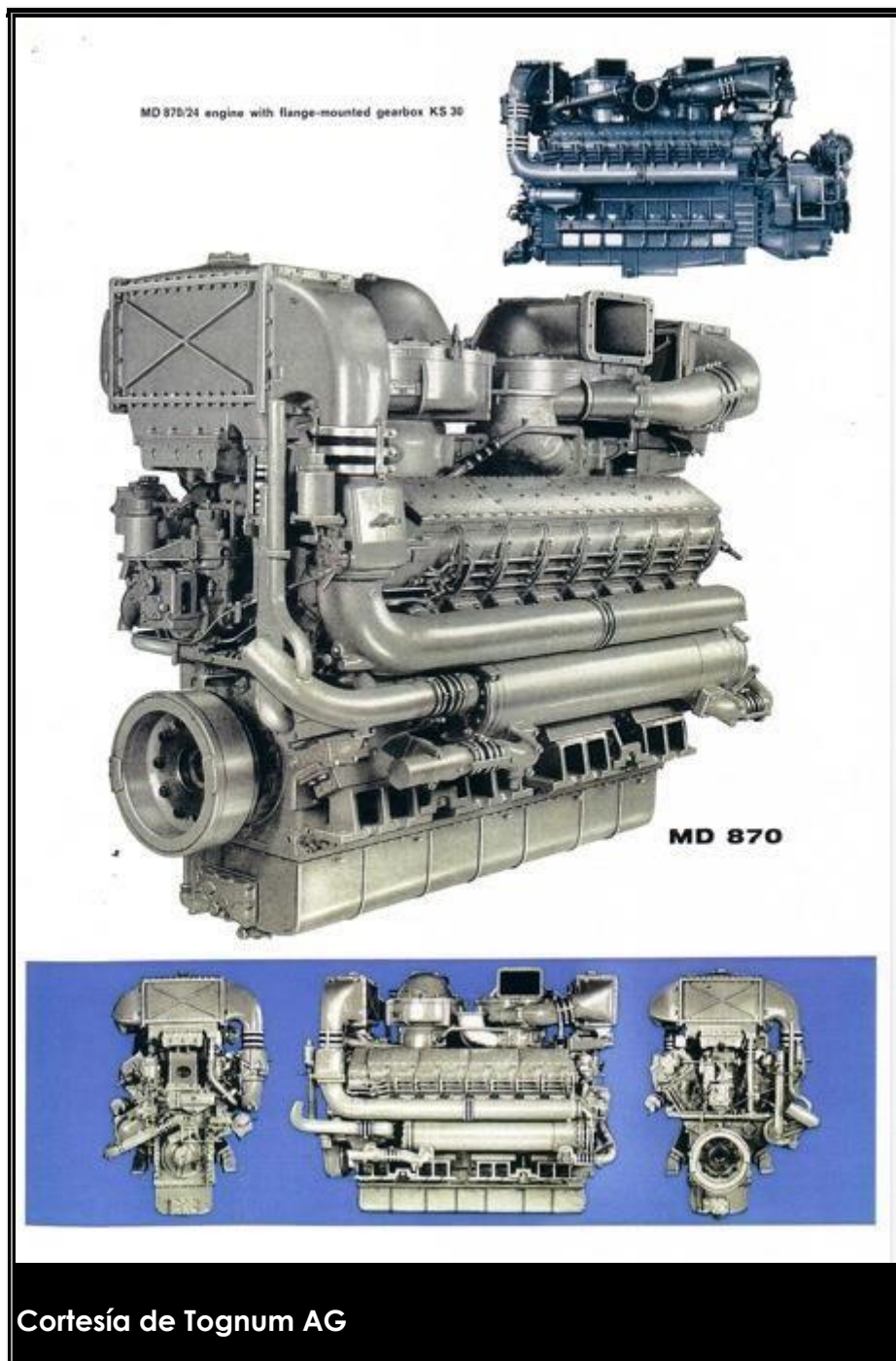
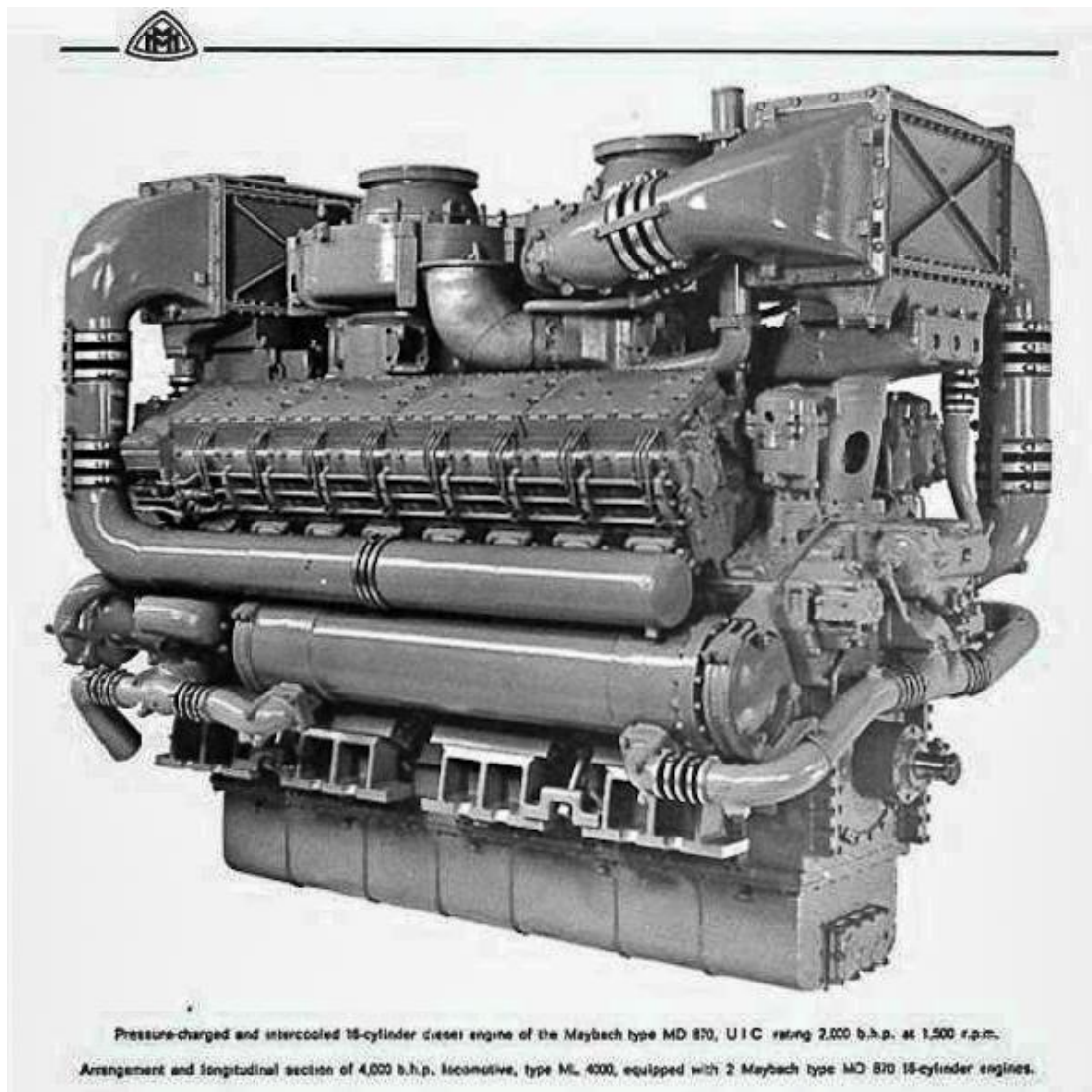
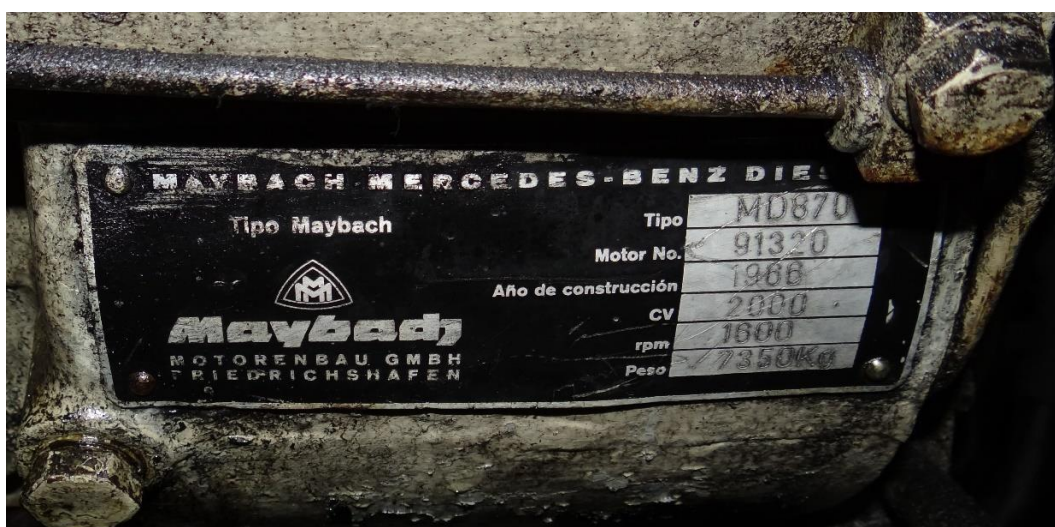


-El Motor Maybach-Mercedes Benz MD 870/1-



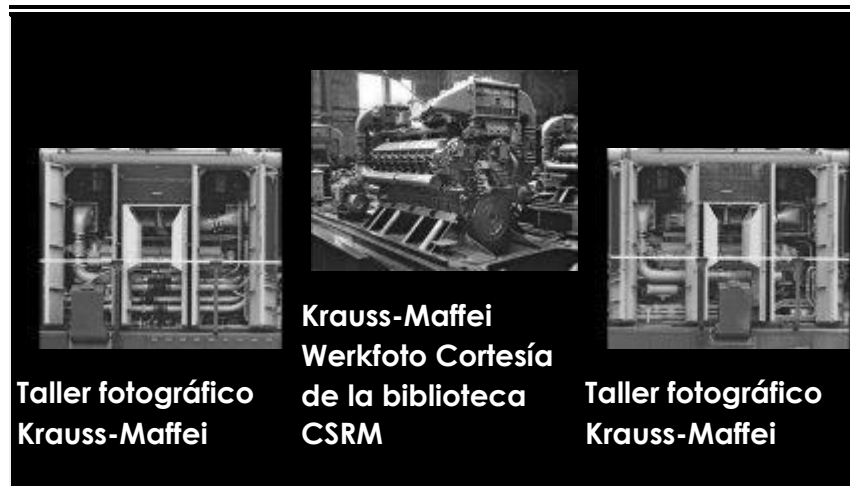


-Vista lateral del Motor Diesel Maybach-Mercedes Benz MD 870/1 con 16 Cilindros en V a 60°, 1.600 RPM y 2.027 CV (2.000 HP). Foto-Cortesía: Maybach.



-Placa de construcción Motor Diésel MD 870/1 fabricado por Maybach-Mercedes Benz perteneciente a la locomotora 340-020 de Renfe (Ex. 4020) Motorenbau GMBH.

Las preguntas sobre los motores gemelos Maybach Mercedes-Benz 2000HP V-16 del SP 9010 surgen con bastante frecuencia, y nuestra misión es profundizar en nombre de los fanáticos del ML4000 en todas partes. Estos motores, con un legado de diseño originado en los dirigibles Zeppelin, tenían un diseño compacto y sofisticado, y es fascinante estudiarlos ahora.



A estos motores primarios, complejos, de funcionamiento rápido y que requieren un mantenimiento intensivo, a menudo se les "acredita" el factor más importante en la caída del programa diésel-hidráulico alemán del SP. Pero vale la pena señalar que en 1968 su funcionamiento se había suavizado gracias a las modificaciones y actualizaciones de Maybach y SP, hasta el punto de que hubo casos de disponibilidad del 100% en un mes determinado de funcionamiento.

De todos modos, son una máquina fascinante y tienen algunas especificaciones notables.

Hay seis válvulas por culata: tres de admisión y tres de escape. Las válvulas de escape están equipadas con "rotación positiva de válvulas". Según Maybach, se diferencian de las válvulas de admisión no sólo por el diámetro del eje, sino también por sus diferentes asientos de resorte y retenes de válvula. Los retenedores de válvula no están apretados en el vástago de la válvula, lo que libera la válvula en cada carrera por solo un momento y permite que el resorte gire la válvula. Esta característica era parte del motor MD870/1 instalado en las unidades de la serie 1964 en el SP y solucionaba problemas de quemado de válvulas y puntos calientes.



El cigüeñal estaba colocado en un cárter de "túnel". No hay rodamientos partidos que se aflojen o se separen bajo carga. Se colocaron pistas de rodillos en las redes del cigüeñal. Esto fue desarrollado con el tiempo por Maybach, comenzando con sus primeros motores de dirigibles, para controlar el movimiento de torsión y la flexión del cigüeñal, especialmente con las tensiones de los motores de RPM relativamente altas de "funcionamiento rápido". (1600 RPM a toda velocidad, a diferencia de aproximadamente la mitad de esa velocidad para un motor diésel típico de EE. UU.).



La manivela se instaló con el bloque en su extremo. Bielas de horquilla y pala unidas a pistones de dos piezas, cuyas coronas y anillos se podían quitar y reemplazar sin quitar los pistones de los cilindros.



Cada V-16 está equipado con dos turbocompresores de gases de escape AGL83/1 que giran a un máximo de 17.000 RPM con una presión de aire de carga de 14,5 psi. Las unidades están montadas en un eje vertical entre las bancadas de cilindros, y las unidades Prototipo de 1961 experimentaron falta de aceite en el cojinete superior y coquización en el cojinete inferior. La entrega de lubricación se modificó en los motores de la serie, pero estos problemas aún surgían de vez en cuando. Según los registros, el SP 9010 experimentó al menos seis casos de falla o cambio del turbo en cuatro años.



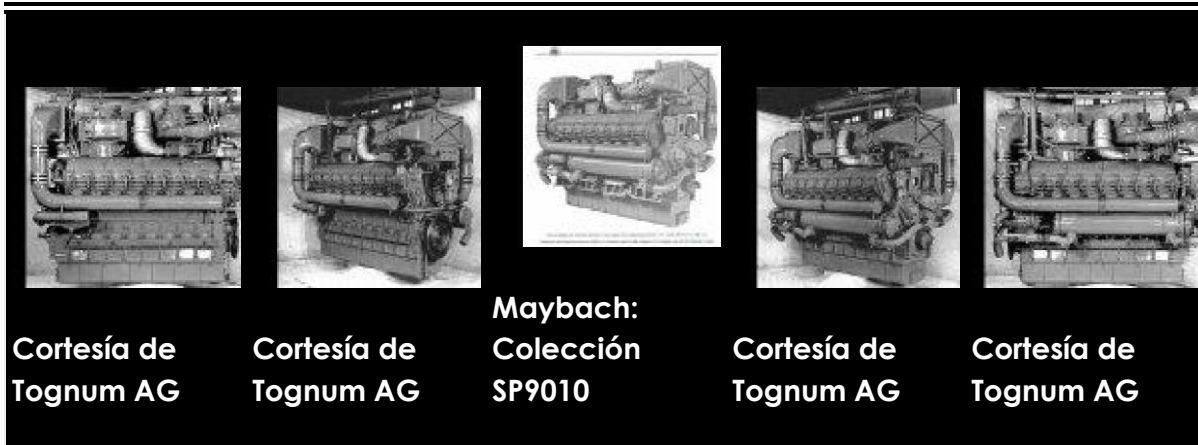
Hubo problemas inmediatos cuando los prototipos ML4000 Denver y Rio Grande de 1961 intentaron pasar a través del túnel Moffat de 6,2 millas de largo. A pesar del diseño de la carrocería que creaba un espacio libre detrás de la cabina elevada específicamente para permitir la libre respiración en los túneles, las tomas de aire simplemente estaban demasiado cerca del escape y las unidades de remolque ingerían un alto porcentaje de gases de escape en operaciones en túneles de baja velocidad. Los conductos se modificaron en los prototipos y en las unidades de la serie posteriores.

Las fotos muestran una culata dañada a la que le falta un inyector unitario en el centro y una entrada de "chimenea" externa que conducía el aire más frío desde más cerca del suelo: una modificación realizada en los seis prototipos (Rio Grande y SP) y trasladada al original. diseño de SP 9010 y hermanos.



La acción de las válvulas fue asistida por taqués hidráulicos debajo de los balancines.

Manivela de rodillos, pistones enfriados por aceite, seis válvulas por cilindro, turbocompresores gemelos, intercooler de aire de carga, precámara de combustión, DOHC. ¿Se trataba de un motor diésel de ferrocarril o de una fábrica de coches deportivos exóticos? Si ocultaras las cifras de desplazamiento, la descripción técnica podría estar describiendo un exótico europeo... incluso hoy.



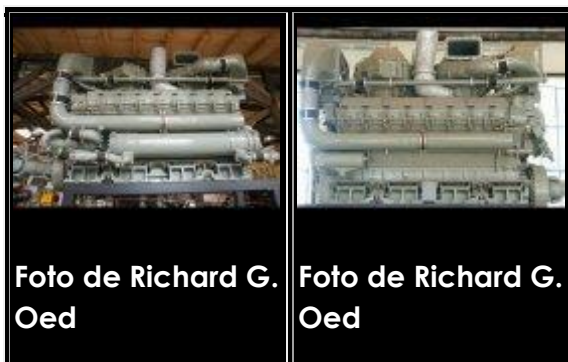
Uno de los problemas más importantes en el mantenimiento fue la configuración de la culata y el pistón. Aunque hay culatas de cilindros individuales y coronas de pistón de acero extraíbles, diseñadas para retirar y reemplazar piezas individuales defectuosas, los bancos de árboles de levas dobles son una sola pieza sobre cada banco de cilindros y deben retirarse antes de que se puedan quitar las culatas o los pistones y las camisas. atendido. Un técnico de taller podría retirar y reemplazar un conjunto de potencia EMD doméstico (un solo cilindro, en esencia) en unas pocas horas; Los Maybach requirieron más personal, mucho más tiempo y muchos más accesorios y herramientas especiales. Fue una comparación poco halagadora en el taller de SP que los Maybach, a pesar de su sofisticado diseño, no pudieron superar.

Aquí hay varios Maybach en Sacramento General Shops del SP, ubicados entre sus rivales nacionales contemporáneos y en espera de reconstrucción. Foto de Otto Baumgartner, un ex técnico de KM que vino a vivir a Roseville para atender las máquinas y ofrecer soporte técnico. Otto ha sido un recurso valioso en la restauración de 9010. (Ver [Un técnico de Roseville recuerda](#) ")



Es interesante notar que informes de primera mano de ex personal de Krauss-Maffei sugieren que Maybach estaba presionando al SP para crear una planta de reconstrucción dedicada a Maybach en algún lugar de Oakland. La respuesta de SP no está registrada o no está disponible en este momento.

Y para nuestros amigos en Europa que quieran ver un MD870 bellamente presentado: el "Lokwelt Freilassing" exhibe el tren motriz de un prototipo V160, con el motor MD870/1B, que es la versión "Bundesbahn" (así es el 'B' significa) del mismo motor empleado en el ML4000 C'C' para DRG&W, SP y CVRD.



Las versiones de la serie Maybach MD se han catalogado y vendido con potencias nominales que superan significativamente la potencia nominal de 2000 CV de las unidades gemelas del SP 9010. MTU Friedrichshafen, una división de Tognum AG, se convirtió en la sucesora de la operación Maybach Mercedes-Benz y todavía brinda soporte para el popular derivado de la serie MD, llamado 538 y catalogado hasta hace relativamente poco tiempo. (El MTU 538 que se muestra a continuación ofrece 2646 kW a 1900 RPM).

Los motores V-12 y V-16 de la serie MD se produjeron bajo licencia en Gran Bretaña y se utilizaron en locomotoras ferroviarias diésel-hidráulicas. (Ver "Primos") También han propulsado una diversa variedad de embarcaciones de la marina mercante y militar, incluido este dragaminas alemán clase Lindau de la era 1958-60, impulsado cuando se construyó con Maybachs gemelos V-16 MD871 con una potencia de 2000 HP.



La idea de que la Serie MD no era adecuada para un funcionamiento constante a alta velocidad es incorrecta; fueron diseñados, desarrollados y clasificados específicamente para tareas de alto estrés y altas RPM. Lo que causó las fallas en el SP fue una constelación de factores que incluían envoltentes operativas inconsistentes, atajos de mantenimiento experimentales y fallas de componentes por parte de empresas subcontratistas. Fallaron, pero el diseño básico del motor no era débil ni inadecuado para un alto rendimiento y, con el tiempo, sus índices de confiabilidad mejoraron.

Según el informe del ingeniero Mr. Ky Pruchniky aseguró también que la retirada de las ML 4000 y ML 9000 fue debido en parte al difícil mantenimiento de los Motores Diésel Alemanes teniendo dificultades en el acceso para su reparación y acceso piezas de repuestos. Este mismo ingeniero también aseguró que si estas locomotoras seguían circulando en la Southern Pacific era porque Mr. Paul Garin que era por entonces el impulsor del proyecto de haber introducido las locomotoras diésel de tecnología alemana, estaba continuamente favoreciendo su circulación. Poco más tarde este impulsor fue destituido de su cargo por la Southern Pacific y las locomotoras cada vez que iban a pasar una revisión o reparación fueron apartándolas en el depósito de Roseville (California) hasta que en febrero de 1968, Southern Pacific dio por terminado el programa de las diésel hidráulicas alemanas siendo retiradas definitivamente, como se ve poco más de 4 años de servicio activo.

Un observador contemporáneo afirma que el departamento de marketing de Mercedes-Benz fue un factor de persuasión clave para equipar las unidades estadounidenses con sus motores diésel de la serie MD; Normalmente, MAN y Sulzer también habrían sido considerados como proveedores de motores primarios para KM. Qué interesante podría haber sido ver que las unidades de la serie KM, como la SP 9010, funcionaran con un único Sulzer V-16, como se instaló algunos años más tarde en el cuarteto remanufacturado Morrison-Knudsen GE U25B de SP (el TE70-4S naranja y rojo). "Paletas de hielo"). Teniendo en cuenta el fracaso final de esas unidades MK Sulzer en servicio SP, el resultado con los KM propulsados por Sulzer podría no haber sido tan diferente al de los Maybach gemelos.

¡Consulte las páginas 'Progreso de la restauración' del SP 9010 para obtener actualizaciones sobre el estado y la rehabilitación continua de estos fascinantes motores!

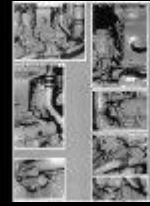
Un agradecimiento especial a nuestro amigo Manfred Duerr, un ingeniero de turbocompresores jubilado y especialista que trabajó en el programa ML4000 de EE. UU., y a sus amigos de Tognum AG por compartir generosamente sus archivos con nosotros.



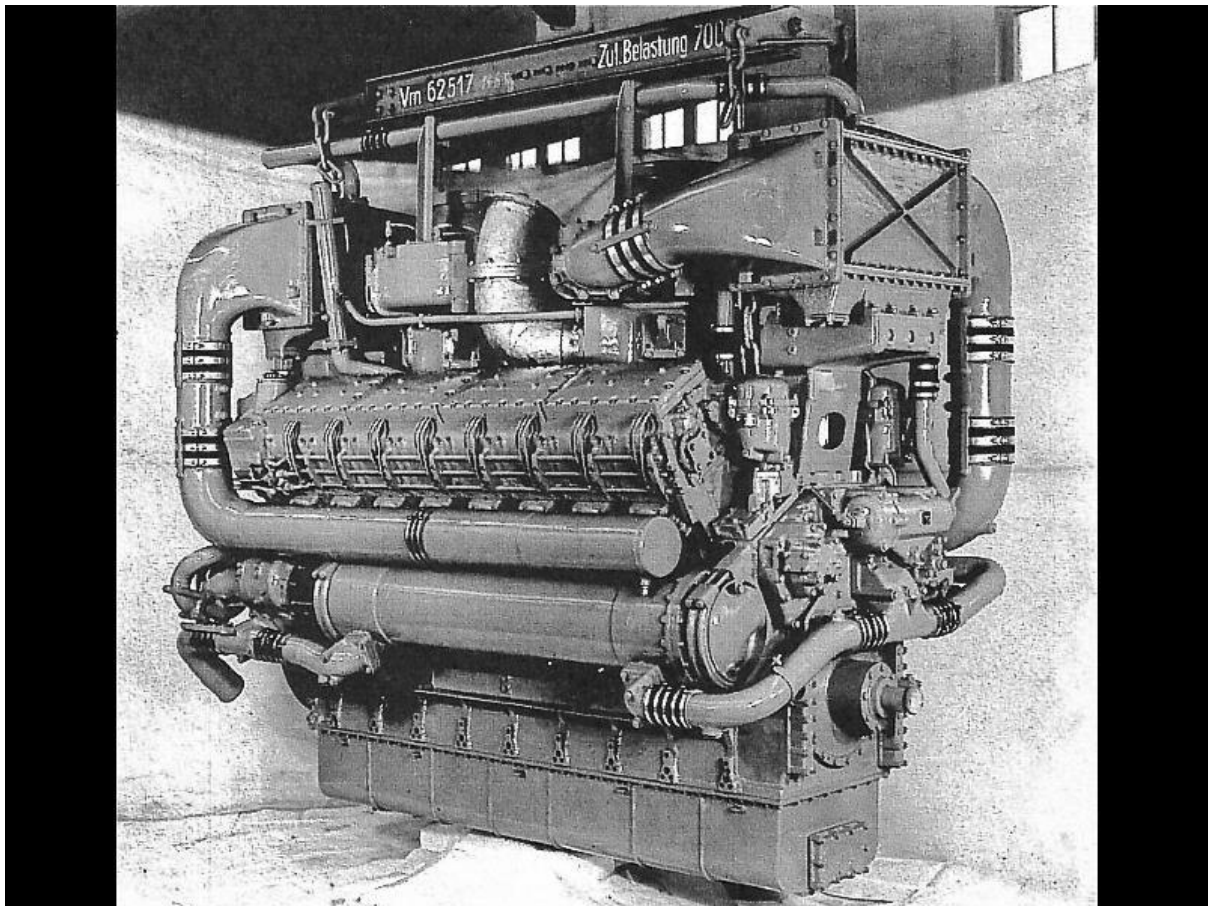
**Cortesía de
Tognum AG**



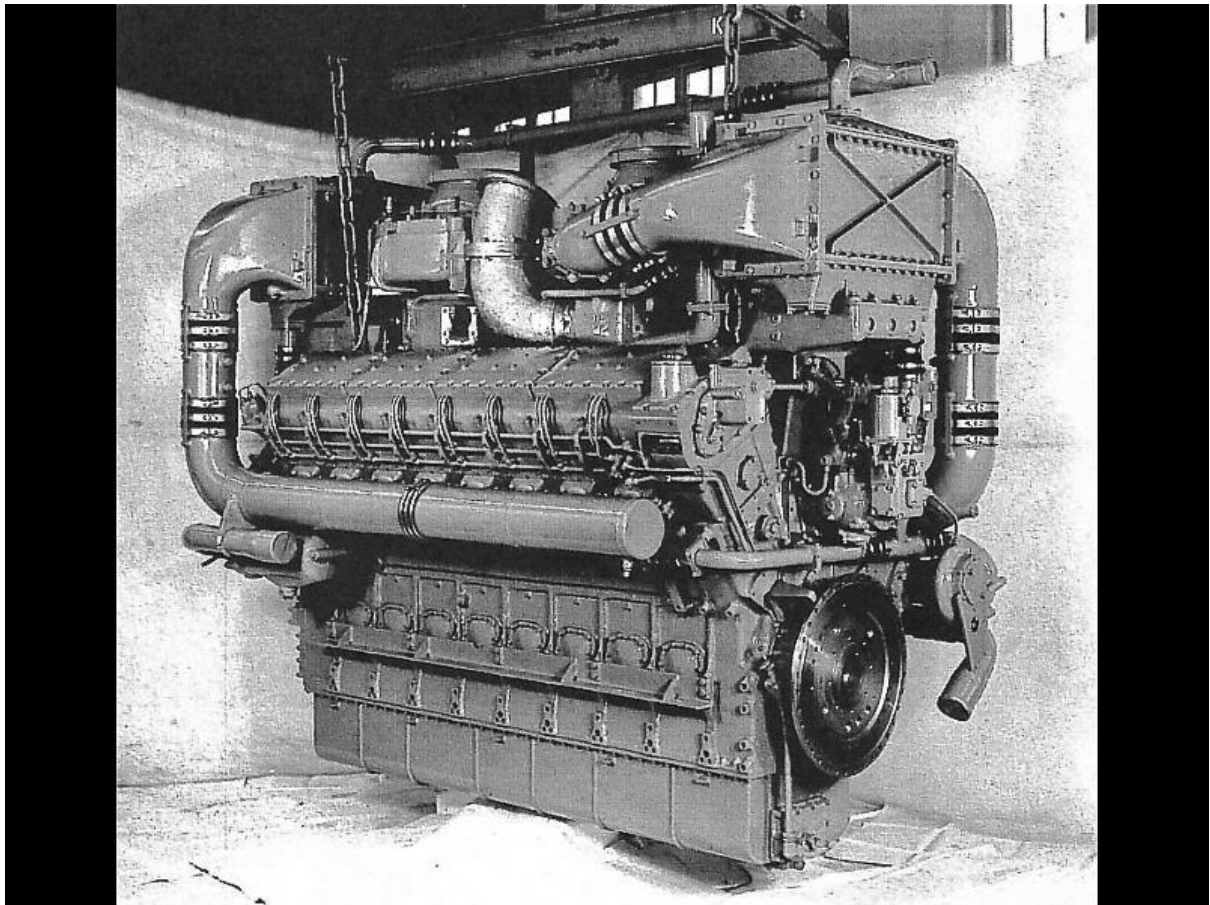
**Cortesía de
Tognum AG**



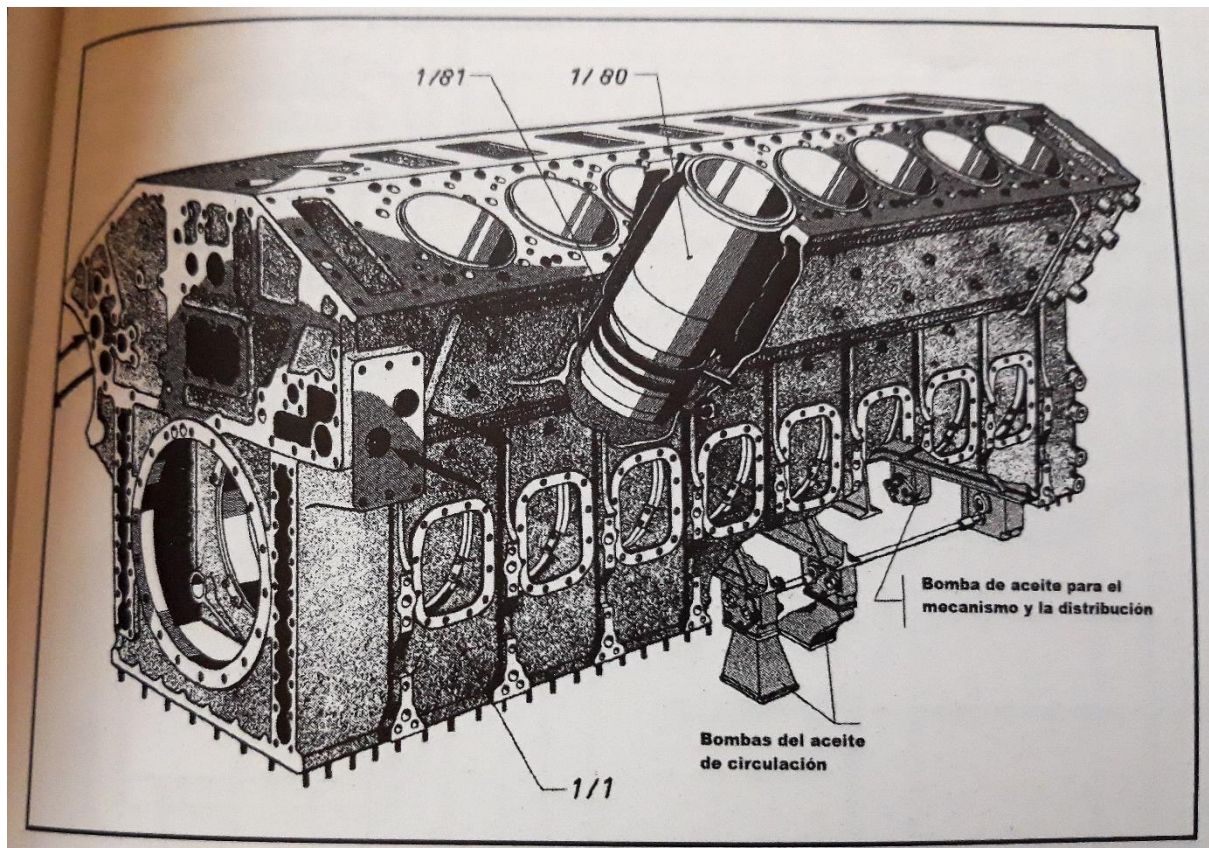
**Cortesía de
Tognum AG**



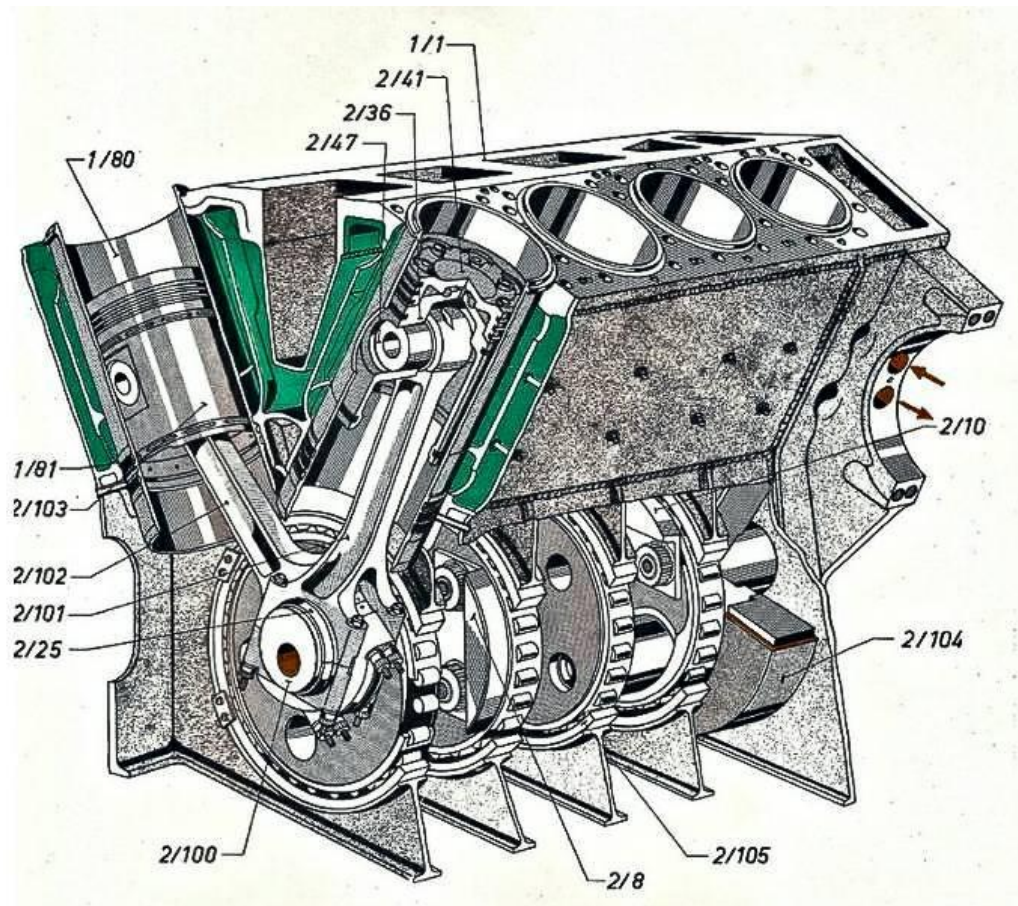
**-Vista general del Motor Diesel Maybach-Mercedes Benz MD 870/1. Cortesía de
Tognum Ag.**



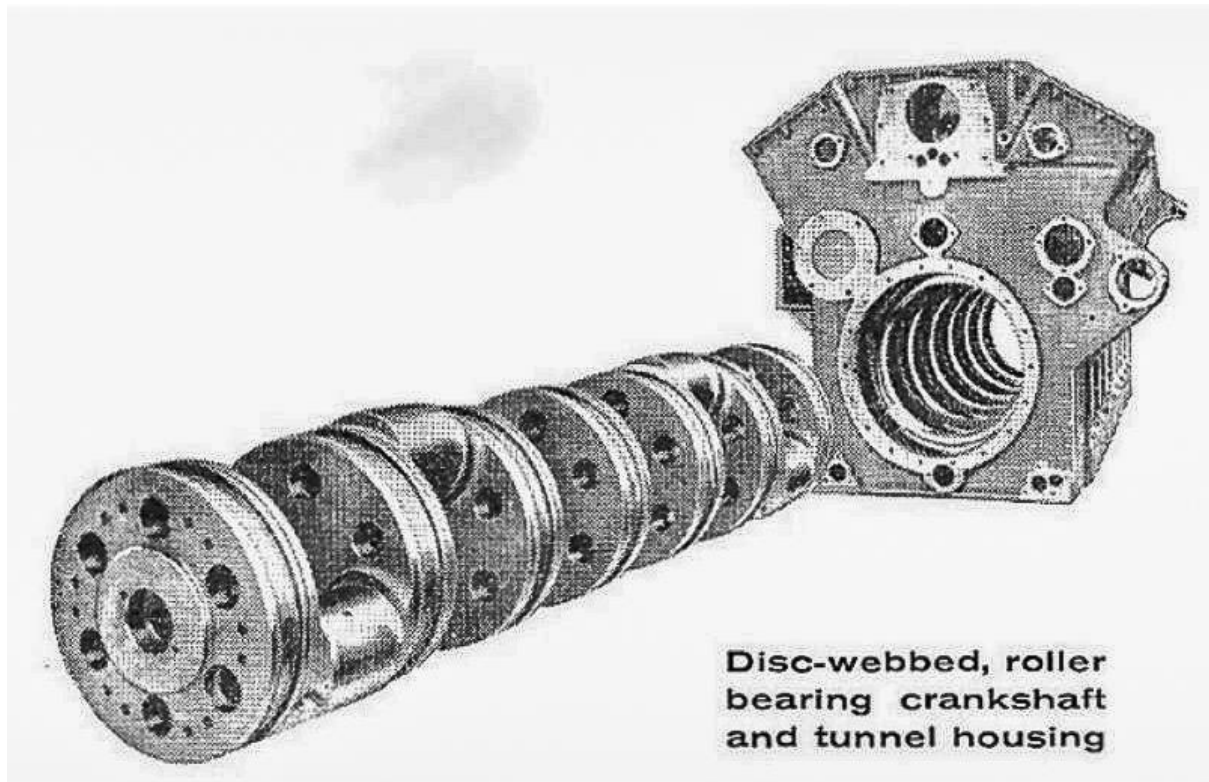
-El mismo Motor Diesel MD 870/1 visto desde el otro lado mostrándose la rueda de salida del cigüeñal que es el acoplamiento metal-goma tipo 1100 y 202. Cortesía de: Tognum Ag.



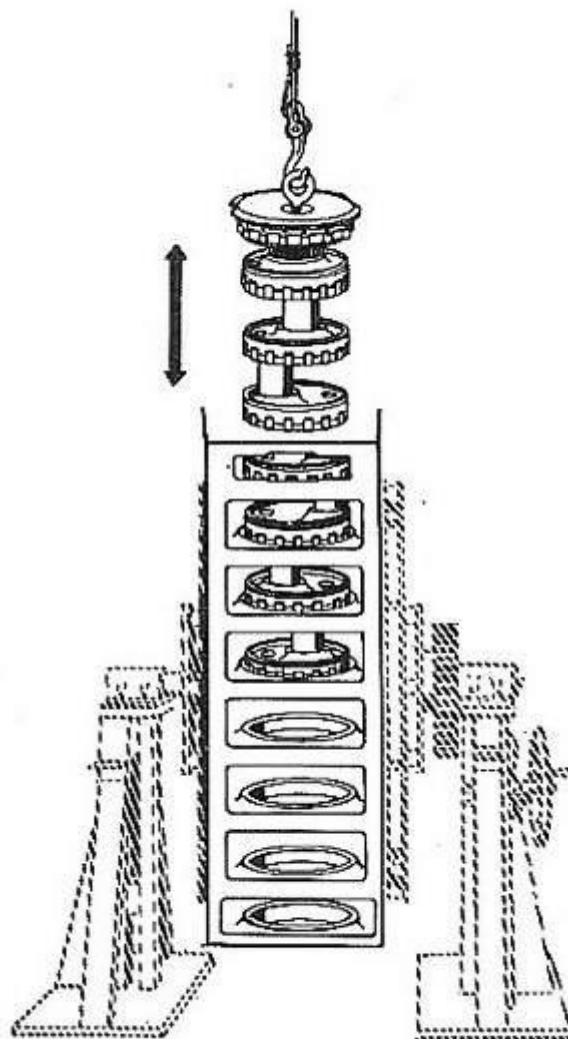
-Vista y dibujo del Bloque Motor Diesel MD 870/1 donde se ve los 8 huecos de los cilindros/pistones, las culatas y el agujero central donde va alojado el cigüeñal con rodamientos de discos. Documento: Krauss Maffei.



-Vista y dibujo interior parcial del Bloque Motor Diesel MD 870/1 donde se ve las culatas, escapes, distribución. También se ve los cilindros y pistones unidos al cigüeñal del motor que se mueve a base de rodamientos de discos. Todo exactamente enfrente unos de los otros y es todo simétrico en disposición V.



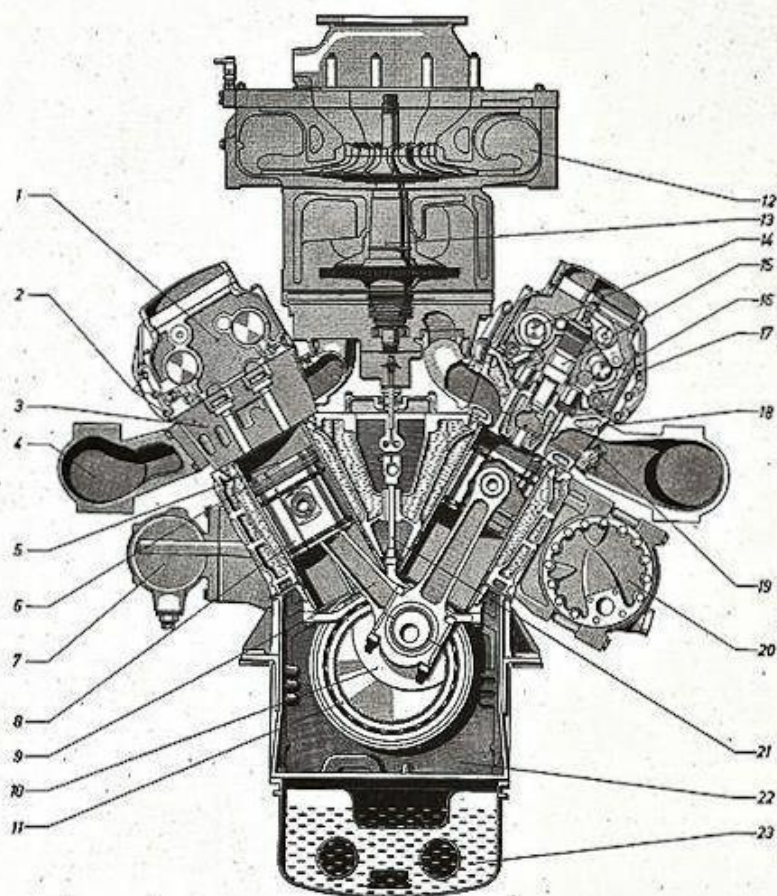
- Vista del bloque Motor Diésel MD 870/1 donde se el agujero largo circular donde va alojado el cigüeñal del motor. En primer plano el Cigüeñal con sus rodamientos.
Colección: Bristol-Siddeley/Maybach SP 9010.



-Vista y dibujo del largo cigüeñal con sus rodamientos y rodillos. Maybach.
Colección SP 9010.

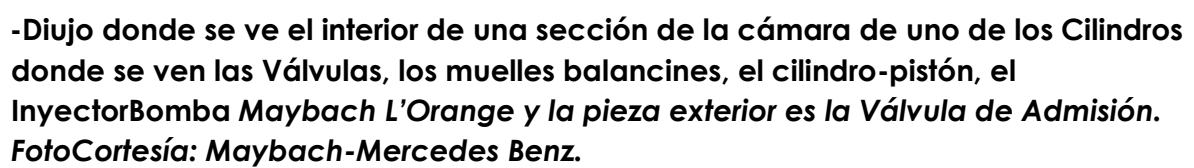


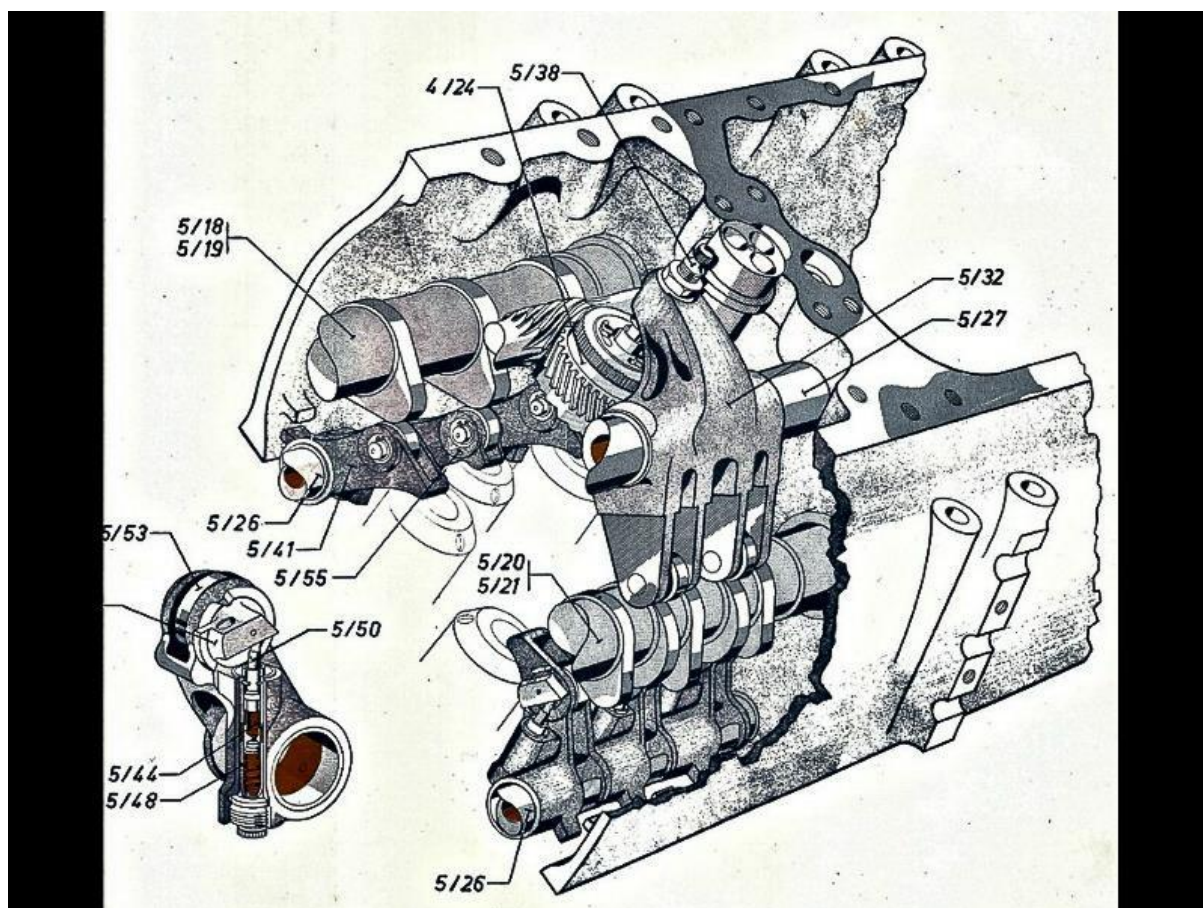
-Vista del bloque motor del MD 870/1 donde se ve el agujero donde va alojado el cigüeñal con rodamientos, el engranaje de la distribución en primer plano y de la bomba de agua.



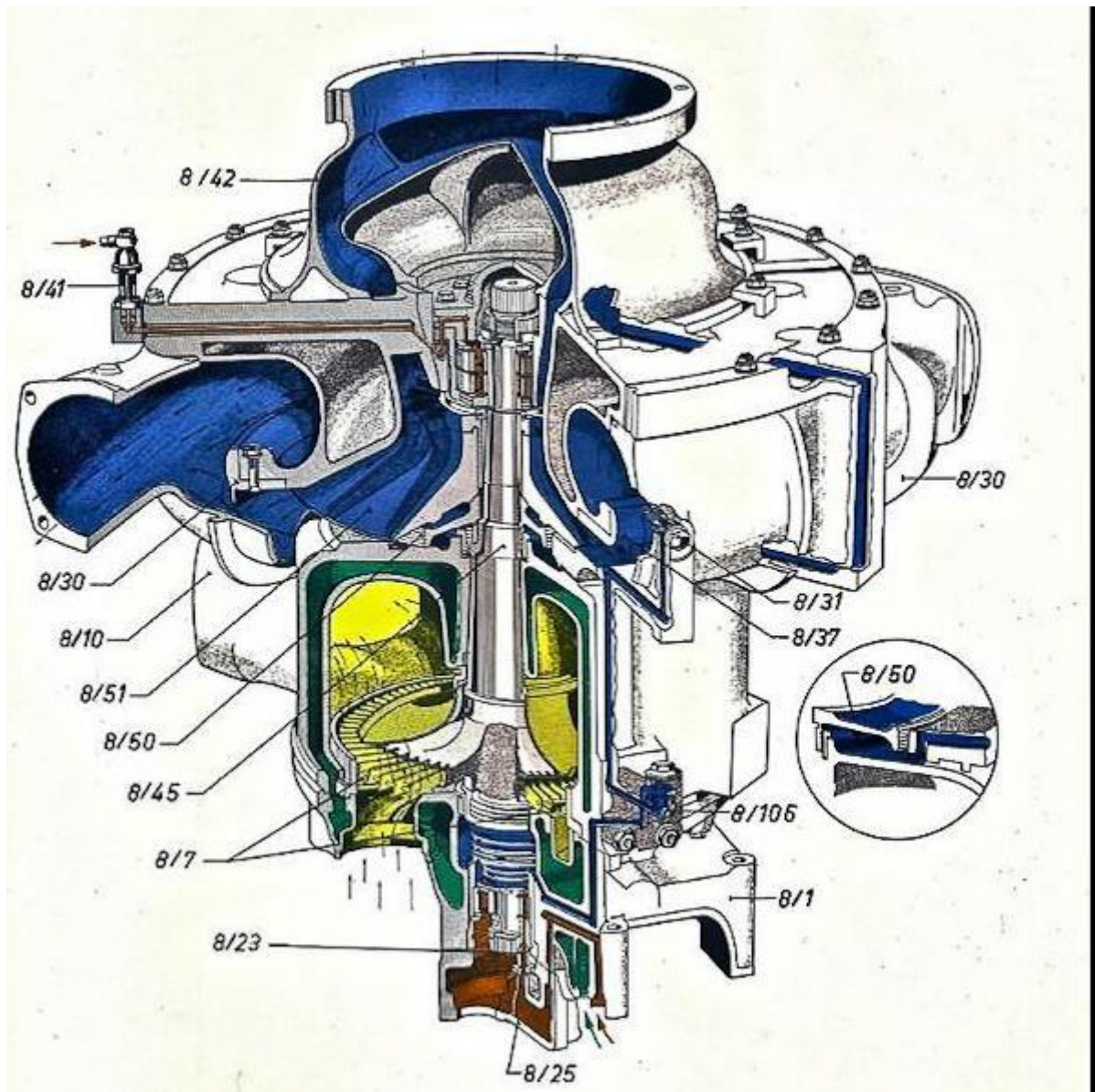
- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Cam and rocker housing (ohc) | 14. Exhaust camshaft |
| 2. Fuel pipes | 15. Unit injector (pump and injection nozzle) |
| 3. Cylinder head | 16. Inlet camshaft |
| 4. Charge air manifold | 17. Valve rocker arm (with hydr. clearance compensation) |
| 5. Cylinder liner | 18. Valve |
| 6. Piston crown (detachable) | 19. Cylinder test valve |
| 7. Coarse gap filter | 20. Oil heat exchanger |
| 8. Piston shaft | 21. Piston cooling oil pipe |
| 9. Connecting rod | 22. Crankcase |
| 10. Disc webbed crankshaft | 23. Oil sump |
| 11. Roller bearing | |
| 12. Exhaust gas turbocharger | |
| 13. Turbocharger rotor | |

-Sección transversal del Motor Diésel MD 870/1 con sus diferentes partes y elementos que la integran. Foto-Cortesía: Maybach-Mercedes Benz.

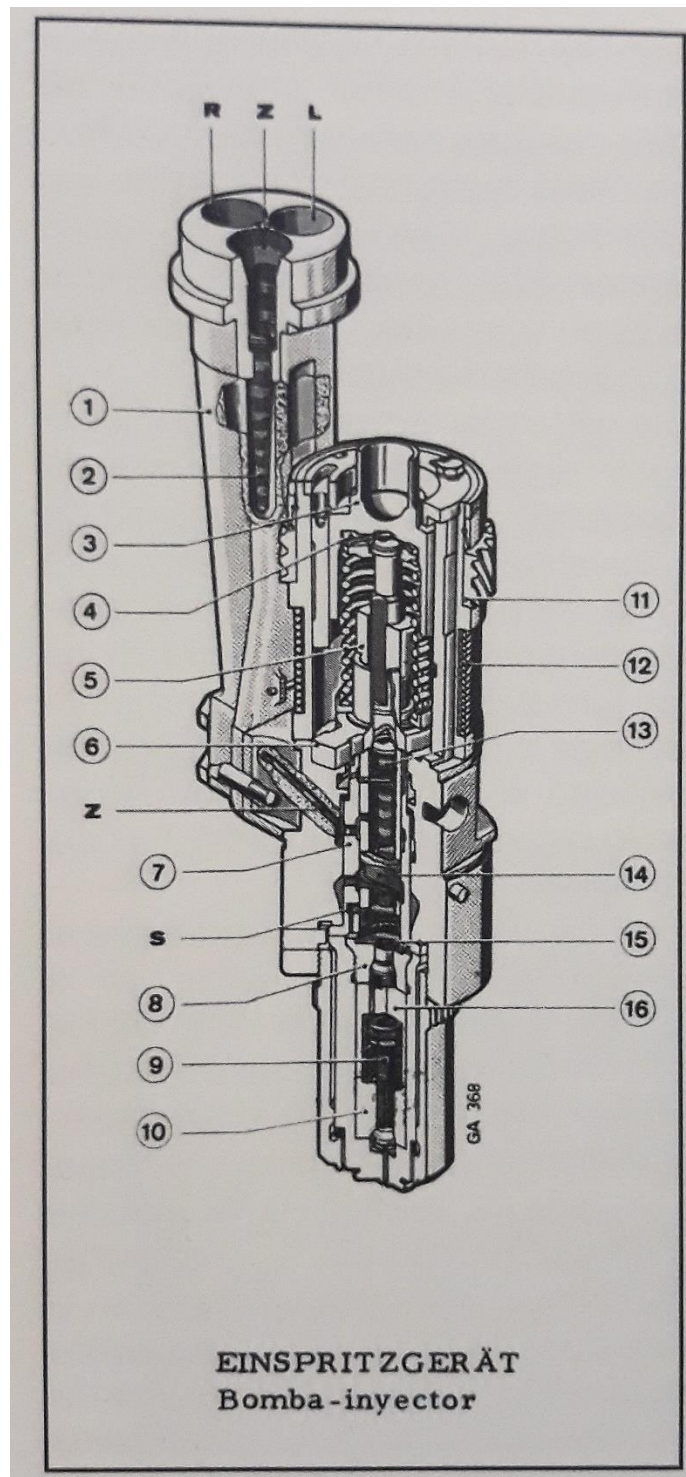




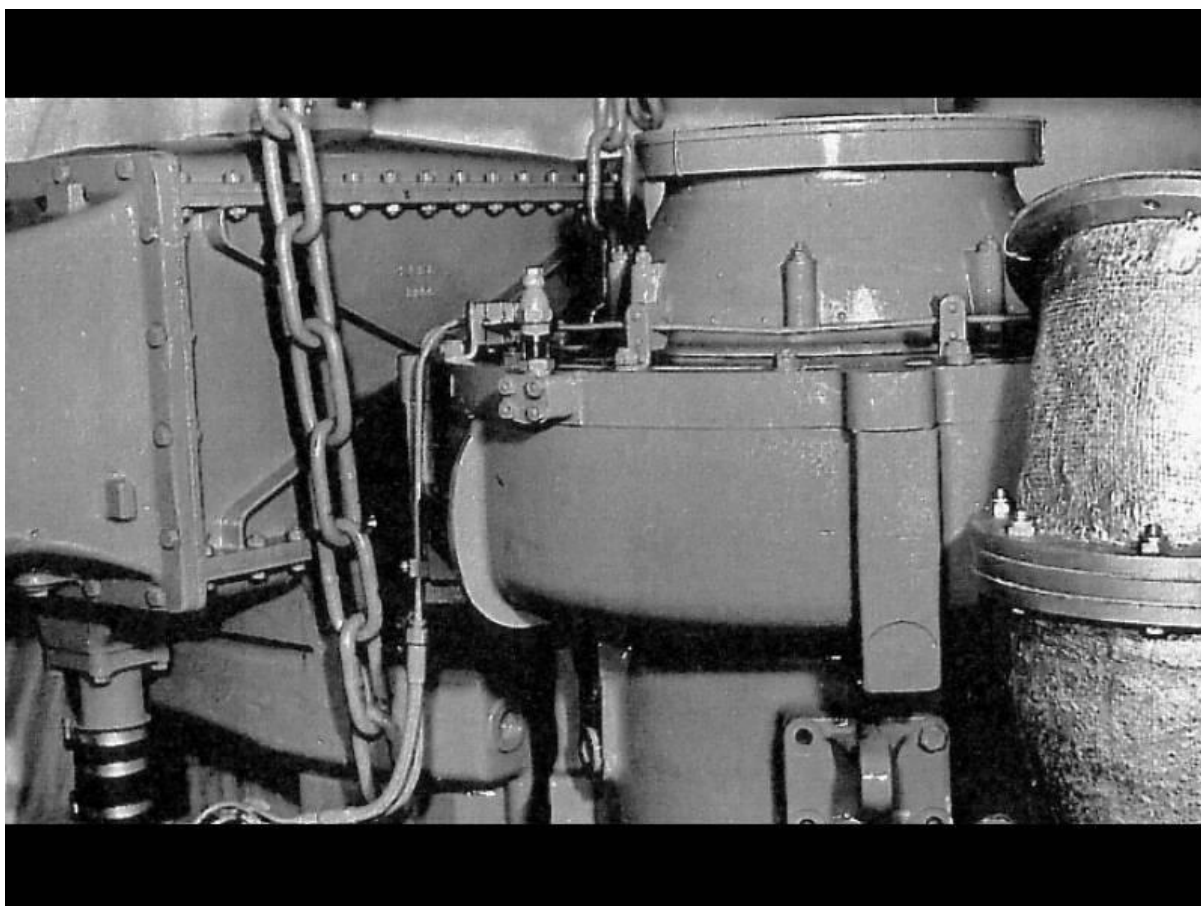
-Vista de una de las tapas abiertas donde se ve el interior de los Balancines e Inyectores del Motor Diésel MD 870/1.



-Vista del dibujo interior del Turbo Sobrealimentador AGL83/1 o AGL84 con sus diferentes partes y elementos que la integran. Foto-Cortesía: Maybach-Mercedes Benz.



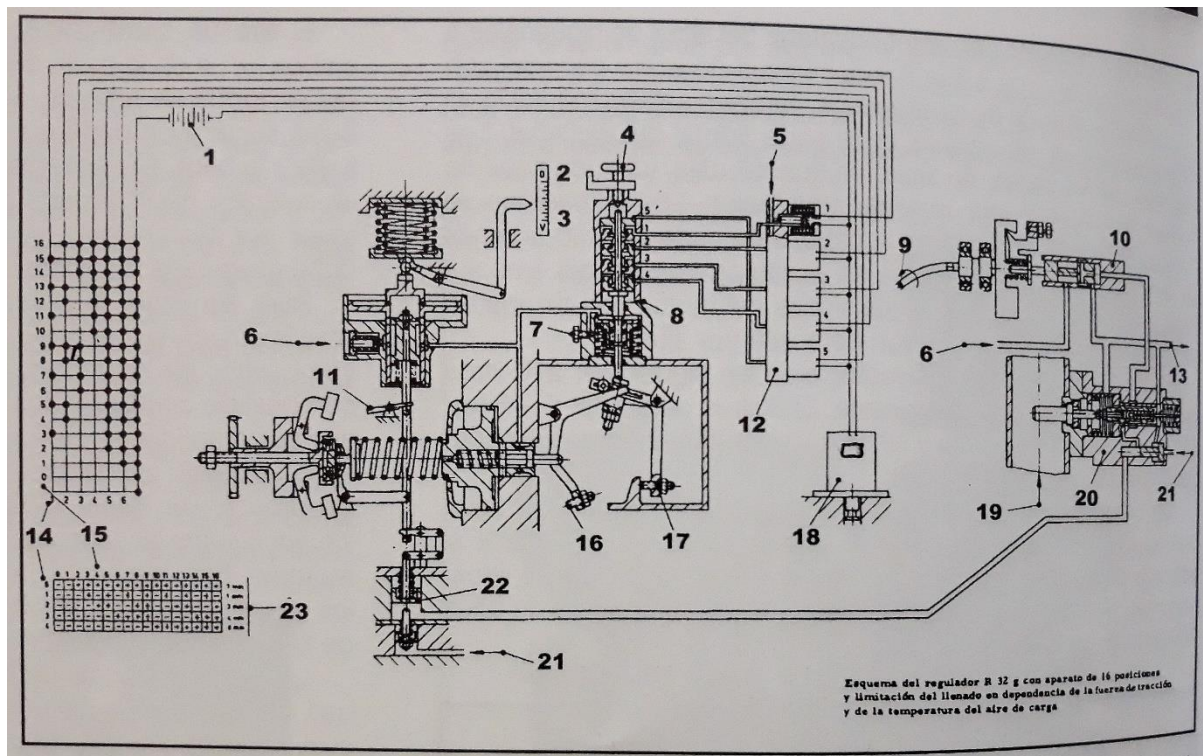
-Vista del dibujo del interior Inyector-Bomba Maybach L'Orange con sus diferentes partes y piezas. Foto-Cortesía: Maybach-Mercedes Benz.



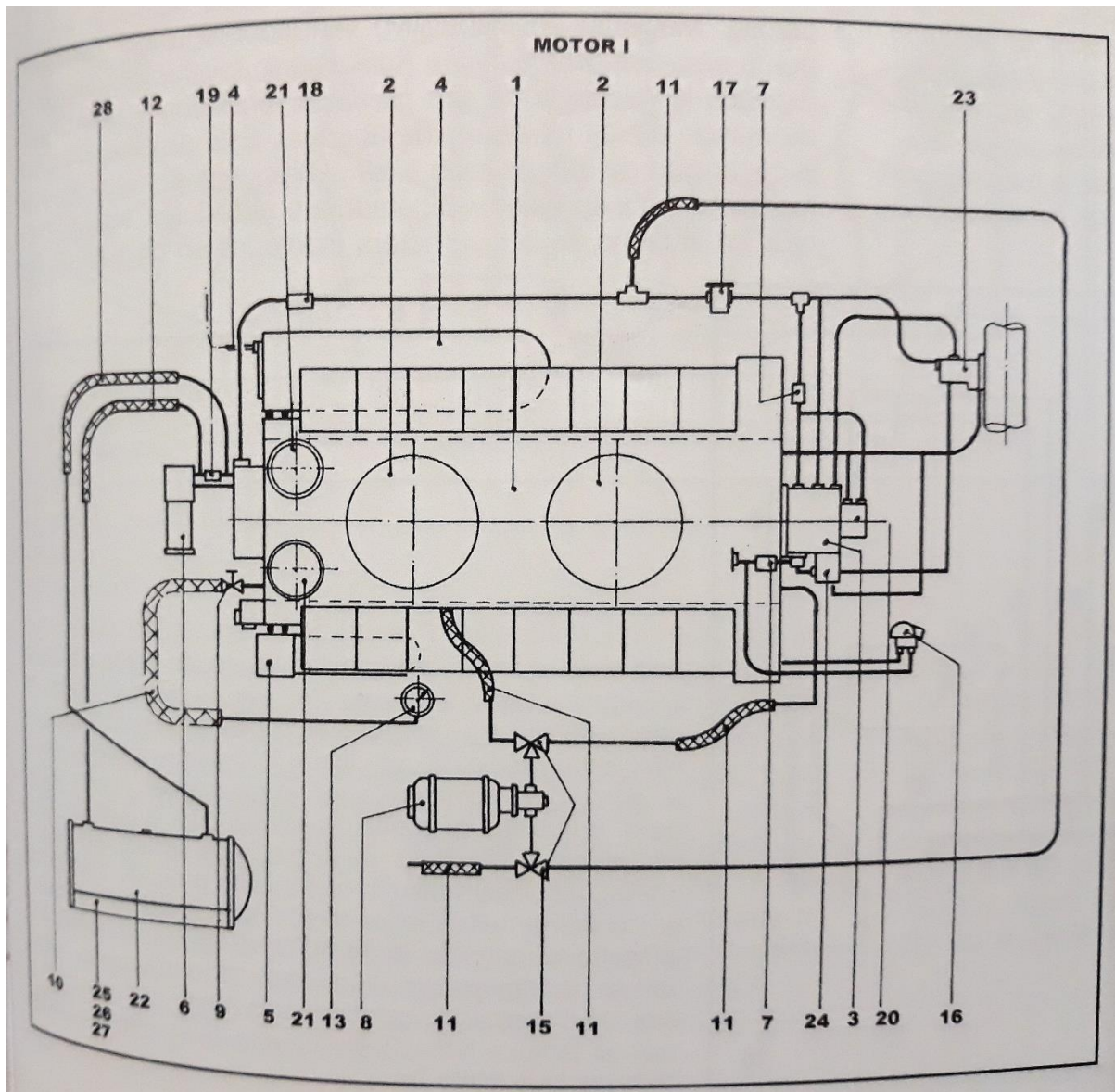
-Vista de parte del Turbo Sobrealimentador movido por los gases del escape AGL83/1 O AGL84. Foto-Cortesía: Maybach-Mercedes Benz.



-Placa de construcción del Turbo Sobrealimentador fabricado por Maybach-Mercedes Benz Motorenbau GmbH perteneciente a la Locomotora Diésel 340-020 Renfe (Ex. 4020).



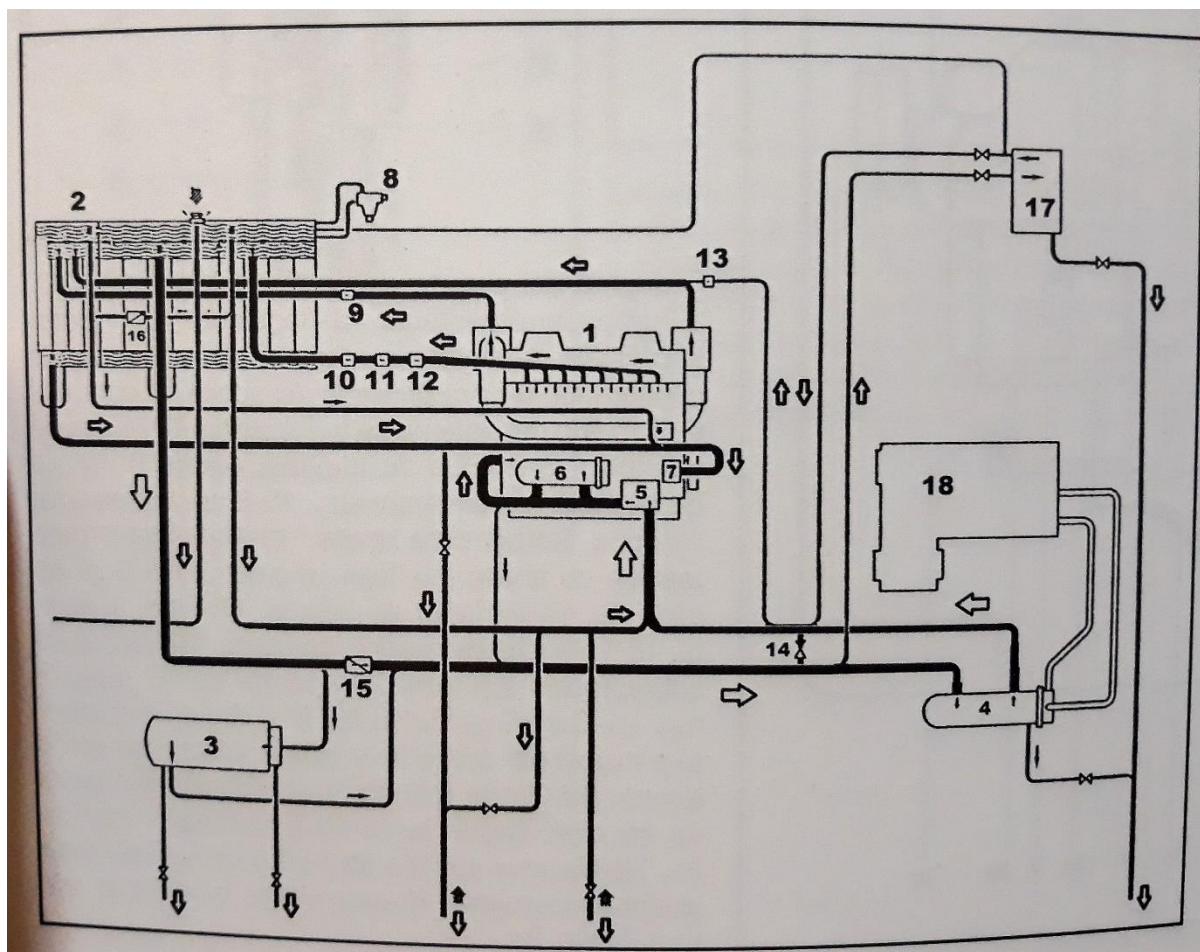
-Vista del esquema del Regulador R32g. Este regulador regulaba la cantidad de inyección. Este regulador controlaba el número de revoluciones del diésel y trabajaba según el principio de la fuerza centrífuga. Se controlaba mediante un aparato de 16 posiciones reguladas mediante un sistema neumático desde el puesto del maquinista. 1- Batería. 2- Parada. 3- Plena carga. 4- Accionamiento de urgencia o manual. 5- Aire del depósito de servicio. 6- Entrada del aire del mecanismo. 7- Ajuste de revoluciones. 8- Ventilación y aceite de fuga. 9-Árbol flexible de la transmisión. 10- Limitador de la fuerza de tracción. 11- Palanca de parada. 12- Bloque de válvula magnética. 13- Aceite de fuga. 14- Conexiones. 15- Posiciones de regulación. 16- Posiciones de regulación. 17- Tope de marcha de vacío. 18-Magneto de la válvula de llenado del convertidor. 19- Aire de carga. 20- Limitación de llenado según temperatura del aire de carga. 21- Aceite de la bomba previa. 22- Pistón de limitación. 23- Curso. Documento: Krauss Maffei.



-Esquema del Circuito de Lubricación del Motor Diésel MD 870/1. 1- Motor Diésel MD 870/1. 2- Turbo Sobrealimentador AGL83/1 O AGL84. 3- Regulador del motor tipo R329. 4- Intercambiador de calor para aceite refrigerador. 5-Filtro principal de aceite de engrase. 6- Filtro fino del sistema de transmisión. 7- Válvula de retención. 8- Bomba de engrase Perviu. 9- Válvula de retención para manómetro. 10- Empalme flexible. 11- Tubo flexible para aceite. 13- Manómetro para la presión del aceite de lubricación. (medido en Kgs/cm²). 14- Teletermómetro. 15- Grifo de triple vía. 16- Vigilador de presión. 17- Filtro de aceite. 18- válvula de sobrepresión de 3 atmosferas. 19- Válvula de sobrepresión. 20- Aparato de 16 posiciones. 21- Filtro en la corriente principal del aceite de engrase. 23- Limitación de la válvula de mando. 24- Limitador de fuerza de tracción, dependiente de la velocidad. 25, 26, 27 28- Aislamientos del filtro y tubos flexibles para aceite. Documento: Krauss Maffei.



**-Vista de Manómetro para la presión del aceite de lubricación del Motor Diésel MD 870/1 perteneciente a la Locomotora Diésel 340-020 de la Renfe (Ex. 4020).
25/10/2014, [Foto: Juan Sánchez Fernandez].**



-Esquema del Circuito del Agua de Refrigeración del Motor MD 870/1 y la Transmisión Hidromecánica Maybach Mekidro K-184-BT. 1- Motor Diésel MD 870/1. 2- Radiador Behr. 3- Aparato webasto. 4- Intercambiador de calor para el aceite de la caja de cambios. 5- Bomba de agua refrigerante del circuito principal. 6- Intercambiador para el aceite del motor. 7- Bomba de agua refrigerante del circuito secundario. 8- Aparato de control Honeywell para el nivel del agua refrigerante. 9- Regulador del ventilador del circuito secundario. 10- Regulador del ventilador del circuito principal. 11- Aparato de control de temperatura de 103°C. 12- Aparato de control de temperatura, arranque en frío 40°C. 13- Válvula de mezcla. 14- Válvula de sobrepresión de 0,3 Kg/cm². 15 y 16- Válvulas de retención. 17- Calefacción tipo klimator W2008. 18- Transmisión y caja de cambios hidromecánica K-184-BT.

Documento: Krauss Maffei.

-Maybach-Mercedes Benz MD870/1

Especificaciones:

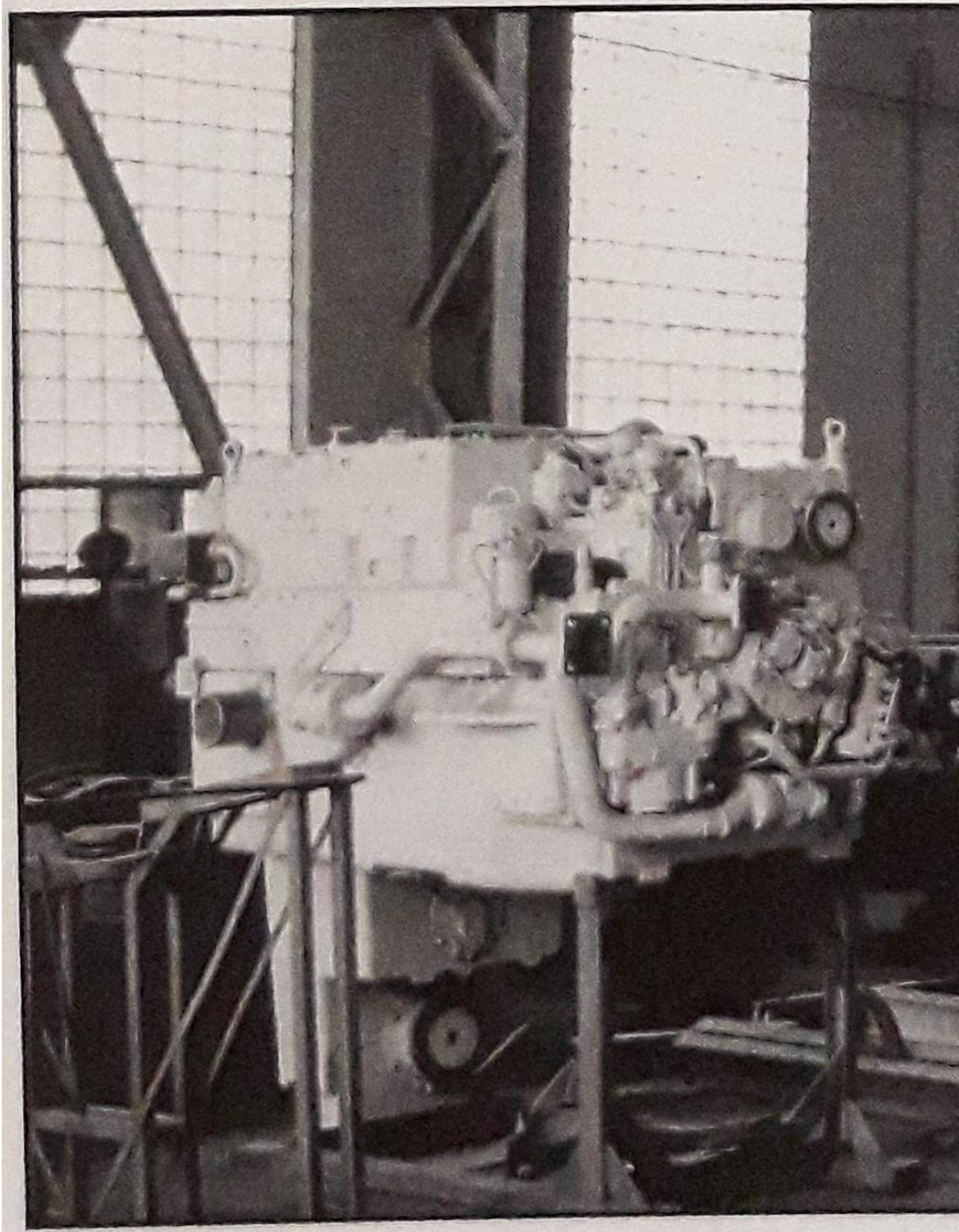
-Número de cilindros: 16 en V dispuestos a 60°.

-Número de Válvulas por Cilindro: 16.

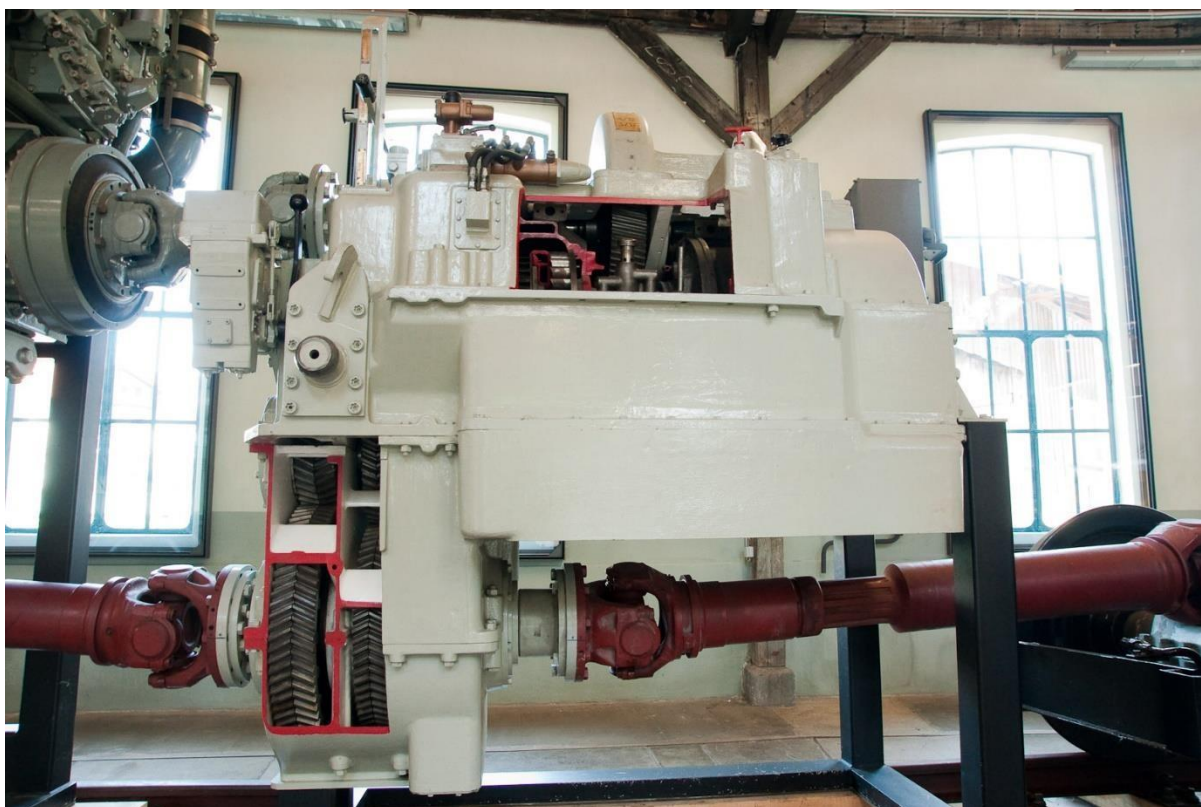
- Ciclo: 4 tiempos, simple efecto.
- Potencia máxima normal del Motor Diesel: 2.000 HP (2.027 CV-1.490 Kw) a 1.600 RPM.
- Potencia máxima del Motor Diesel con sobreesfuerzo en RPM: Entre + 5 y 10 %.
- Cilindros, diámetro x carrera: 185 mm. X 200 mm.
- Peso total del motor diésel MD 870/1: 6.480 Kg, (¿7.350 Kg?).
- Material de las Culatas de los Cilindros: Hierro fundido con precámara central con taladros acodados, atornillados en la precámara.
- Material de camisas de los cilindros: Aluminio exteriormente.
- Refrigeración de las camisas de los Cilindros: Agua.
- Refrigeración del Motor Diesel: Por bomba de agua a ruedas dentadas instalado en el motor diésel y accionada por el árbol de cigüeñales con capacidad de transporte de 25 litros/segundo.
- Revoluciones por minuto máximas sin carga del Motor Diesel: 1.740-1.800 RPM.
- Velocidad de ralentí con carga: 680 RPM.
- Velocidad de ralentí sin carga: 630 RPM.
- 16 cilindros: 1-8 izquierdo banco, 9-16 banco derecho
- Modelo Turbo Sobrealimentador: AGL83/1 o AGL84 en las locomotoras 340 de Renfe. (Componente necesario para aumentar la potencia del motor diésel a 2.027 CV).
- Accionamiento del Turbo Sobrealimentador: Movido por los gases de escape que acciona un compresor (soplante).
- Refrigeración de la caja de la turbina del Sobrealimentador: Agua.
- Situación de los Turbo Sobrealimentadores en el Motor Diesel: Sobre las tapas de cierre en la parte plana superior del motor diésel.
- Peso del Turbo Sobrealimentador: 290 Kg (modelo AGL84).
- Velocidad máxima de giro Turbo Sobrealimentador: 17.000 RPM.
- Rotación hacia el extremo trasero: en sentido antihorario.
- Método de reducción de los ruidos de gases de escape del Motor Diésel MD 870/1: Por Silenciadores unido al motor diésel mediante compensadores elásticos.
- Orden de disparo: 1-14-6-10-2-13-5-16-8-11-3-15-7-12-4-9.

- Modelo Bomba Inyectora de Inyección: Maybach L'Orange
- Regulación cantidad de inyección se realiza por el Regulador del Motor R32g que controla el número de revoluciones del motor diésel y trabaja según el principio de la fuerza centrífuga. Se controlaba mediante un aparato de 16 posiciones reguladas mediante un sistema neumático desde el pupitre del maquinista.
- Situación del Regulador R32g en el Motor Diésel MD 870/1: En la parte trasera del motor diésel.
- Accionamiento del Regulador R32g: Accionado por el árbol de cigüeñales a través de ruedas intermedias.
- Temperatura mínima funcionamiento Motor Diésel MD 870/1: 40°C.
- Temperatura Máxima Motor Diésel MD 870/1: 103°C.
- Inyección Sincronización: 10 grados BTDC.
- Relación de compresión: 16,2 a 1.
- Diámetro: 7,28 pulgadas (185 mm).
- Carrera: 7,89 pulgadas (200 mm).
- Desplazamiento por cilindro: 327,875 pies cúbicos. pulgada. (5,37 litros).
- Desplazamiento total: 5246 pies cúbicos. pulgada. (86 litros).
- Capacidad de agua refrigerante: 270 litros.
- Capacidad de Aceite: 373 litros.
- Consumo de Aceite: 2-3 kg/CV.
- Consumo de Combustible (valores medios): 173 kg/C.

-TRANSMISIÓN HIDRAMECÁNICA MAYBACH MEKIDRO K-184-BT.



-Vista de la Transmisión Hidromecánica Maybach Mekidro k-184-BT con 2 convertidores hidráulicos de par, 2 marchas mecánicas y 4 regímenes de marcha.



-Vista de Transmisión Hidromecánica Maybach Mekidro k-184-BT parcialmente desmontada donde se ve el convertidor de par y la parte mecánica por ruedas dentadas y acoplamientos de garras.

TRANSMISION HIDROMECHANICA MAYBACH-MEKIBRO

A continuación pasamos a describir someramente el funcionamiento de la transmisión hidroeléctrica y el freno dinámico principales características de esta potente locomotora.

Desde que en 1905 FOTTINGER inventara el convertidor de par hidrocínético y hasta 1933, fecha en la que se introdujo en Europa la transmisión hidráulica con convertidores, varios vehículos fueron equipados con este sistema: automotores de dos y cuatro ejes de los ferrocarriles austriacos y una locomotora de 1.400 CV de los ferrocarriles del Reich alemán. La difusión de la transmisión eléctrica

impidió un amplio desarrollo de la hidráulica, excepto en los ferrocarriles alemanes y durante una etapa de unos 40 años.

No obstante y a pesar de las abundantes variantes que existieron, el principio de funcionamiento es el mismo. El ejemplo típico de los ventiladores ayuda a su comprensión: si colocamos dos ventiladores uno enfrente de otro y ponemos uno a funcionar, la corriente de aire que genera hace mover las aspas del que está enfrente. Pues bien, la transmisión hidráulica consta de dos turbinas ubicadas dentro de un circuito cerrado de aceite que impulsa una bomba. La primera turbina se mueve

por el árbol -llamado primario- procedente del motor diesel y ésta transmite su fuerza a una segunda turbina, que se denomina segundo árbol o de salida a los ejes.

Las ventajas de este tipo de transmisión son:

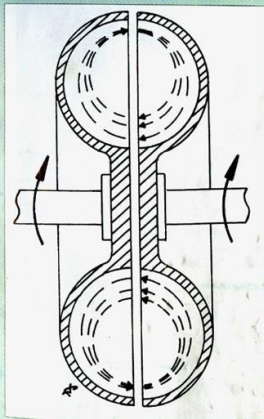
- Al ser el aceite el medio de transmisión de fuerzas no existe rozamiento entre los diferentes componentes del convertidor.
- El par motor se transmite continuamente y aísla al motor de las reacciones del tren.
- La velocidad del tren se ajusta a su carga sin pro-

blemas y a baja velocidad puede llegar a dar gran esfuerzo de tracción.

Esta transmisión se completa con una transición que consiste en una serie de engranajes con distintas relaciones que son acoplados desde el convertidor hidrocínético.

La transmisión hidromecánica MAYBACH-MEKIDRO modelo K-184BT que lleva esta locomotora, era idéntica a la instalada en la locomotora V-221 de la DB, que fue la predecesora de nuestra 4.000, y consta de dos convertidores de par con cuatro engranajes (dos para cada sentido de marcha) lo que permite cuatro marchas con

16 puntos de aceleración en el regulador principal, además de contar con un freno hidrodinámico para la retención del tren. Este tipo de freno es suplementario, análogo al eléctrico que



se utiliza en las locomotoras diesel-eléctricas.

El problema de la técnica de frenado se basa en el grado de eficacia de las zapatas empleadas mayoritariamente en los ferrocarriles, ya sea con freno de vacío o de aire comprimido. Actualmente están muy desarrollados los frenos de disco y también los materiales plásticos empleados en zapatas y pastillas. En el caso que nos ocupa, el frenado de la locomotora, a pesar de ser de aire comprimido, utilizaba las zapatas como elemento de fricción y el principio de frenado se basaba en la transformación de la energía cinética del tren, en la cual una parte muy importante es la velocidad, en calor.

La fórmula $E_c = m \cdot V^2$ donde E_c =Energía cinética, m =masa

del tren y V =velocidad del tren, da idea del esfuerzo que debe realizar el sistema de frenado. Su eficacia, en el caso de la fricción, depende de la eliminación correcta del calor que se genera en los componentes que frenan, pues si no fuera así, a la larga se producirían desgastes y roturas en estos elementos.

En éste límite del rendimiento de los frenos de fricción es donde entra el campo de aplicación de los frenos dinámicos, existiendo dos situaciones clave, una, la retención durante largos trayectos en pendiente y otra, el frenado de una velocidad elevada a otra mucho más reducida e incluso la detención del tren.

En la transmisión MAYBACH-MEKIDRO el frenado hidrodinámico lo efectúa un circuito es-

pecial de freno, accionado por el árbol secundario. Este circuito forma parte integrante de la transmisión, en donde los estatores -parte fija- están unidos a la caja de transmisión y los rotores -parte móvil- están unidos directamente a la salida de potencia, a través de un cambio de dos escalones.

Este cambio se puede mover durante la marcha, para hacerlo corresponder a las dos zonas de velocidades, inferior y superior, siendo la primera para las pendientes -sin interrupción hasta una velocidad aproximadamente igual al 72% de la máxima - y la segunda para la deceleración, pudiéndose utilizar en un margen que va del 35 a 100% de la velocidad máxima.

Manuel Galán Erusta

MAQUINARIA 2

LA TRANSMISION HIDRO-MECANICA MAYBACH MEKYDRO K-184-BT

DESCRIPCION

El elemento de transmisión con que van equipadas las locomotoras de la serie 340, es del tipo Maybach Mekydro K-184-BT, tratándose de un dispositivo mixto mecánico-hidráulico de cuatro marchas, lo que permite a dichas locomotoras alcanzar una velocidad máxima de 130 km/h.

Estas transmisiones están formadas por dos partes bien diferenciadas, una parte hidráulica y otra parte mecánica.

La parte hidráulica está formada por dos convertidores de par y un freno hidrodinámico juntamente con un cabezal de mando, que desarrolla secuencialmente todas las operaciones programadas, y por un equipo de bombas de aceite —con sus correspondientes filtros—, que originan los flujos de fuerza, lubricación y mando de los distintos órganos hidráulicos de dicho cabezal de mando.

La parte mecánica está compuesta por un conjunto de ruedas dentadas con cuatro acoplamientos de engranaje frontal, mediante los cuales se obtienen las dos velocidades mecánicas y los dos sentidos de marcha.

Los cambios de marcha son dirigidos mediante un regulador de masas centrífugas en función de la velocidad de la locomotora y de la posición del cabezal de mando, el cual

efectúa todos los procesos automáticamente en un corto espacio de tiempo.

El par motor desarrollado por el motor diesel, es transmitido a los dos convertidores C1 o C2 por el eje de entrada E y por el accionamiento multiplicador (1-2), según sea la marcha deseada. A continuación, el esfuerzo pasa directamente al tren de engranajes o a través del grupo reductor (3-4). Por medio de los anillos de garras G1 y G3, se obtienen las dos marchas mecánicas, y de la combinación de éstas con las dos marchas hidráulicas resultan las cuatro marchas de la transmisión; por otro lado, mediante los dos restantes anillos de garras G2 y G4, se efectúan las inversiones en la marcha.

La forma en que se efectúa la secuencia de los flujos de esfuerzos en los cambios es el que se muestra en el cuadro adjunto.

A diferencia de los anillos de garras G1 y G3, que pueden ser accionados con la locomotora en marcha, los otros dos anillos de garras G2 y G4, que efectúan la inversión del sentido de marcha, solamente pueden accionarse con la locomotora totalmente parada.

ACCIONAMIENTO DE LA TRANSMISION

Desde las cabinas de mando de las loco-

En el primer sentido de marcha es la siguiente:

Primera marcha (1-2)-(C1)-(3-4)-(G3)-(6-5)-(G2)-(7-8-9-10-11)

Segunda marcha (1-2)-(C2)-(3-4)-(G3)-(6-5)-(G2)-(7-8-9-10-11)

Tercera marcha (1-2)-(C1)- 3 -(G1)-5- -(G2)-(7-8-9-10-11)

Cuarta marcha (1-2)-(C2)- 3 -(G1)-5 -(G2)-(7-8-9-10-11)

En el otro sentido de marcha es como se puede ver seguidamente:

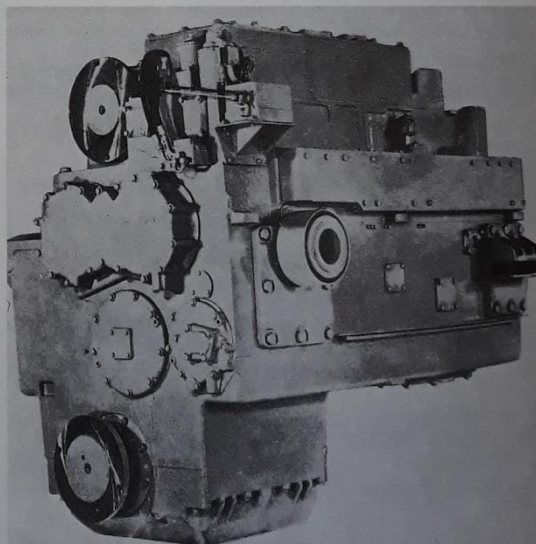
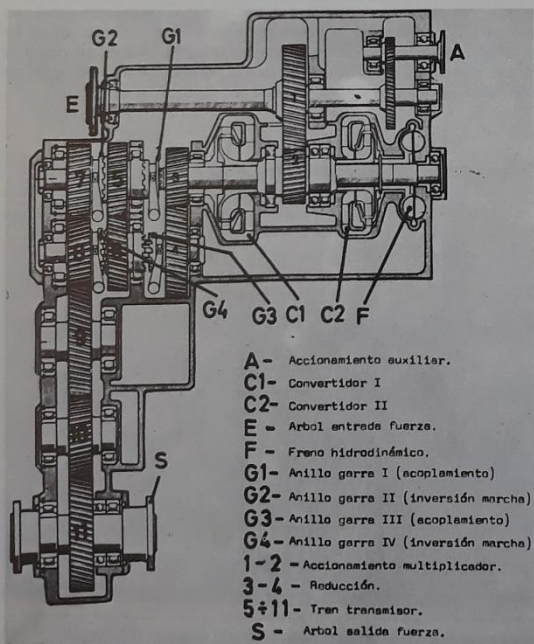
Primera marcha (1-2)-(C1)-(3-4)-(G3)-6 -(G4)-(8-9-10-11)

Segunda marcha (1-2)-(C2)-(3-4)-(G3)-6 -(G4)-(8-9-10-11)

Tercera marcha (1-2)-(C1)- 3 -(G1)-(5-6)-(G4)-(8-9-10-11)

Cuarta marcha (1-2)-(C2)- 3 -(G1)-(5-6)-(G4)-(8-9-10-11)

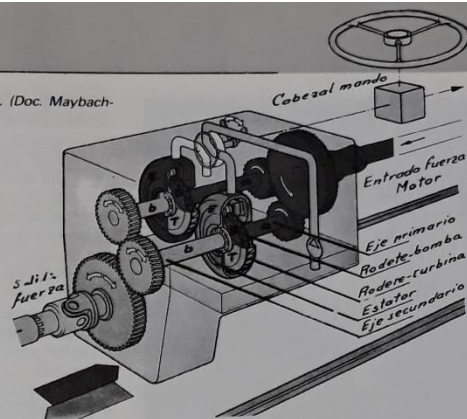
motoras, es controlado eléctricamente el funcionamiento de las transmisiones durante las maniobras de tracción, frenado y cambio del



Conjunto de una transmisión Maybach-Mekydro K-184-BT. (Doc. Maybach-Mekydro).

Detalle de la transmisión Maybach-Mekydro K-184-BT. (Doc. RENFE).

Sección de un convertidor de par. (Doc. Maybach-Mekydro).



sentido de marcha, para lo cual cada transmisión incorpora los siguientes dispositivos

1. Electroimán de arranque que controla el llenado de los circuitos del convertidor.
2. Electroimanes de inversión para seleccionar el sentido de la marcha.
3. Electroimán de frenado para el llenado del circuito de freno.

Una vez la locomotora está en marcha, el paso de una velocidad a otra es efectuado automáticamente por medio del regulador de velocidad. De este modo, en el momento en que la locomotora alcanza la velocidad de cambio del otro convertidor, a través del regulador, queda liberada una presión que será la que originará el proceso de cambio en el cabezal de mando.

Durante los procesos de mecánicos cambios, el freno hidrodinámico se llena parcialmente, creando un momento de frenado que se opone al momento del convertidor, consiguiéndose de esta forma la sincronización de los anillos de garras de las marchas mecánicas.

En el primer escalón del regulador se llena únicamente el convertidor correspondiente a una de las transmisiones (para facilitar las maniobras), llenándose el convertidor de la segunda transmisión en el segundo escalón del regulador de tracción.

DESCRIPCION DEL CONVERTIDOR DE PAR

Siendo este elemento el más importante en este tipo de transmisiones, se ha creído interesante dar una idea tanto de su construcción como de los principios de la hidrodinámica en la cual basa su funcionamiento. Los convertidores, actuando entre el motor diesel (productor de la energía) y la transmisión mecánica, consiguen que el esfuerzo sea transmitido suavemente y sin choques, mediante la inercia del aceite mineral. Dicho líquido es acelerado en la parte receptora del esfuerzo mediante una bomba centrífuga,

perdiendo dicha velocidad en la parte que hace de turbina.

Junto con la transmisión de potencia, los convertidores también tienen la función de desembragar al motor, de la transmisión mecánica, mediante el vaciado de los convertidores; así, sólo estando llenos los convertidores logran transmitir el par motor hacia la transmisión.

Los convertidores de par hidrodinámicos están compuestos por:

- Un rodete-bomba B, solidario con el eje «primario», que tiene como misión acelerar el fluido de accionamiento.
- Un rodete-turbina T, solidario al eje «secundario», que desvía la corriente de aceite con más o menos inclinación según sean las revoluciones.
- Un estátor de reacción E, solidario a la caja envolvente del convertidor, que hace de acumulador de potencia (ver la figura).

Todos estos elementos van provistos de una serie de aletas dispuestas radialmente y con forma alabeada mediante las cuales se efectúa la transmisión como puede verse en dicha figura. Este proceso que se acaba de explicar produce en el eje de salida un par variable, sin ningún tipo de escalonamiento y con las revoluciones adecuadas para la marcha. En el momento que los álabes del rodete T están inmóviles, el par inducido es máximo y disminuye al aumentar las revoluciones.

El sentido de giro de los rodets-bomba es siempre el mismo, siendo la secuencia del flujo de esfuerzos tal como se explica a continuación:

Con el motor parado, el eje-piñón (a) está inmóvil; cuando el motor lo acciona, el rodete-bomba es accionado al doble de las revoluciones del motor, lo que provoca que, progresivamente y por la reacción del estátor fijo E, el fluido arrastre al rodete-turbina T. Al aumentar la velocidad de marcha de la locomotora, el rodete B gira más rápidamente, consiguiéndose de este modo las condiciones precisas para ceder a poca velocidad de giro un par motor mayor.

Hay que destacar finalmente, que este tipo de transmisiones funcionan sin ningún tipo de escalonamiento a lo largo de toda la gama de velocidades, lo que les permite transmitir una aceleración rápida y uniforme, con un par de arranque transmitido de forma suave y sin sacudidas, siendo insensible a las sobrecargas y con posibilidad de trabajar a bajas velocidades. Las pérdidas térmicas resultantes de las fricciones ocurridas en el interior de los convertidores, serán evacuadas a través del aceite de la transmisión al agua del refrigerador.

DESCRIPCION DEL FRENO HIDRODINAMICO

Este elemento se compone de una carcasa-rotor solidaria al eje secundario y de una armadura-estátor solidaria con la caja de la transmisión. Entre ambas carcasas se forma una cámara anular hueca, la cual a su vez está dividida en compartimentos radiales. En el momento que el freno está funcionando, la corriente de aceite circula por dicha cámara anular y su movimiento turbulento produce la resistencia de frenado.

Una parte de la corriente de aceite es desviada por el canal anular al refrigerador y de vuelta posteriormente al freno, formándose de este modo un circuito cerrado que se automantiene debido al efecto de bombeo producido por el rotor; esto sirve para eliminar el calor producido por la energía cinética disipada en el freno. Como es obvio, durante el frenado hidrodinámico los convertidores C1 y C2 permanecerán vacíos.

Mediante el accionamiento del grupo reductor (3-4) del mecanismo, se obtienen dos gamas de frenado:

Gama 1 — Para todas las velocidades hasta 65 km/h.

Flujo de esfuerzo: Salida - Tren (11 a 7)-(G2)-(5-6)-(G3)-(4-3)-Freno.

Gama 2 — Para las velocidades superiores a 65 km/h.

Flujo de esfuerzo: Salida - Tren (11-7)-(G2)-(5)-(G1)-(3)-Freno.

Con la locomotora en servicio, el freno está controlado automáticamente. Si durante el frenado la locomotora sobrepasara los 65 km/h., se cambia a la segunda gama de frenado, y con velocidades inferiores a los 52 km/h. pasa a la primera gama de frenado.

Por otro lado existe un regulador de presiones combinadas, que permite siete escalonamientos de frenado en cada gama de velocidades, para impedir que nunca pueda sobrepasarse la potencia continua de frenado de 815 CV por transmisión. Durante la marcha con el frenado hidrodinámico, el motor diesel es acelerado hasta el quinto escalón del regulador.

- LAS TRANSMISIONES:

La transmisión *Maybach-Mekydro* tipo K184BT es una transmisión mixta mecánico-hidráulica de cuatro marchas. Consiste en dos partes, una *hidráulica* con dos convertidores de par y el freno hidrodinámico junto un cabezal de mando que desarrolla la secuencia de velocidades. La otra parte del sistema, del tipo mecánico, se compone de ruedas dentadas y acoplamiento de garras (sistema de anillos de *garras de repulsión* Maybach) para el cambio de inversión de marcha y para el cambio de grupos (que facilita los escalonamientos de cambio durante el viaje).

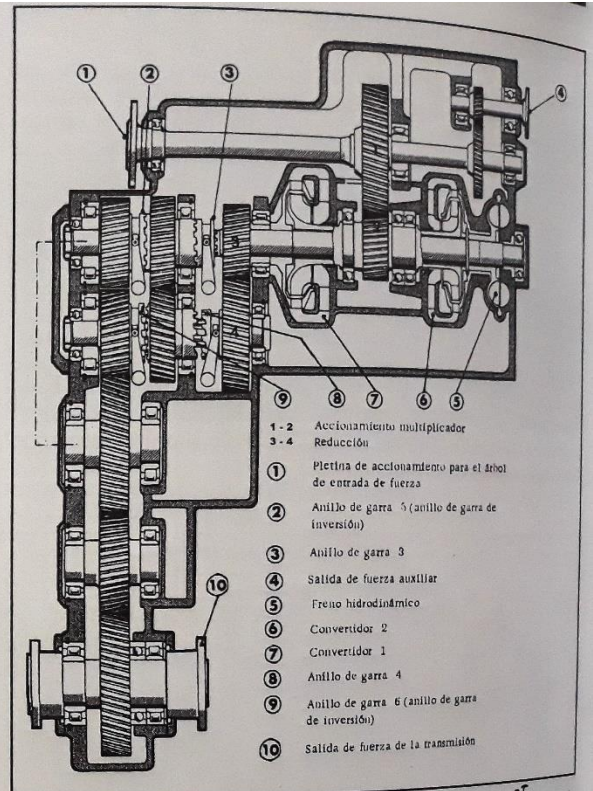
A)- Parte hidráulica.

1- Dos convertidores de par, constituidos cada uno por:

- Elemento impulsor (rotor formado por un rodete con paletas o álabes) que es accionado por el motor diésel,
- Elemento impulsado (turbina) que está conectada a dos ejes motores por medio de engranajes donde intervienen otros elementos (anillos de garras y árboles Cardan).
- Elemento fijo (estator) constituido por paletas fijas (álabes directores).

2- Freno hidrodinámico, constituido por una carcasa que gira con la parte secundaria de la transmisión (rotor) y de una armadura (estator) unida con la caja de transmisión. Entre el rotor y el estator, cuando no actúa se encuentra hueca y cuando actúa el freno, se llena de aceite hidráulico. Durante su funcionamiento, los dos convertidores de par están vacíos (sin aceite hidráulico). El freno hidrodinámico también tiene la misión sincronizar los anillos de garra para su acoplamiento.

Todos estos elementos, situados en el interior de un carter fijo junto los ejes de los árboles de entrada desde el motor diésel (árboles Cardan Maybach MGW-600), un árbol para mover los elementos auxiliares y el árbol de accionamiento que acciona los engranajes del cambio de marchas. Los dos convertidores de par además de la transmisión de potencia, también efectúan la función de desembrague, mediante el vaciado del aceite del convertidor. Este aceite de transmisión, se utiliza para transmitir



Esquema y corte transversal de la transmisión Mekydro K184 que equipaban las ML4000B'B' de Renfe. Documento: Krauss-Maffei, modificado por Lluís Prieto Tur.

la potencia del motor, y por lo tanto, se calienta por rozamiento y por el choque con los álabes, siendo necesario el circuito de refrigeración, que es el mismo circuito principal que también refrigera el motor diésel.

B)- Parte mecánica.

Constituida por las ruedas dentadas de los engranajes y los anillos de acoplamiento de garras. Estos anillos se colocan uno contra otro por medio de un pistón accionado por presión de aceite y una palanca de horquilla.

C)- Elementos auxiliares, accionamiento y control.

- Bomba de llenado: abastece de aceite los convertidores y el freno hidrodinámico. Es accionado desde el eje primario de la transmisión.

- Bomba de presión y aspiración: transporta aceite al circuito de lubricación de la transmisión.

- Regulador centrífugo que regula la entrada del mando hidráulico.

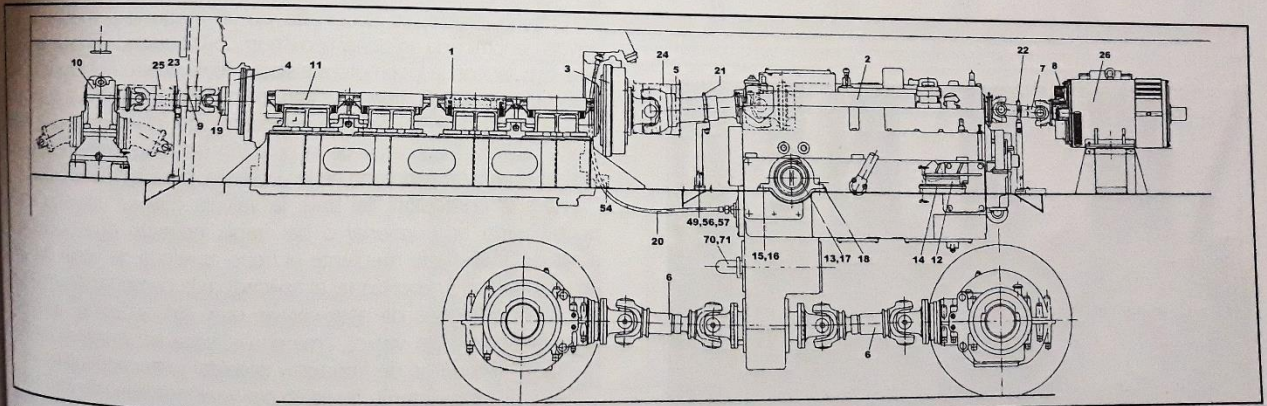
- Electroimanes de control de la inversión, de arranque, del freno hidrodinámico y aparato de posiciones para la regulación

de los 16 escalones de marcha (accionamientos automáticos o manuales desde la cabina de mando).

- Aparatos de control: testigos de presión y temperatura del aceite de la transmisión y del freno hidrodinámico.

Los cambios de marcha son dirigidos mediante un regulador de masas centrífugas en función de la velocidad de la locomotora y de la posición del cabezal de mando.

El par motor desarrollado por el motor diésel se transmite a los dos convertidores 6 o 7 (ver esquema adjunto) por el eje de entrada 1 y por el accionamiento multiplicador 1-2, según sea la marcha deseada. A continuación, el esfuerzo pasa directamente al tren de engranajes a través del grupo reductor 3-4. Por medio de los anillos de garras 3 u 8, se obtienen las dos marchas mecánicas, y de la combinación de éstas con las dos marchas hidráulicas se obtienen las cuatro marchas de la locomotora. Los otros dos anillos de garras 2 y 9 sirven para efectuar la inversión de la marcha.



Disposición de los elementos de la transmisión, conexiones con el motor diésel, ejes, bomba hidrostática y dinamo/motor de arranque. 1-Motor diésel MD870. 2-Transmisión K184BT. 3-Acoplamiento-embrague de metal-goma tipo 1100. 4, 8- Acoplamiento-embrague de metal-goma tipo 202. 5-Acoplamiento articulado 367/6/1/2. 6-Acoplamiento articulado MGW-600. 7-Acoplamiento articulado 387/4/S. 9-Arbol articulado 387/3. 10-Engranaje intermedio. 11-Asiento elástico del motor. 12-Carril de goma-metal. 13-Silent-bloc. 14-Apoyo de ajuste. 15-Caballette para asiento fijo. 16-Caballette para asiento móvil. 17-Anillo de seguro. 18-Listón de tope. 19-Brida intermedia. 20-Arbol flexible para la limitación de la fuerza de tracción. 21, 22, 23-Estrbo de sujeción, 24, 25-Protección de árbol Cardan. 26-Dynastarter. 70-Emissor de impulsos y equipo antipatinaje. Documento: Krauss-Maffei, modificado por Luis Prieto Tur.

El sistema de freno hidrodinámico (5), funcionaba cuando dentro de la cámara anular circulaba el aceite, su movimiento turbulento provocaba la resistencia de frenado. Mediante el accionamiento del grupo reductor 3-4 del mecanismo, se obtienen dos gamas de frenado: la primera para todas las velocidades hasta 65 km/h; y la segunda, para velocidades superiores, según la combinación del flujo de esfuerzo desde la salida de fuerza de la transmisión procedente de los ejes.

Con la locomotora en servicio, el freno hidrodinámico se controlaba automáticamente. Si durante el frenado se sobrepasaban los 65 km/h, se cambiaba a la segunda gama de frenado, si era inferior a los 52 km/h, pasaba a la primera gama de frenado.

Un regulador de presiones combinadas, permitía siete escalonamientos de frenado en cada una de las dos gamas de velocidades, para impedir que no se sobrepasara la potencia continua de frenado de 815 CV en la transmisión. Durante el funcionamiento del frenado hidrodinámico, el motor diésel quedaba acelerado hasta el quinto escalón del regulador.

