de los circuitos de mando y auxiliares (compresor, alumbrado, etc.).

Las resistencias de arranque están agrupadas en cuatro bastidores, bajo el piso de cada vehículo, y son iguales a las que equipan modernamente a los coches clásicos. Su resistencia total es de dos ohmios aproximadamente. Llevan las tomas de conexión adecuadas para proporcionar los valores óhmicos correspondientes a la secuencia de los agrupamientos en serie-paralelo y en paralelo de los motores de tracción.

De los circuitos auxiliares, tanto el del motor-compresor como el de alumbrado general y el de puertas funcionan a 600 V. Los restantes lo hacen con corriente de batería a 24 V.

El circuito del motor-compresor se ha provisto de una doble etapa de arranque, mediante un segundo contactor CTM-100 C, a fin de disminuir su punta de corriente. Por lo demás, es idéntico al de los mencionados coches clásicos.

El circuito de alumbrado general alimenta seis series de tres lámparas de incandescencia cada una, es decir, 18 lámparas en total, que se reparten simétricamente en cada uno de los tres departamentos del autotractor, siendo de 25 W. 125 V. las del departamento del grupo electrógeno y de 60 W, 200 V. las de los departamentos restantes. Asimismo, se alimentan los faros, del tipo Hella-9, y los pilotos rojos, todos ellos dotados también de lámparas incandescentes de 25 W, 125 V.

El circuito de alumbrado supletorio va combinado con el alumbrado general por el disyuntor de cabina para cada plataforma, en previsión de falta de corriente de la línea aérea del grupo electrodiésel o fusión de lámparas, y alimenta con corriente de baterías a 24 voltios tanto los plafones de las plataformas como los de las cabinas de conducción y las lámparas de emergencia de faros y pilotos.

El circuito de puertas posibilita el accionamiento electroneumático de las puertas laterales del vehículo, independientemente para cada vía, mandadas por interruptores desde las plataformas extremas, como en los coches clásicos. La particularidad estriba en que las dos puertas centrales, correspondientes al departamento del grupo electrógeno, son de funcionamiento neumático independiente, con posibilidad de accionamiento manual desde el propio departamento. Una lámpara de seguridad en cada cabina de conducción señala el cierre de las puertas del autotractor.

Por último, el circuito de timbres de

alarma y señales no ha sido modificado respecto del original del vehículo, para permitir el mismo tipo de indicaciones tanto al personal de conducción como al de servicio en el autotractor, posibilitándose así, además, su circulación en unidades múltiples.

EQUIPO NEUMATICO

Los vehículos autotractores poseen el mismo equipo neumático de origen (MR-



102), sin más modificaciones que las impuestas por la doble cabina de conducción.

Sus principales componentes son: Compresor, aparatos de freno neumático (automático), aparatos de accionamiento de puertas, alimentación al combinador principal PCE 10R2, alimentación a silbatos y calderines de reserva de aire.

El compresor suministra el aire comprimido necesario para el funcionamiento de los equipos. Es un General Electric, tipo CP-30, que rinde 990 litros por minuto a 182 r. p. m., con un consumo de 10,5 A. a 600 V. Va montado con sus correspondientes equipos de sincronismo regulador de presión y contactores automáticos de accionamiento.

El sistema de freno neumático, del tipo indirecto, posee tres tuberías generales: principal (a 7 kg/cm²), alimentación (a 5 kg/cm²) y freno (a 5 kg/cm²). Todos los aparatos componentes (cabezas de freno G. E., triples-válvulas Knorr Fm-3, reductoras de presión Wabco-Cimetal, cilindros de freno G. E., cilindros de puertas, etc.), son idénticos a los de los restantes coches clásicos en la actualidad, dado su alto grado de fiabilidad y facilitando así su mantenimiento.

En la figura 6 se indica el esquema de

conjunto del referido equipo neumático de los vehículos autotractores.

BOGIES Y MOTORES

Los vehículos autotractores van montados sobre bogies Brill tipo 84 E2, modelo frecuentemente utilizado en los coches clásicos.

Su bastidor es de acero forjado, así como la viga bailadora, sobre la que apoya la caja del vehículo por medio de la correspondiente rangua y patines. La suspensión

nevas modernas) como por propia alimentación mediante grupo electrógeno. En ambos casos, la tracción es eléctrica, por medio de los cuatro motores situados en los bogies.

Describiremos, pues, seguidamente las condiciones de circulación de estos vehículos en las dos modalidades de funcionamiento.

a) **Marcha bajo hilo de contacto o catenaria.**

La única precaución a adoptar en este caso, es verificar si la pértiga de toma de

b) **Marcha mediante grupo electrógeno.**

Cuando se desee circular con los autotractores por una sección de línea carente de alimentación en el hilo de contacto o catenaria, bastará abatir la pértiga de toma de corriente y arrancar el grupo electrodiésel. Este, automáticamente, regula su velocidad a 1.500 r. p. m. y accionando entonces el interruptor principal (situado a la derecha del cuadro de instrumentos) se pondrán en servicio todos los aparatos de los circuitos auxiliares (compresor, alumbrado, etc.). A este régimen también se dispone de corriente alterna a 220/380 voltios, en el cuadro situado en el departamento de carga, para alimentar máquinas de trabajo (soldadura eléctrica, herramientas portátiles, motobombas hidráulicas, etc.).

Ahora bien, para alimentar los circuitos principal y de mando del autotractor, posibilitando así la marcha del vehículo, es preciso accionar desde la cabina de conducción (o desde el cuadro del grupo electrógeno) el pulsador correspondiente a 1.800 r. p. m. Al propio tiempo, si todas las puertas laterales del autotractor están cerradas, se encenderá la correspondiente lámpara testigo en ambas cabinas de mando.

En estas condiciones, accionando el regulador de marcha al punto 1 ó 2, se pondrá en movimiento el vehículo, desarrollando el combinador de tracción cinco velocidades como máximo. Se carece, como se ha dicho, en el funcionamiento con grupo electrógeno, de marcha "en paralelo" de los motores de tracción. La limitación de velocidad que ello supone no presenta ningún inconveniente, dado el tipo de utilización específica de los autotractores.

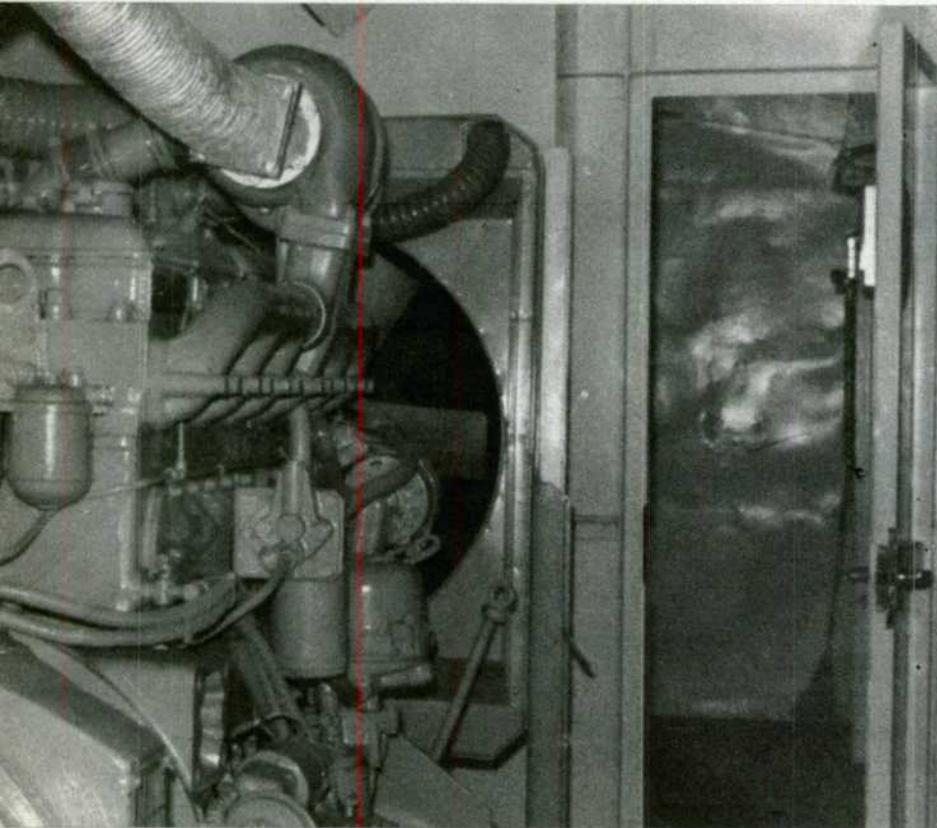
Alcanzada, finalmente, una sección de línea que disponga de alimentación en el hilo de contacto o catenaria, se detendrá el autotractor y se procederá a la parada del grupo electrógeno, reanudándose la marcha normal mediante la toma de corriente por la pértiga. La particular disposición de los relés RAP y RAC, ya descritos anteriormente, impide la realización de cualquier falsa maniobra al pasar de una a otra modalidad de marcha.

Una vez finalizados los trabajos de transformación en las factorías de La Maquinista Terrestre y Marítima, de Barcelona, y previas las oportunas verificaciones, el autotractor AT-1 regresaba al Metro madrileño a finales de abril de 1980. Por su parte, el autotractor AT-2 era recibido en julio del mismo año.

Posteriormente, fueron realizadas en ambos las correspondientes pruebas de funcionamiento por diversas líneas de la red, en las distintas modalidades de marcha y en variadas circunstancias, resultando todas ellas altamente satisfactorias.

Actualmente, ambos vehículos se encuentran en fase de equipamiento específico por la División de Material Móvil, en el Depósito de Cuatro Caminos, confiándose en su puesta en servicio en breve plazo. ■

J. L. GARCIA SALAZAR. Fotos de J. SEBASTIAN, J. A. SOLSONA y autor. Gráficos: C. M. M.



Departamento del grupo electrógeno Diesel.

primaria es por medio de muelles helicoidales y la secundaria por ballestas de acero de ocho hojas.

La distancia entre ejes de ruedas es de 1.981 mm. y la longitud total del bogie de 3.425 mm.

El diámetro nominal de las ruedas es de 850 mm. y las manguetas exteriores de los ejes reciben cajas de grasa de rodamientos.

Los dos motores de tracción de cada bogie van suspendidos por su nariz de las entrecalles de aquél. Son de construcción Cenemesa, tipo W-333 V, y su potencia continua es de 96 CV. (70,6kW.) por motor. La transmisión del esfuerzo motriz se efectúa por medio de piñón y corona de dientes rectos, con una relación de 73/17.

DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS AUTOTRACTORES

Como hemos relatado en los apartados anteriores, dadas las especiales características constructivas de los autotractores AT-1 y AT-2, éstos pueden circular autónomamente, en ambos sentidos de marcha, por toda la red del Metro de Madrid, tanto mediante toma de corriente por hilo de contacto (líneas antiguas) o catenaria (lí-

corriente posee el tipo de frotadores indicado para una u otra línea aérea, los cuales son fácilmente intercambiables. Por lo demás, tanto la puesta en servicio como la conducción de los autotractores en estas circunstancias son exactamente iguales a las de los coches clásicos del Metro madrileño. Al punto B del regulador de mando, el combinador principal desarrolla nueve velocidades de marcha. Carece, únicamente, de shuntado de campos, con lo que la velocidad máxima en horizontal es de 45 km/h., aproximadamente.

Las cabinas de conducción, figura 7, son similares, asimismo, a las de los citados coches clásicos, distinguiéndose únicamente de ellas por la incorporación de aparatos auxiliares específicos.

No existe frenado eléctrico, siendo el freno de servicio el de aire comprimido, idéntico (como se ha dicho) al de los coches clásicos.

Siendo los aparatos de mando y acoplamiento iguales, asimismo, a los de los coches clásicos, pueden ser acoplados los autotractores, en caso necesario, a cualquier composición formada por aquéllos, funcionando normalmente sus equipos de tracción y freno, así como los aparatos de los circuitos auxiliares.