

renfe

OFERTA DE EMPLEO

Operador de Ingreso de Mantenimiento y Fabricación

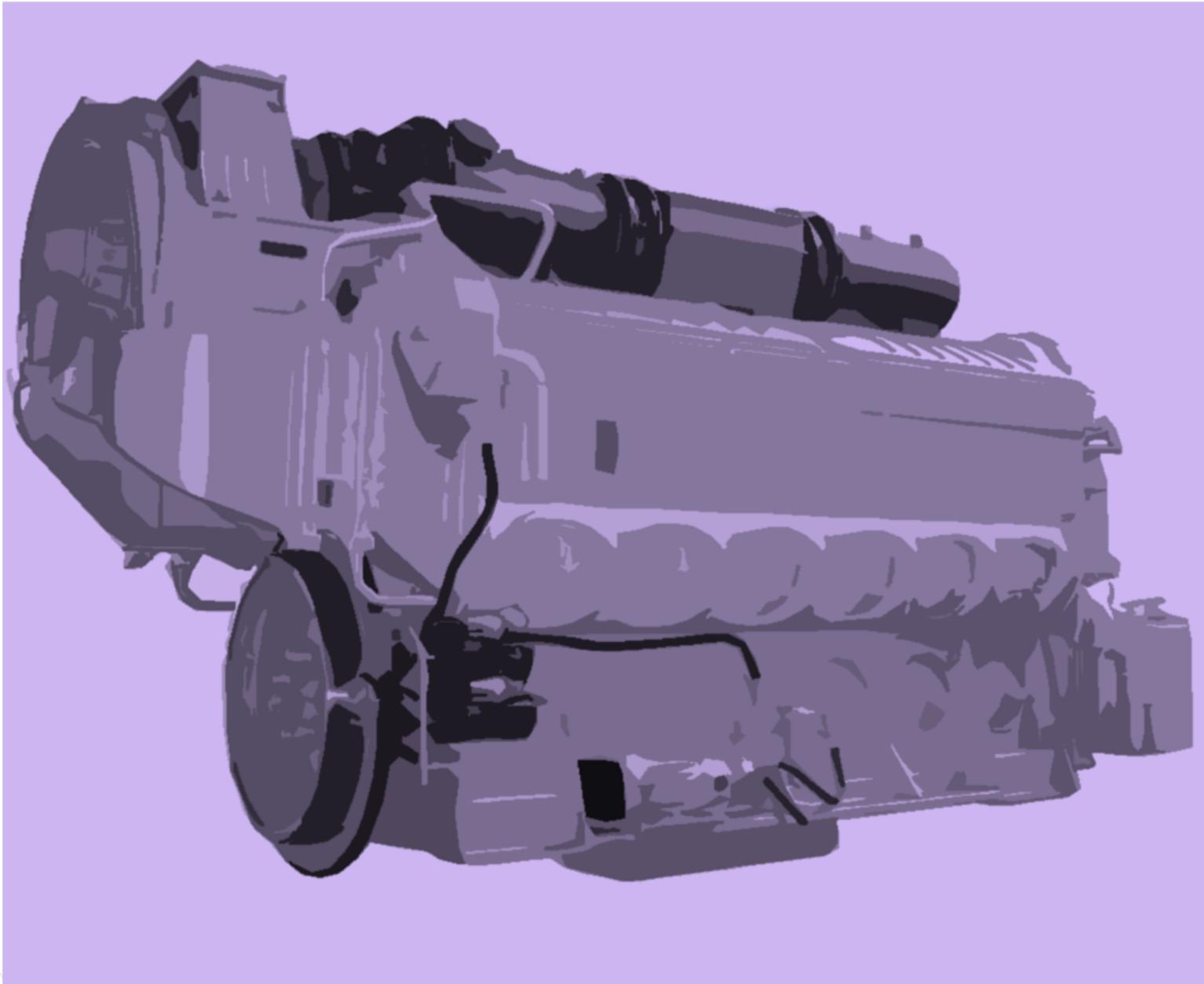
Temario específico para las pruebas presenciales
Especialidad Ajustador-Montador



20
24

Índice

1. Tracción Diésel (Motores térmicos)	3
2. FTV Básico Neumática y Freno	67
3. Bogies, Tracción y Choque	124



renfe

Fabricación y Mantenimiento S.A.
Gerencia de Área de Organización y RR HH.
Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

TRACCIÓN DIESEL

Motores Térmicos

FTV-Básico

Edición 1

Autor: Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Operadora.

Edita: © Renfe Operadora.

Edición 1. Febrero 2019

Fabricación y Mantenimiento S.A.

Gerencia de Área de Organización y Recursos Humanos.

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL AUTOR.

ÍNDICE

1	GENERALIDADES DE LOS MOTORES DIÉSEL	7
1.1	FUNDAMENTOS DEL MOTOR DIÉSEL	7
1.1.1	El Ciclo Otto.....	7
1.1.2	El ciclo diésel.....	8
1.2	CONCEPTOS DEFINITORIOS	8
1.3	MOTOR DIÉSEL DE CUATRO TIEMPOS.....	10
1.4	MOTOR DIÉSEL DE DOS TIEMPOS	12
1.4.1	Características de un motor diésel de 2 tiempos	12
1.4.2	Resumen de funcionamiento	13
1.4.3	Justificación de la sobrealimentación:.....	14
1.5	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL MOTOR	15
1.6	SISTEMA DE LA DISTRIBUCIÓN EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN	16
2	TIPOS DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN DIÉSEL FERROVIARIA	19
2.1	TRANSMISIÓN DEL ESFUERZO A LOS EJES	19
2.2	LOCOMOTORA DIÉSEL	19
2.3	DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE UNA LOCOMOTORA DIÉSEL.....	19
2.4	SALA DE MAQUINAS.....	20
2.5	TRANSMISIÓN DIÉSEL-ELÉCTRICA	21
2.6	ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA LOCOMOTORA DIÉSEL-ELECTRICA	21
3	MOTORES DIÉSEL EN LOCOMOTORAS.....	23
3.1	TIPOS DE MOTORES.....	23
3.1.1	De combustión interna alternativos	23
3.1.2	Según su ciclo de trabajo.....	23
3.2	SERIES DE LOCOMOTORAS QUE FUNCIONAN CON MOTOR DIÉSEL DE DOS TIEMPOS.....	24
3.3	SERIES DE LOCOMOTORAS QUE FUNCIONAN CON MOTOR DIÉSEL DE CUATRO TIEMPOS	25
3.4	ELEMENTOS QUE COMPONEN LOS MOTORES GM DE DOS TIEMPOS.....	26
3.4.1	Bloque motor	26
3.4.2	Conjuntos o Grupos de potencia	26
3.4.3	La culata	28
3.4.4	Cigüeñal y árboles de levas	29
3.4.5	Sincronización de la distribución	30
3.5	SISTEMAS DE SOBREALIMENTACIÓN	31
3.5.1	Compresor (ROOTS).....	31
3.5.2	Turbo compresor.....	32
3.6	CIRCUITO DE LUBRICACIÓN	33
3.7	CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN.....	35
3.8	ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	37
3.9	REGULADOR DE REVOLUCIONES	39
3.10	DISPOSITIVOS DE VIGILANCIA	39
4	AUTOMOTORES DIÉSEL.....	41
4.1	CONVERSIÓN DE PAR	43
4.2	TRANSMISIÓN DIÉSEL-MECÁNICA	44
4.2.1	Elementos de la Transmisión Mecánica.....	44
4.2.2	Funcionamiento.....	44
4.2.3	Convertidor de par mecánico:.....	45
4.2.4	Caja de cambios.....	45
4.3	TRANSMISIÓN DIÉSEL-HIDRAULICA.....	45
4.3.1	FUNDAMENTO	46

4.3.2	Sistema diésel hidráulico. (Resumen).....	46
4.4	ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN.....	48
4.5	INVERSIÓN.....	48
4.6	FRENO HIDRODINÁMICO.....	48
5	MOTORES DIESEL EN AUTOMOTORES.....	49
5.1	MODELOS DE MOTORIZACIONES.....	49
5.1.1	Motor diésel MAN d2876lue 605.....	49
5.2	BLOQUE DE CILINDROS.....	49
5.3	CIGÜEÑAL Y ÁRBOL DE LEVAS.....	49
5.4	CILINDROS. “CAMISAS”.....	50
5.5	PISTONES Y BIELAS.....	51
5.6	CULATAS.....	52
5.7	EL CÁRTER.....	53
5.8	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	53
5.9	CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN.....	54
5.10	SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN.....	56
5.11	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN E INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.....	57
5.11.1	Bomba inyectora en Línea.....	59
5.11.2	Variador de avance.....	59
5.12	SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	60
5.12.1	El Regulador.....	60
5.12.2	Inyectores.....	62
5.13	SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL.....	63

Este libro ha sido elaborado por la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Es propiedad de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización expresa del propietario.

I GENERALIDADES DE LOS MOTORES DIÉSEL

Un gran número de vehículos del parque de RENFE están dotados de motores diésel de dos o cuatro tiempos que pueden ser objeto de la siguiente característica general:

- Un motor diésel es un generador de energía termomecánica que permite la independencia del vehículo motor respecto a las instalaciones energéticas fijas en la línea.

En el Motor de ciclo diésel:

- La admisión únicamente contiene aire.
- El aire se comprime y al final de la compresión se inyecta el combustible (Gasóleo), autoinflamándose e iniciándose la combustión, por lo que a estos motores se les denomina motores de encendido por compresión (MEC).
- La regulación de la Carga es cualitativa, es decir, la proporción de combustible y aire varía dependiendo de la demanda de potencia del motor. El Motor admite la mayor cantidad de aire posible y a mayor demanda de potencia mayor cantidad de combustible inyectado.

Cada émbolo de trabajo o pistón del motor diésel comprime aire dentro de un cilindro, de forma que la temperatura resultante de la compresión es muy superior al punto de inflamación del combustible empleado. La introducción gradual de éste después de la compresión tiene como consecuencia la combustión espontánea del mismo, obteniéndose un volumen de gases resultantes, a una presión elevadísima, que tiende a expandirse dentro del cilindro haciendo retroceder al pistón.

- La carrera motriz o impulso que adquiere el pistón dentro del cilindro se obtiene de la expansión de los gases producidos en la combustión espontánea del combustible.
- Para conseguir una carrera motriz (fase de combustión) en un motor diésel se precisan tres fases preparatorias: escape, admisión y compresión.

Debido a las condiciones de trabajo de un motor diésel, las piezas que lo componen son de una gran robustez.

Es importante destacar la mejor eficiencia energética de los motores diésel comparados con los motores de Gasolina ya que tienen menor consumo de combustible / uso de energía (al funcionar con relaciones de compresión mayores)

1.1 FUNDAMENTOS DEL MOTOR DIÉSEL

El calor es una forma de energía que puede transformarse, denominándose motor térmico a toda máquina de funcionamiento periódico que transforma el calor en trabajo.

En la actualidad la aplicación mayoritaria de este tipo de tecnología se realiza con motores de combustión interna, concretamente motores diésel.

Existen diferentes tipos de motores de combustión interna, tanto de ciclo de Otto como en ciclo diésel, que a su vez podrían sub-clasificarse en rotativos, como el motor rotatorio (Wankel) o la turbina de combustión, y alternativos o de pistón.

1.1.1 El Ciclo Otto

Es el ciclo termodinámico que se aplica en los motores alternativos de combustión interna. Se caracteriza porque todo el calor se aporta a volumen constante sobre una mezcla de comburente y combustible y la ignición se provoca mediante una chispa eléctrica (encendido). Está basado en el ciclo de Carnot, en este ciclo termodinámico se define una máquina que trabaja absorbiendo una cantidad de calor, que transforma en trabajo entregado al exterior mientras cede calor.

El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isoterms (a temperatura constante) y dos adiabáticos (aislados térmicamente).

Representando gráficamente la relación entre presión (p) y volumen (v) obtenemos los siguientes tramos:

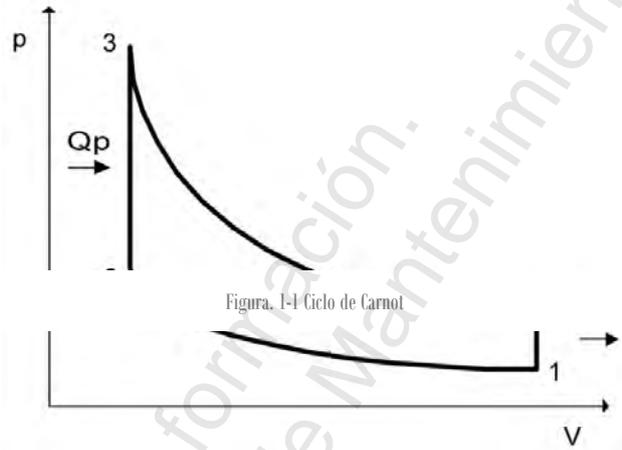
1-2: Compresión adiabática (sin intercambio de calor)

2-3: Ignición con aporte de calor a volumen constante. La presión se eleva rápidamente (Q_p) antes de comenzar el tiempo útil

3-4: Expansión adiabática o parte del ciclo que entrega trabajo.

4-1: Escape con cesión del calor residual al medio ambiente a volumen constante (Q_0).

Hay dos tipos de motores que se rigen por el ciclo de Otto, los motores de dos tiempos y los motores de cuatro tiempos.



1.1.2 El ciclo diésel

Se verifica en un motor térmico de combustión interna, basado en el ciclo de Otto. En el diésel la inflamación se logra inyectando combustible atomizado y a gran presión en el aire calentado por la compresión en el interior del cilindro.

El diésel es el motor térmico utilizado mayoritariamente en el ferrocarril, pudiendo ser de dos tiempos o de cuatro tiempos, dependiendo de si el ciclo completo se verifica en una o dos rotaciones completas del cigüeñal.



Figura. 1-2 Motor diésel de dos tiempos. Loc. S/334

1.2 CONCEPTOS DEFINITORIOS

Además de estudiar el motor diésel en cuanto a los componentes y funcionalidades que lo definen, es necesario conocer los **términos teóricos** más importantes, vamos a repararlos:

- **Motor de Encendido Provocado (MEP) o de Ciclo Otto.** Comprime una mezcla de aire y combustible, produciéndose la combustión pro una causa externa, es decir, por el salto de una chispa de la bujía.

- **Motor de Encendido por Compresión (MEC) o de Ciclo diésel.** Comprime aire hasta que este adquiere una gran presión y temperatura, momento en el cual se inyecta combustible y se produce la combustión por autoinflamación del mismo.
- **Punto muerto superior (PMS).** Cuando el pistón en su movimiento alternativo alcanza la cota más próxima a la cámara de combustión.
- **Punto muerto inferior (PMI).** Cuando el pistón en su movimiento alternativo alcanza la cota más alejada de la cámara de combustión.
- **Diámetro o calibre (D).** Diámetro interior del cilindro (en mm.)
- **Carrera (C).** Distancia que recorre el pistón dentro del cilindro entre el PMS y el PMI (en mm).
- La carrera se mide en milímetros de desplazamiento del pistón o en grados de giro de la muñequilla del cigüeñal. La longitud de una carrera coincide con la medida del diámetro de la circunferencia descrita por la correspondiente excéntrica del cigüeñal.
- **Cilindrada (V).** Es el volumen que desplaza el pistón del PMI al PMS.

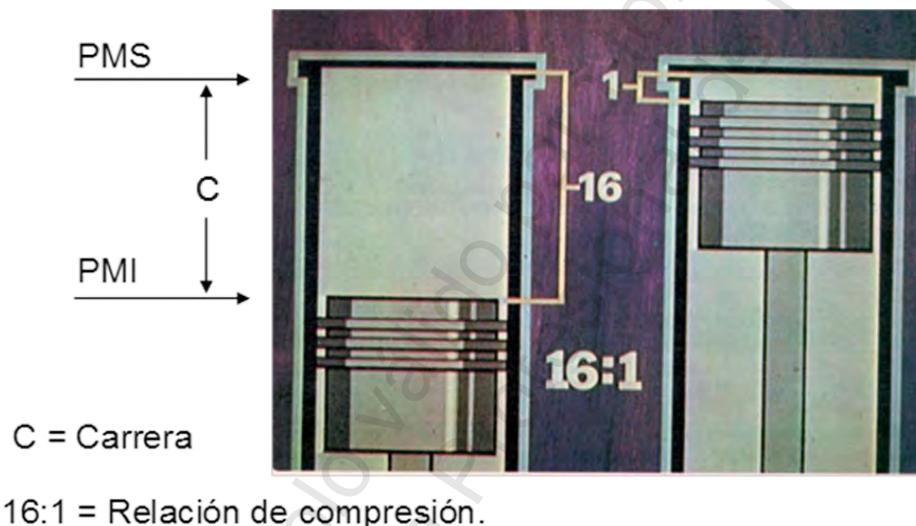


Figura. 1-3 Conceptos definitorios

- **Cámara de combustión (v).** Volumen comprendido entre la cabeza del pistón en PMS y la culata.
- **Relación de compresión.** Es un valor teórico que pone en relación los valores volumétricos entre el cilindro y la cámara de combustión, este valor es indicativo de la presión conseguida cuando finaliza la fase de compresión.
- **Sentido normal de giro.** Se entiende que en un motor su sentido de giro es a derechas, cuando gira en sentido horario visto desde en el lado opuesto al volante de inercia (salida de potencia)
- **Velocidad del motor.** Según la velocidad de régimen de funcionamiento los motores diésel se clasifican en: rápidos de 2000 a 4000 rpm., medios de 1000 a 1500 rpm. y lentos de 200 a 500 rpm.
- **Orden de encendido.** Es la secuencia con que se produce el encendido (inyección/combustión) en los motores policilíndricos, tratando de repartir la carga que soporta el cigüeñal, evitando esfuerzos simultáneos en cilindros adyacentes.
- **Carga.** La carga de un motor es el nivel de exigencia de prestaciones del mismo en un determinado momento. Puede relacionarse con la posición del acelerador o regulador, si no se accionan no tiene carga, si se posiciona en la mitad de su recorrido el motor está a media carga y si se lleva al final de su recorrido el motor está a plena carga. Las Curvas características de Par, Potencia y Consumo específico se realizan a plena carga.

Otro concepto definitorio de un motor es la **disposición de los cilindros**, con diferentes soluciones, aunque las más comunes en la aplicación ferroviaria actual son los motores en línea y motores en V. A continuación, analizaremos algunos tipos de disposiciones de cilindros:

Motores con cilindros en línea. Tiene los cilindros dispuestos en una única fila de forma vertical u horizontal en el bloque. Este motor se puede utilizar desde 2 a 8 cilindros, siendo el más sencillo constructivamente hablando.

Motores con cilindros en V. Tiene los cilindros repartidos en dos bloques unidos por la base o bancada y formando un cierto ángulo (60°, 90°, etc) o en un bloque que disponga de dos bandas. Se utiliza este motor para 6 cilindros en adelante. Esta forma constructiva es ventajosa para un número de cilindros mayor de 6, ya que es más compacta, con lo cual el cigüeñal, al ser más corto, trabaja en mejores condiciones.

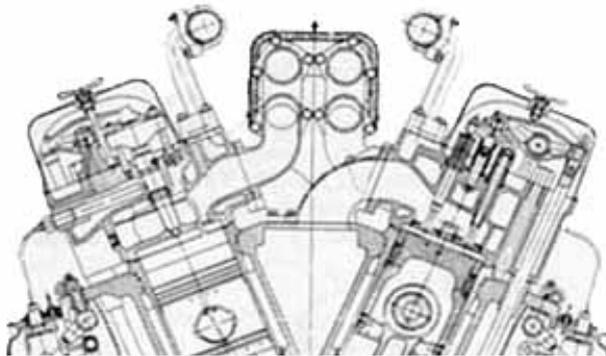
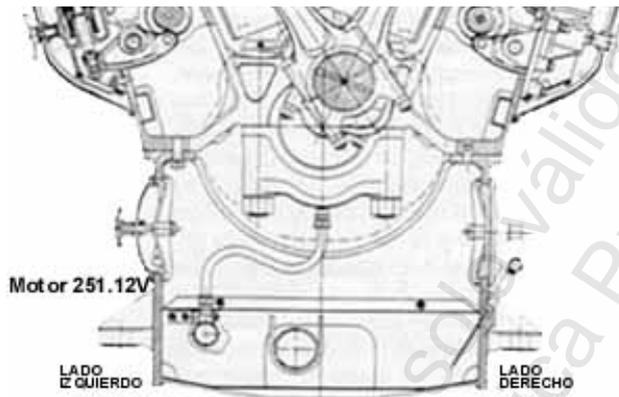


Figura. 1-4 Motor con cilindros en V



tres son resistentes o preparatorias.

Motores con cilindros horizontales opuestos. (Motor bóxer). Es un caso particular de los motores de cilindros en V. Los cilindros van dispuestos en dos bloques que forman un ángulo de 180° colocados en posición horizontal y en sentidos opuestos que se unen por su base o bancada. La ventaja de esta disposición es la reducción de la altura del motor, por lo que se suelen utilizar en automotores que disponen de mucho espacio a lo ancho y poco en altura, montándose bajo el bastidor (ej. antigua serie S/597 TER).

1.3 MOTOR DIÉSEL DE CUATRO TIEMPOS

Atendiendo a su ciclo de trabajo, en los motores de cuatro tiempos necesitamos cuatro carreras de pistón, dos vueltas de cigüeñal, para completar un ciclo operativo.

Dado que en este tipo de motor coincide cada tiempo con la realización de una fase, se estudiará el funcionamiento en cuatro etapas sucesivas:

En el motor de cuatro tiempos el ciclo termodinámico se verifica en dos vueltas del cigüeñal. De las **cuatro carreras** resultantes, admisión, compresión, combustión y escape, solamente una carrera es de trabajo (combustión) y las otras

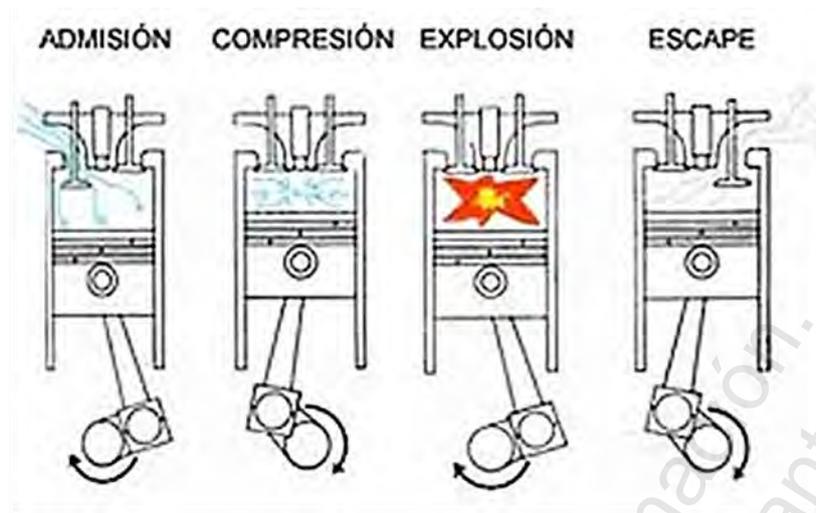


Figura. 1-5 Ciclos teóricos de funcionamiento de un motor diésel

El pistón que primero bajó en admisión, sube en compresión, y antes de llegar al P.M.S es inyectado el combustible. Comienza la combustión y la expansión de los gases, es cuando el pistón, empujado violentamente, cumple con la fase de trabajo. La siguiente media vuelta expulsará los gases. De esta forma sería un ciclo teórico en un motor de cuatro tiempos.

Este tipo de motor de combustión interna alternativo, necesita dos vueltas de cigüeñal, o lo que es lo mismo, cuatro carreras del émbolo, para completar el ciclo de trabajo. Cuando arranca un motor de estas características, debemos comprender la forma en que se produce la primera combustión.

El pistón que se encuentre en la fase de compresión, elevará la temperatura del aire atrapado en la cámara de combustión donde llegará, el combustible finamente pulverizado comenzando arder. La consiguiente expansión de los gases hará el resto

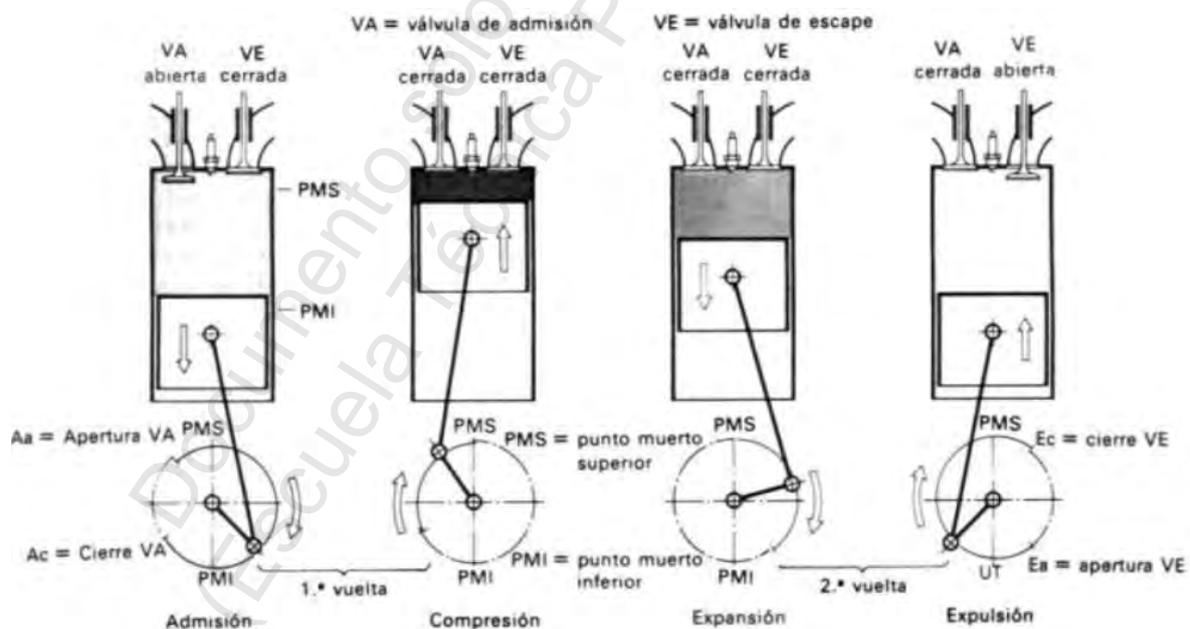


Figura. 1-6 Funcionamiento del motor de cuatro tiempos

1.4 MOTOR DIÉSEL DE DOS TIEMPOS.



Figura. 1-7 Motor diésel de 2 tiempos. Detalle lunbreras de admisión.

1.4.1 Características de un motor diésel de 2 tiempos

La utilización de motores diésel de dos tiempos para tracción ferroviaria tiene su comienzo con el desarrollo de la sobrealimentación, gracias a la cual el rendimiento de estos motores es equiparable, o superior incluso, al de un motor diésel de cuatro tiempos.

La constitución de un motor de dos tiempos tiene las siguientes características.

- El bloque de cilindros dispone de alojamientos para el sistema de sobrealimentación.
- Las camisas tienen mecanizadas un determinado número de lunbreras para la admisión del aire. Estas lunbreras actúan como asiento de las válvulas de admisión, constituyendo las mismas el par pistón-segmento de compresión, el cual descubre o cierra dichas lunbreras en sus carreras descendente o ascendente, respectivamente.
- El aire comprimido por un sobrealimentador pasa al interior del cilindro a través de las lunbreras, que gracias a su orientación provocan una gran turbulencia en la cámara de combustión, favoreciendo así la mezcla aire-combustible.
- La culata dispone de dos o cuatro válvulas de escape que facilitan la evacuación de los gases residuales y mejoran el barrido de la cámara de combustión, aumentando así el rendimiento del siguiente ciclo de trabajo. Dicho ciclo se realiza en dos carreras del pistón; por ello será necesario una sola vuelta del cigüeñal para completarlo.
- El árbol de levas dispone de tres jorobas por cilindro: dos de ellas asisten simultáneamente a las válvulas de escape, por lo que están decaladas en el árbol con el mismo ángulo, y la tercera, situada entre ambas, asiste al inyector bomba. Debido a esta característica de árbol de levas, es necesario introducir un árbol secundario u otro mecanismo de contrapesos que equilibre el sistema.
- El número de revoluciones del árbol de levas es el mismo que el del cigüeñal; por lo tanto, los piñones conductor y conducido del tren de engranaje de la distribución tiene igual número de dientes.

Las cuatro fases del ciclo de trabajo de un motor diésel de dos tiempos se distribuyen de la siguiente forma:

- **Admisión y compresión en la carrera ascendente o primer tiempo, al final del cual se verifica la inyección.**
- **Combustión y escape en la carrera descendente o segundo tiempo, que finaliza con un barrido de la cámara de combustión.**

Entre dos fases sucesivas de combustión el cigüeñal efectúa una revolución completa; es decir, cada vuelta de cigüeñal implica una fase de combustión.

Este ciclo teórico queda modificado en la práctica por las cotas de reglaje, mediante las cuales, antes de finalizar la carrera de combustión, se efectúa la apertura de las válvulas de escape.

Iniciado el escape, gracias a la sobrepresión proporcionada por la combustión termina la carrera descendente del pistón, antes de finalizar la cual se descubren las lumbreras de admisión para no volver a cerrar hasta terciar la siguiente carrera ascendente. La presión en el interior del cilindro, en estos momentos, es inferior a la que proporciona el sobrealimentador y dado que las lumbreras de admisión están ahora abiertas, el aire a presión suministrado efectúa un barrido del interior del cilindro, para lo que es necesario retrasar el cierre de las válvulas de escape.

Finalizada la admisión del aire y el barrido, las válvulas de escape cierran cuando la presión en el interior del cilindro es la necesaria para el inicio de la fase de compresión.

Antes de que el pistón llegue al punto muerto superior, se inicia la inyección gradual del gas-oil debido a la acción de la correspondiente leva sobre el inyector bomba. De esta forma comienza la fase de combustión antes de alcanzarse dicho punto, con lo que la siguiente carrera descendente aprovecha al máximo los gases producidos.

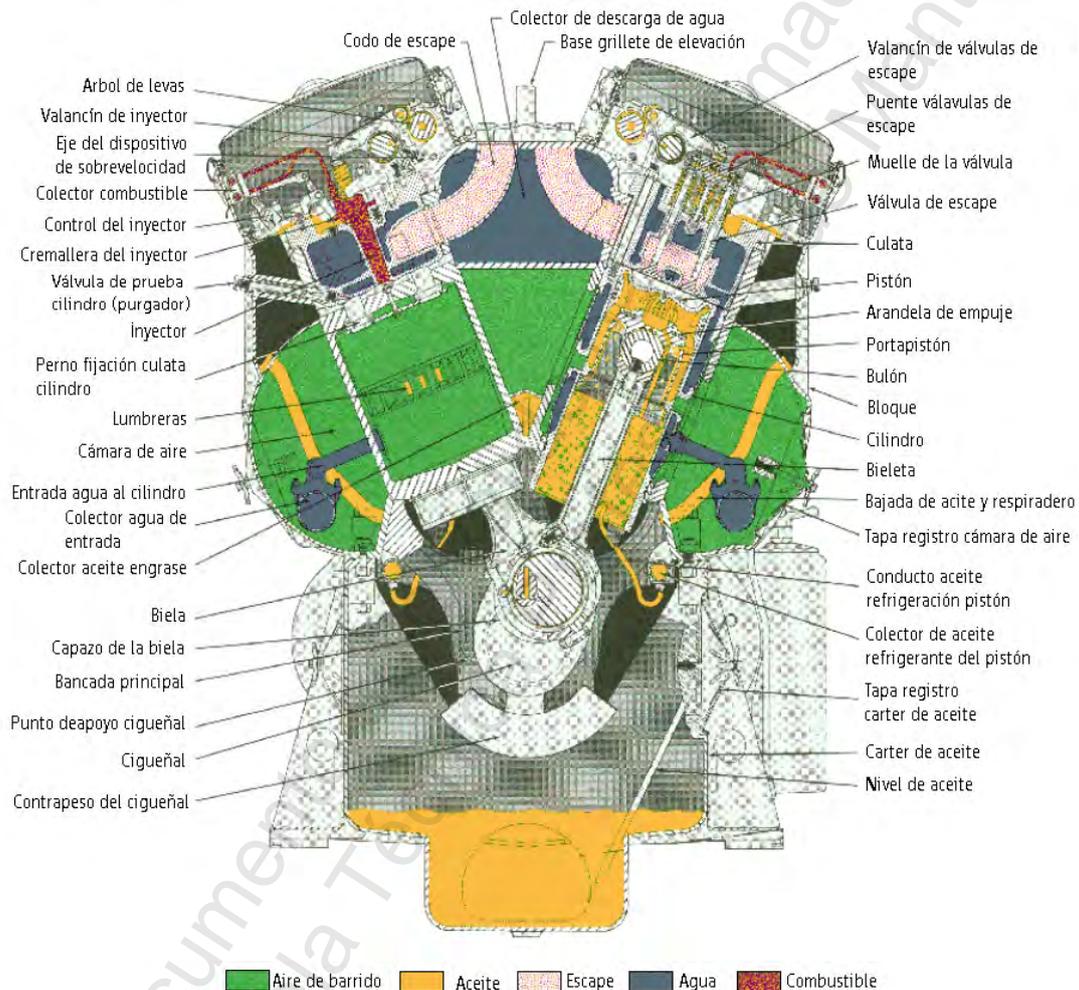


Figura. 1-8 Sección del motor de dos tiempos

1.4.2 Resumen de funcionamiento

En los motores de dos tiempos GM, la admisión y el escape, se solapan durante las carreras de compresión y potencia. Por medio de un soplador o un turbo-compresor se hace entrar el aire dentro de las cámaras de barrido, generando la suficiente presión, para que en el momento que se descubren las lumbreras de admisión, el aire fresco penetre en el cilindro, empujando hacia el escape los gases producidos en la combustión. Lógicamente las válvulas de escape ya están abiertas y la presión en el interior del cilindro es menor que en la cámara de barrido.

Resumiendo, las cuatro fases del ciclo se cumplen de la siguiente manera, requiriendo una sola vuelta del cigüeñal:

- **Escape:** al descender el pistón en la parte final de la carrera de expansión (potencia) se abre la válvula de escape permitiendo la salida de los gases quemados.

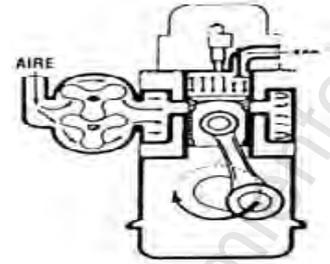


Figura. 1-9 Escape

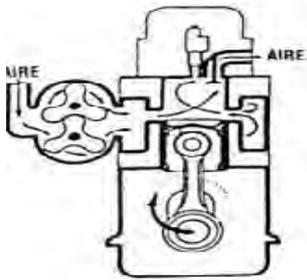


Figura. 1-10 Admisión-Barrido

- **Admisión y Barrido:** una vez abierta la válvula de escape, el pistón en su movimiento descendente descubre las lumbreras de admisión posibilitando el ingreso de aire limpio forzado por un soplador (generalmente de tipo Roots) el que a su vez expulsa los gases quemados remanentes en el cilindro.

- **Compresión:** al ascender, el pistón tapa las lumbreras de admisión a la vez que se cierra la válvula de escape produciendo la compresión del aire que ingresó al cilindro.

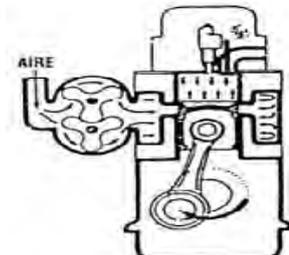


Figura. 1-11 Compresión

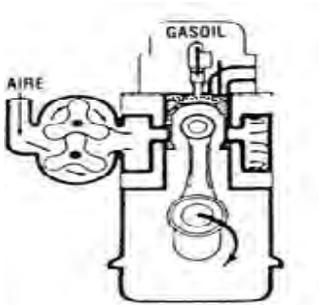


Figura. 1-12 Expansión

- **Expansión:** cuando el pistón está próximo a llegar al PMS comienza la inyección de combustible, el que se inflama. Combustión y consiguiente expansión (carrera de potencia).

1.4.3 Justificación de la sobrealimentación:

En motores de 2 tiempos del tipo "uniflow", (los que realizan la admisión por lumbreras en el cilindro, y el escape mediante válvulas en la culata) cuando el pistón desciende dejando las lumbreras de admisión al descubierto, es necesario asegurar que la presión de admisión es mayor que la presión de los gases de escape contenidos en el interior del cilindro para evitar que éstos se introduzcan en la admisión del motor. Esto sólo se puede asegurar mediante el uso de sobrealimentadores.

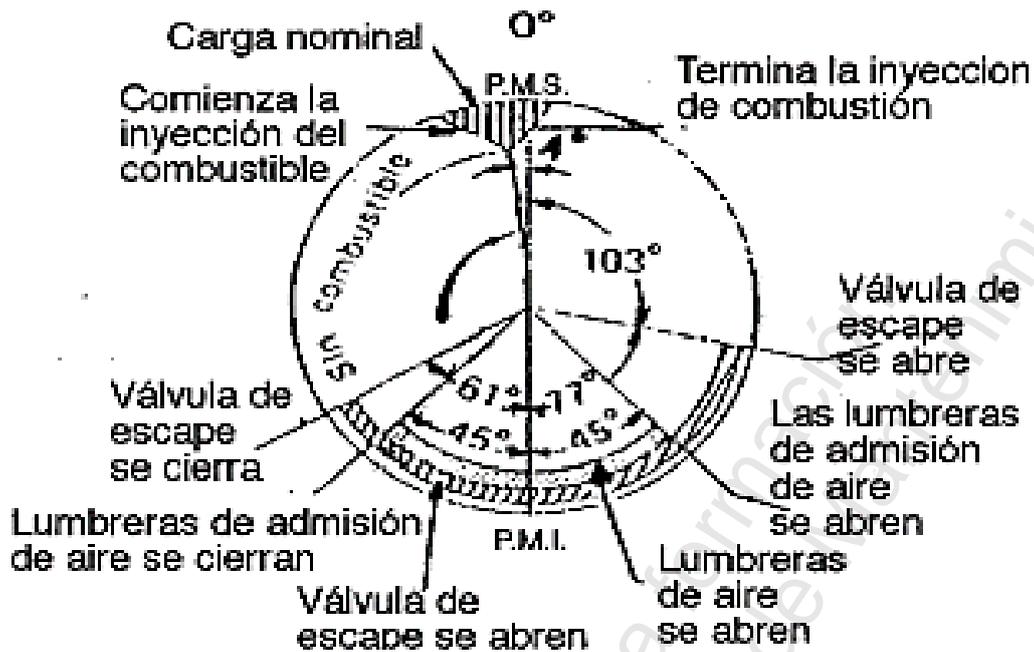


Figura. 1-13 Diagrama Circular Práctico de la distribución Motor diésel 2 Tiempos

1.5 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL MOTOR

Aunque posteriormente se explicarán con detalle los elementos y componentes que conforman los motores de combustión de los distintos vehículos ferroviarios, para generalizar y facilitar su comprensión, vamos a enunciar aquí las características generales de los componentes principales del motor, así como del sistema interno de distribución.

BLOQUE

Es la estructura básica del motor, en el mismo van alojados los cilindros, cigüeñal, árbol de levas, etc. Todas las demás partes del motor se montan en él. Generalmente son de fundición de hierro o aluminio. Pueden llevar los cilindros en línea o en forma de V. Lleva una serie de aberturas o alojamientos donde se insertan los cilindros, varillas de empuje del mecanismo de válvulas, conductos del refrigerante, los ejes de levas, apoyos de los cojinetes de bancada y en la parte superior lleva unos taladros donde se sujeta el conjunto de culata.

CULATA

Es el elemento del motor que cierra los cilindros por la parte superior. Pueden ser de fundición de hierro o aluminio. Sirve de soporte para otros elementos del motor como son: Válvulas, balancines, inyector, etc. Lleva los orificios de los tornillos de apriete entre la culata y el bloque, además de los de entrada de aire por las válvulas de admisión, salida de gases por las válvulas de escape, entrada de combustible por los inyectores, paso de varillas de empujadores del árbol de balancines, pasos de agua entre el bloque y la culata para refrigerar, etc. Entre la culata y el bloque del motor se monta una junta que queda prensada entre las dos a la que llamamos habitualmente junta de culata.

CARTER

Es la tapa inferior del bloque motor encargada de recoger y almacenar el aceite lubricante del motor.

CIGUEÑAL

Es el componente mecánico que cambia el movimiento alternativo en movimiento rotativo. Está montado en el bloque en los cojinetes principales los cuales están lubricados.

ARBOL DE LEVAS

Es el mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas, que pueden tener distintas formas y tamaños, y están orientadas de diferente manera para activar las diferentes válvulas del motor.

CILINDROS / CAMISAS

Son los cilindros por cuyo interior circulan los pistones. Suelen ser de hierro fundido y tienen la superficie interior endurecida por inducción y pulida. Normalmente suelen ser intercambiables para poder reconstruir el motor colocando unas nuevas, aunque en algunos casos pueden venir mecanizadas directamente en el bloque.

BIELAS

Las bielas son las que conectan el pistón y el cigüeñal, transmitiendo la fuerza de uno al otro. Tienen dos casquillos para poder girar libremente alrededor del cigüeñal y del bulón que las conecta al pistón.

PISTONES

Es un embolo cilíndrico que sube y baja deslizándose por el interior de un cilindro del motor.

SEGMENTOS

Son los Aros metálicos, elásticos, que impiden la fuga de gases hacia el cárter.

1.6 SISTEMA DE LA DISTRIBUCIÓN EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN

Los elementos de la distribución permiten, introducir aire en los cilindros, comprimirlo, inyectar el combustible y evacuar los gases residuales de la combustión en el instante preciso del funcionamiento de dicho motor.

El conjunto de la distribución consta de los siguientes elementos:

- Árbol de levas y engranajes de la distribución.
- Válvulas de admisión y escape.
- Mecanismo de recuperación de válvulas.
- Balancines.
- Empujadores y taqués, o amortiguadores hidráulicos.

El árbol de levas es el elemento de la distribución que transforma el movimiento rotativo aportado por el cigüeñal, en rectilíneo y alternativo de las válvulas de admisión y escape, y en algunos motores actúa además sobre la **bomba de inyección**.

Se compone de un eje, fijado al bloque del motor mediante cojinetes de fricción, en el que están caladas, o mecanizadas, asimétricamente respecto al eje de giro unas prominencias denominadas levas, con un **ángulo de decalaje** variable en función de las **cotas de reglaje** impuestas por el constructor, siendo nulo dicho ángulo para aquellas levas que por cada cilindro asisten bien en la admisión o en el escape a dos o más válvulas. Cada sección de árbol correspondiente a un cilindro dispone de tantas levas como válvulas de admisión y escape deban actuar. En caso de que el árbol controle además el momento de la inyección, cada sección tendrá una leva más.

Unas canalizaciones en el interior del árbol permiten la circulación de aceite para lubricar los puntos de fricción y piezas móviles de la distribución.

El árbol de levas recibe su movimiento del cigüeñal, bien a través de engranajes, bien a través de correa dentada o bien mediante la cadena de distribución, dependiendo su sentido de giro de la constitución del tren de engranajes de la distribución, esto es:

- Cuando el acoplamiento entre cigüeñal y árbol de levas es directo, sin piñón intermedio, el árbol de levas gira a izquierdas (sentido inverso al de giro del cigüeñal).

Debido a la robustez de los motores diésel empleados en los vehículos ferroviarios, la transmisión de la distribución se realiza mediante engranajes.

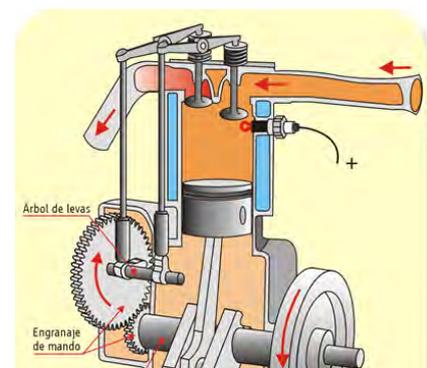


Figura. 1-14 Acoplamiento directo entre cigüeñal y árbol de levas.

- Cuando la distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas es elevada se dispone:

El conjunto de engranajes que componen la distribución del motor, son los encargados de sincronizar los árboles de levas y la inyección de combustible.

En el caso de la imagen anterior en cada bancada de cilindros hay un árbol de levas, alojado en un lateral de la V que forma el bloque. Son los dos árboles de levas quienes mediante los balancines accionen las válvulas de admisión y de escape. El reglaje de los taqués con las válvulas se hace mediante tornillos de ajuste permitiendo en juego necesario para un buen funcionamiento.

Hay que tener en cuenta que, en un motor de cuatro tiempos, el árbol de levas gira la mitad de revoluciones que el cigüeñal, porque cada vuelta completa del cigüeñal equivale a dos carreras del pistón, siendo precisas dos revoluciones completas para conseguir un ciclo completo.

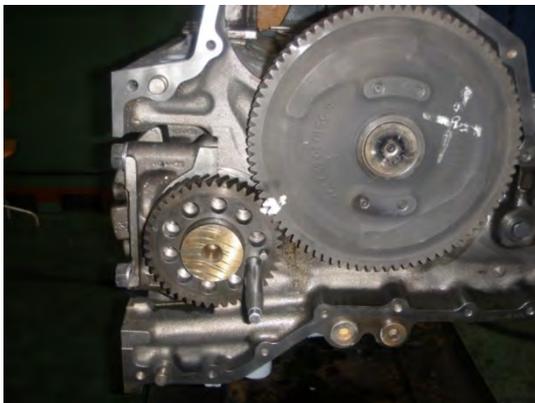
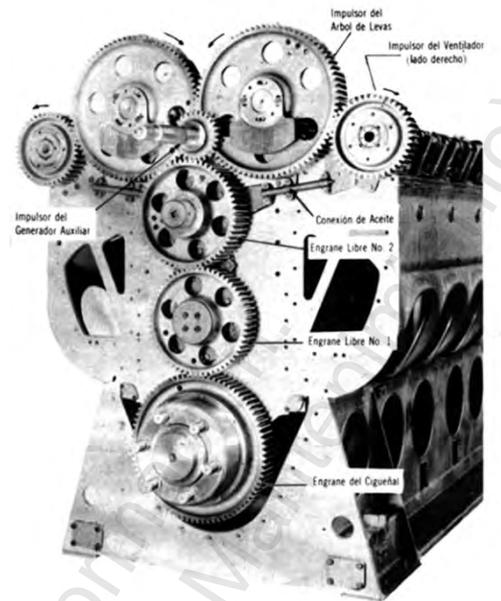


Figura. 1-16 Distribución de engranajes. Motor Diésel de 4 tiempos

Las válvulas de admisión permiten o impiden el paso de aire a los cilindros. Están accionadas por **taqués** y, al cesar dicha acción, unos muelles las vuelven a cerrar. Generalmente hay una o dos válvulas de admisión para cada cilindro. Recuérdese que los motores de dos tiempos que hemos estudiado carecen de válvulas de admisión (se realiza por lumbreras).



Figura. 1-17 Distribución de engranajes Motor de 2 tiempos

2 TIPOS DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN DIÉSEL FERROVIARIA

2.1 TRANSMISIÓN DEL ESFUERZO A LOS EJES

Atendiendo a la forma en que es transmitida la potencia suministrada por el motor diésel hasta los ejes de los vehículos ubicados en los bogies, se pueden distinguir tres tipos de vehículos motor:

- De transmisión mecánica (vehículo diésel-mecánico o diésel).
- De transmisión eléctrica (vehículo diésel-eléctrico).
- De transmisión hidráulica (vehículo diésel-hidráulico).

En el primer caso se encuentran comprendidos aquellos vehículos en los que el par motor proporcionado por el diésel se transfiere a los ejes motores de forma MECÁNICA, es decir mediante sucesivos acoplamientos de piñones, generalmente ubicados en una CAJA DE CAMBIOS, y ejes rígidos o elásticos de transmisión de giro unidos por juntas fijas o articuladas que solidarizan el cigüeñal del motor, la caja de cambios y los elementos terminales de la transmisión. Esta configuración es ACTUALMENTE MUY ESCASA en el parque de vehículos.

En el segundo caso quedan incluidos los vehículos, en los que el par motor está transmitido a los ejes por medio de MOTORES ELÉCTRICOS DE TRACCIÓN. Aquí el motor diésel constituye sólo una central térmica para producción de electricidad. En el parque actual de Renfe la mayoría de LOCOMOTORAS tienen esta configuración.

Al tercer apartado pertenecen los vehículos motores en los que la transferencia del par motor a las ruedas se efectúa a través de uno o varios CONVERTIDORES DE PAR HIDRÁULICOS. En el parque actual de Renfe la mayoría de AUTOMOTORES (Autopulsados diésel) tienen esta configuración.

El grupo receptor de movimiento en una locomotora es una corona dentada protegida por un cárter que contiene lubricantes para suavizar su acoplamiento con la transmisión. En automotores este grupo, formado por dos coronas locas susceptibles de fijar al eje mediante un casquillo móvil estriado, constituye asimismo el inversor de la marcha.

Todos los ejes de las locomotoras diésel son motrices, pues, aun en el caso de no poseer un agente directo de transmisión del movimiento obteniendo en la planta motriz, sus ruedas se pueden acoplan mediante bielas exteriores y muñones a las motrices, por lo que todos los ejes adquieren forzosamente la misma velocidad de giro.

En locomotoras de línea (mayores potencia y velocidad), cada eje es asistido por un motor de tracción eléctrico o bien por los terminales de transmisión de una caja de cambios mecánica o hidráulica.

2.2 LOCOMOTORA DIÉSEL

Son vehículos utilizados para el remolcado de trenes. En su sala de máquinas o planta motriz, irá ubicado el motor diésel, o los motores, en el caso de ser más de uno.

2.3 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE UNA LOCOMOTORA DIÉSEL.

El espacio limitado por la carrocería de una locomotora diésel está dividido generalmente en tres compartimentos comunicados entre sí mediante pasillos y puertas de insonorización.



Figura. 2-1 Locomotora diésel S / 334

Los dos compartimientos extremos constituyen las cabinas de conducción desde los cuales el maquinista gobierna la locomotora mediante los distintos aparatos de mando y control, aunque en algunas locomotoras sólo exista una cabina de conducción con uno o dos pupitres de mando utilizables según el sentido de la marcha.

Esta diferenciación funcional no existe en aquellos vehículos que por sus características de trabajo disponen de un único departamento que engloba tanto a la planta motriz como a los servicios auxiliares; tal es el caso de las locomotoras de maniobras.

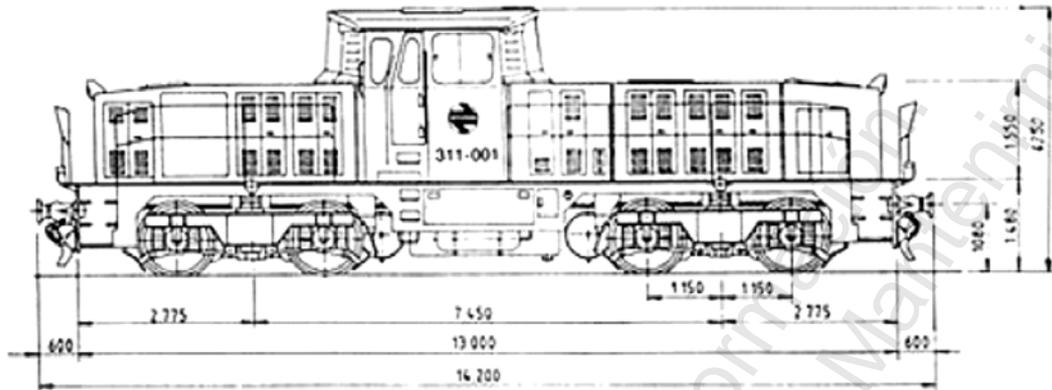


Figura. 2-2 Dimensiones de la locomotora. S/ 311

En la figura 2-2 vemos la disposición de la locomotora, utilizada en maniobras, S/311. La cabina de mando, en la parte central, equipada con dos pupitres de conducción, uno para cada sentido de marcha. En uno de los lados de la cabina, se ubica la zona diésel, compuesta por el motor MTU 8V396 TC13, generador de CA y compresor. En el lado contrario se monta el equipamiento eléctrico. Figura 1-14



2.4 SALA DE MAQUINAS.

Este compartimiento está destinado a contener la planta motriz del vehículo y su aparellaje eléctrico de mando y control.

La planta motriz, diferente para cada tipo de vehículo, comprende siempre al motor diésel que, en caso de ser sobrealimentado, se complementa con un sistema auxiliar formado por un turbocompresor, un postenfriador y filtros de aire cuya misión es aumentar la potencia del motor diésel enriqueciendo la mezcla aire combustible y proporcionando la presión adecuada para que la combustión sea completa. Algunas locomotoras disponen de dos motores diésel en su planta motriz. Algunas locomotoras pueden llevar dos motores diésel, con transmisiones del esfuerzo o par motor a ambos bogies del vehículo. En los vehículos de transmisión eléctrica, además de los equipos ya citados, suelen encontrarse en la sala de máquinas los siguientes componentes:

- Motor diésel

Figura. 2-3 Locomotora diésel de Maniobras S/311

- Generadores eléctricos.

- Resistencias y ventilador del freno dinámico.
- Ventiladores de los motores de tracción y de los generadores.



Figura. 2-4 Sala de Maquinas Locomotora Diésel.

2.5 TRANSMISIÓN DIÉSEL-ELÉCTRICA

Un gran número de vehículos del parque de material motor diésel, locomotoras fundamentalmente, utiliza motores de tracción eléctricos alimentados por el generador o generadores (generalmente alternadores) que transforman la energía del motor diésel en energía eléctrica.

La energía producida por los motores térmicos la transforma un generador en energía eléctrica. El aparellaje eléctrico gestiona esa energía eléctrica y la envía a los motores de tracción.

Los bogies contienen el conjunto de ejes y ruedas del vehículo. Es en los ejes donde van acoplados los motores de tracción. Mediante un piñón engranado a una corona transmiten el movimiento

La transmisión eléctrica proporciona el máximo aprovechamiento de la potencia del motor diésel.

La optimación en el aprovechamiento de la producción diésel es debido a la inexistencia de pérdidas de potencia degradadas en el accionamiento del mecanismo intermedios entre la salida de fuerza del cigüeñal y los motores de tracción.

El par transmitido a cada eje es función del número de revoluciones desarrollado por el correspondiente inducido de tracción y, por consiguiente, de la producción del generador o, en primera causa, del régimen de giro del cigüeñal.



Figura. 2-5 Alternador

2.6 ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA LOCOMOTORA DIÉSEL-ELECTRICA.

En cuanto al funcionamiento, de las locomotoras diésel-eléctricas, podría resumirse como una máquina transformadora de energía. El motor diésel transforma la energía química del combustible en energía calorífica, esta a su vez se transforma en energía mecánica para mover el generador y obtener energía eléctrica, la cual alimenta los motores de tracción para que estos la conviertan nuevamente en energía mecánica encargada de dar movimiento al vehículo.

La producción del generador principal alimenta a los motores de tracción secuenciándose su acoplamiento en el circuito de potencia mediante los relés de transición y la orden recibida desde el circuito de control. Dicha producción es función de dos señales eléctricas de entrada a un control automático:

- Exigencia de energía en los motores de tracción.
- Producción del motor diésel transformada en impulso eléctrico por el gobernador, regulador de carga y panel de control de rapidez, dependiendo en definitiva de la posición adoptada por la palanca aceleradora.



Figura. 2-6 Generador principal

El acelerador condiciona la señal recibida desde el circuito de control para alimentar a los distintos solenoides de aceleración dentro del gobernador.

El panel de control de rapidez, alimentado por el regulador estático de tensión, modula la señal recibida del acelerador y la envía al regulador de carga cuya resistencia varía con la velocidad de giro del cigüeñal.

Una comparación automática entre la señal modulada del mando del acelerador, el impulso eléctrico en que se traduce el giro del cigüeñal y la tensión necesaria en cada momento en los motores de tracción, consigue que el régimen de producción del diésel se acomode en todo momento al de consumo de los motores de tracción.



Figura. 2-7 Bogie con motores de tracción acoplados

En la figura 2-11 se pueden ver un bogie de la locomotora S/334 con los motores de tracción acoplados, estos serán los encargados de transformar la energía eléctrica en mecánica, mediante la conexión piñón corona. En el caso de este vehículo dichos motores eléctricos son de corriente continua.

3 MOTORES DIÉSEL EN LOCOMOTORAS

3.1 TIPOS DE MOTORES

3.1.1 De combustión interna alternativos

Los motores utilizados en las locomotoras, corresponden según su principio de funcionamiento, a motores de combustión interna alternativos, de dos y cuatro tiempos. El combustible utilizado, es gasoil.



Figura. 3-1 Motor de dos tiempos diésel GM 16-645 E

3.1.2 Según su ciclo de trabajo

Los motores de dos tiempos, la duración del ciclo operativo es de dos carreras del pistón, una vuelta del cigüeñal. En los motores de cuatro tiempos, necesitamos cuatro carreras del pistón, dos vueltas del cigüeñal, para completar el ciclo. En locomotoras tenemos los dos sistemas de funcionamiento.



Figura. 3-2 Motor de cuatro tiempos MTU 8V 396TC13

3.2 SERIES DE LOCOMOTORAS QUE FUNCIONAN CON MOTOR DIÉSEL DE DOS TIEMPOS

En las locomotoras actuales, uno de los motores más empleados es el motor de combustión interna alternativo de dos tiempos. Comenzando por la S/ 310, 319, 333, 334 y la 335, todas ellas de GM, van equipadas con el mencionado tipo de motor

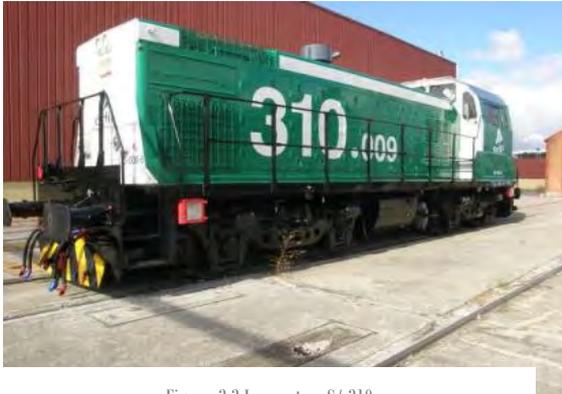


Figura. 3-3 Locomotora S/ 310

En origen estas locomotoras se las conoce como las 1900, para luego formar la S/ 319. Varias sub series funcionan en la actualidad. El motor diésel de dos tiempos dieciséis cilindros en V, con sopladores, modelo GM 16-567-C y 16-645-E, dependiendo de la sub serie. Su funcionamiento basado en la transformación diésel-eléctrica al igual que la S/ 310 y la S/ 333 .



Figura. 3-5 Locomotora S/333

La serie 334, es una de las locomotoras diésel más modernas. Diseñada con una arquitectura modular para facilitar el mantenimiento.

El motor diésel modelo GM EMD 12-710-G3B con una potencia de 3050 CV. Turbo compresor y doce cilindros en V. Puede conseguir una velocidad de 200Km/h

La S/ 310 es un tipo de locomotora que se utiliza mayoritariamente en los trabajos de maniobras. También son aptas para servicios en línea.

Movida por un motor diésel de dos tiempos ocho cilindros en V con soplador. Modelo GM 8-645-E, el cual transforma su energía mecánica, mediante un generador eléctrico modelo GM AR6-D14. Serán los motores eléctricos de tracción, los que consuman la energía producida por el generador, pasándola a mecánica.



Figura. 3-4 Locomotora S/319

Basada en la misma tecnología que las anteriores las locomotoras Serie 333 dispone de Motores diésel de dos tiempos con dieciséis cilindros en V y turbo-compresor. Modelo GM 16-645-E3 con una potencia de 3100 CV a 900rpm, medidos en banco de pruebas.



Figura. 3-6 Locomotora S/334

En cuanto a la locomotora serie 335, es actualmente la locomotora diésel más potente que circula por vías de ancho nacional. Con sus 4000 CV de potencia, es destinada al transporte de mercancías.

Equipada con un motor diésel GM EMD 16-710G3B-T2, turboalimentado y con la inyección gestionada electrónicamente. La geometría del motor corresponde a un dieciséis cilindros en V.



Figura. 3-7 Locomotora S/335 (Euro 4000)

Al igual que las anteriores la gestión de esta locomotora está a cargo de un procesador (EM2000), con los componentes electrónicos asociados. El procesador controla el sistema de potencia, la protección de la locomotora y tiene funciones de diagnóstico, suministrando mensajes en pantalla.

Al igual que las anteriores la gestión de esta locomotora está a cargo de un procesador (EM2000), con los componentes electrónicos asociados. El procesador controla el sistema de potencia, la protección de la locomotora y tiene funciones de diagnóstico, suministrando mensajes en pantalla.

Si bien estas modernas locomotoras (Euro 4000) la gestión de la Inyección es electrónica (Sistema EMDEC) mediante Inyectores Bomba. El constructor Norteamericano Electro-Motive desarrolla uno de los sistemas de inyección basado en la utilización del inyector bomba controlados electrónicamente. Un módulo de control electrónico (regulador) detecta los cambios en las condiciones del motor o el ambiente, por tanto, esta serie de Locomotoras no incluye Regulador Woodward.



Figura. 3-8 Sistema de Inyección EMDEC y su módulo de control electrónico diésel

3.3 SERIES DE LOCOMOTORAS QUE FUNCIONAN CON MOTOR DIÉSEL DE CUATRO TIEMPOS

En el actual parque de vehículos ferroviarios, alguna locomotora y sobre todo en los automotores diésel, las motorizaciones son del tipo ciclo diésel de cuatro tiempos.

Si bien la mayoría de Locomotoras del parque actual de Renfe utilizan motores de 2 tiempos, existen también ejemplos de motorizaciones en locomotoras con ciclos de cuatro tiempos, como pueden ser los motores Caterpillar de las series 1500 Y 1600 (315 Y 316 con la nueva nomenclatura) de locomotoras de la Red de Ancho Métrico RAM (Antigua FEVE).

También son de 4 tiempos los motores diésel de las locomotoras duales y los Motores diésel MTU de los Vehículos Híbridos AVE S/730.

Nuestro modelo más significativo, en locomotoras corresponde al tractor de maniobras S/ 311. Este vehículo monta un motor marca MTU de ocho cilindros en V, (8 V 396 TC 13), turbo alimentado y con refrigerador del aire de carga.



Figura. 3-9 S/311 Bloque motor con camisas y cilindros montados



Figura. 3-10 S/311 Motor diésel acoplado con el generador principal

3.4 ELEMENTOS QUE COMPONEN LOS MOTORES GM DE DOS TIEMPOS

Los elementos que forman un motor GM de dos tiempos, no difiere mucho, con los mecanismos de un motor de cuatro tiempos. En los siguientes apartados iremos viendo los componentes y su ensamblaje.

3.4.1 Bloque motor

Constituye la parte principal de la estructura. Conformado, mediante láminas de acero soldado y mecanizado, para alojar los conjuntos de potencia, cigüeñal, árboles de levas y los accesorios necesarios para el funcionamiento. No necesita un mantenimiento especial, una inspección visual nos permitirá localizar posibles fallos, antes de producirse averías graves

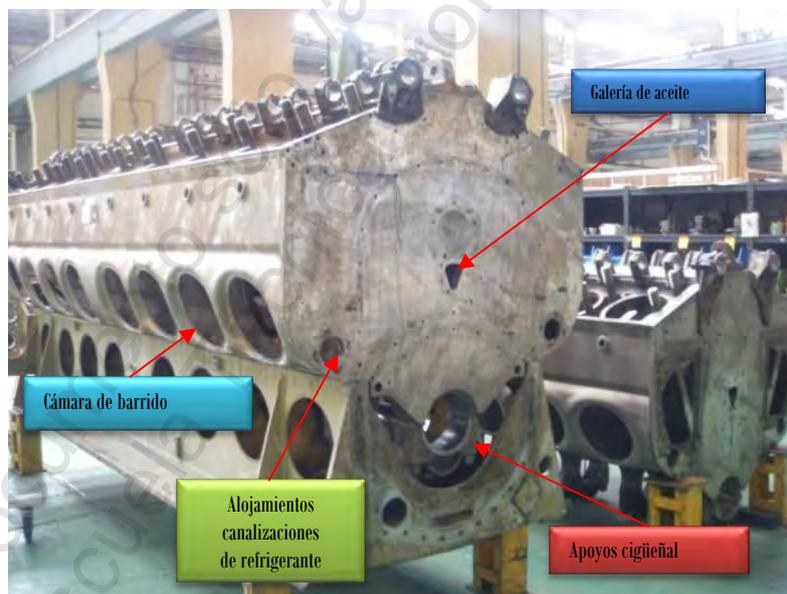


Figura. 3-11 Bloque motor y cárter MD GM 16-645 E

3.4.2 Conjuntos o Grupos de potencia

Estos conjuntos los componen, el cilindro (chaqueta-camisa), pistón, bielas y culata, en la cual van alojadas las cuatro válvulas de escape. En el caso de fallo o avería, este conjunto es sustituible individualmente, siguiendo las instrucciones de la Norma Técnica.



Figura. 3-12 Cilindros, pistones y culatas

En este tipo de motores, el subconjunto pistón biela, presenta algunas variantes importantes. El pistón, construido en hierro fundido aleado, se apoya sobre el porta-pistón, de esta forma puede rotar dentro del cilindro.

Si se produce alguna avería que afecte de forma importante a más de un elemento del conjunto, se puede sustituir el equipo completo (Grupo de Potencia), sin tener que bajar el motor de la locomotora.



Figura. 3-13 Conjuntos de equipos de potencia

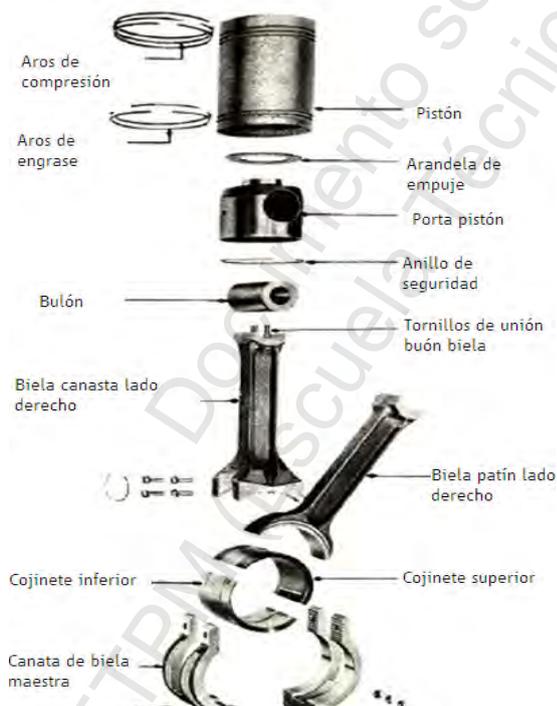


Figura. 3-14 Despiece del pistón y la biela

Al ser un motor en V, las bielas, una de cada lado, apoyan en la misma muñequilla del cigüeñal.

Distinguimos la denominada biela canasta y la biela patín.

La primera viene del lado izquierdo y con las canastas abrocha los cojinetes de biela al cigüeñal.

La biela patín se apoya sobre el dorso del cojinete superior y se mantiene en su posición gracias a dos pestañas las cuales encajan en sendos rebajes realizados en la biela canasta.

3.4.3 La culata

La culata es elemento de cierre del cilindro. Soporta toda la presión, producto de la expansión de los gases que se producen en la combustión.

Fabricada en hierro fundido aleado, aloja las cuatro válvulas de escape y en su interior tiene las canalizaciones por donde circulará el líquido de refrigeración, fundamental para mantener la temperatura dentro de valores, de funcionamiento del motor.

En cuanto a los accesorios que soporta la culata, tenemos como más significativos, las propias válvulas, los balancines y los puentes de válvulas con los ajustadores hidráulicos, y en el centro se monta el inyector-bomba.

Todos estos mecanismos, accionados por los árboles de levas.

Los empujadores hidráulicos, son el elemento que mantiene el contacto sin holgura, entre el puente de válvulas y la cola de estas. Es el aceite que lubrica el motor, quien hace funcionar este mecanismo, aprovechando su propiedad de ser prácticamente incompresible.

El aceite nos llega desde el cojinete del árbol de levas, pasando por el eje de balancines y por una canalización de estos llega al puente de válvulas.

Llegados a este punto, el aceite pasa por la válvula de bola al interior del empujador, llenándolo. Como el aceite no es comprimible, todo el conjunto se hace solidario en el movimiento de empuje hacia la cola de la válvula.



Figura. 3-15 Despiece de la culata

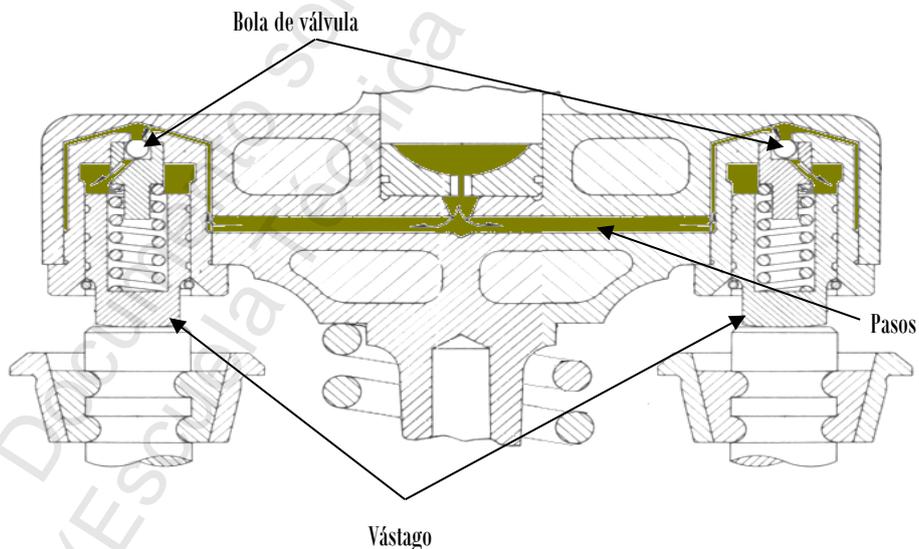


Figura. 3-16 Puente de Válvulas con aproximadores hidráulicos



Figura. 3-17 Puente de válvulas con aproximadores.

En el centro de la culata tenemos el alojamiento del inyector-bomba. La fijación a la culata se hace por medio de una grapa sujeta a un espárrago con su tuerca.



Figura. 3-18 Inyector Bomba y su Posicionamiento en la culata

3.4.4 Cigüeñal y árboles de levas

El cigüeñal, en este tipo de motores, como en cualquier motor alternativo, es encargado de transformar el movimiento lineal del pistón, en movimiento circular.

Fabricado en acero al carbono, por estampación y contratamientos de endurecimiento para los apoyos de bancada y muñequillas de bielas

Para conseguir un funcionamiento dinámico equilibrado, se diseña una serie de contrapesos. Un amortiguador de vibraciones limitará las producidas en las diferentes explosiones. La lubricación se realiza por medio de taladros los cuales permiten llegar el aceite tanto a los apoyos de bancada como a los cojinetes de biela. Los cigüeñales de motores a partir de 16 cilindros son fabricados en dos piezas.



Figura. 3-19 Cigüeñal

3.4.5 Sincronización de la distribución

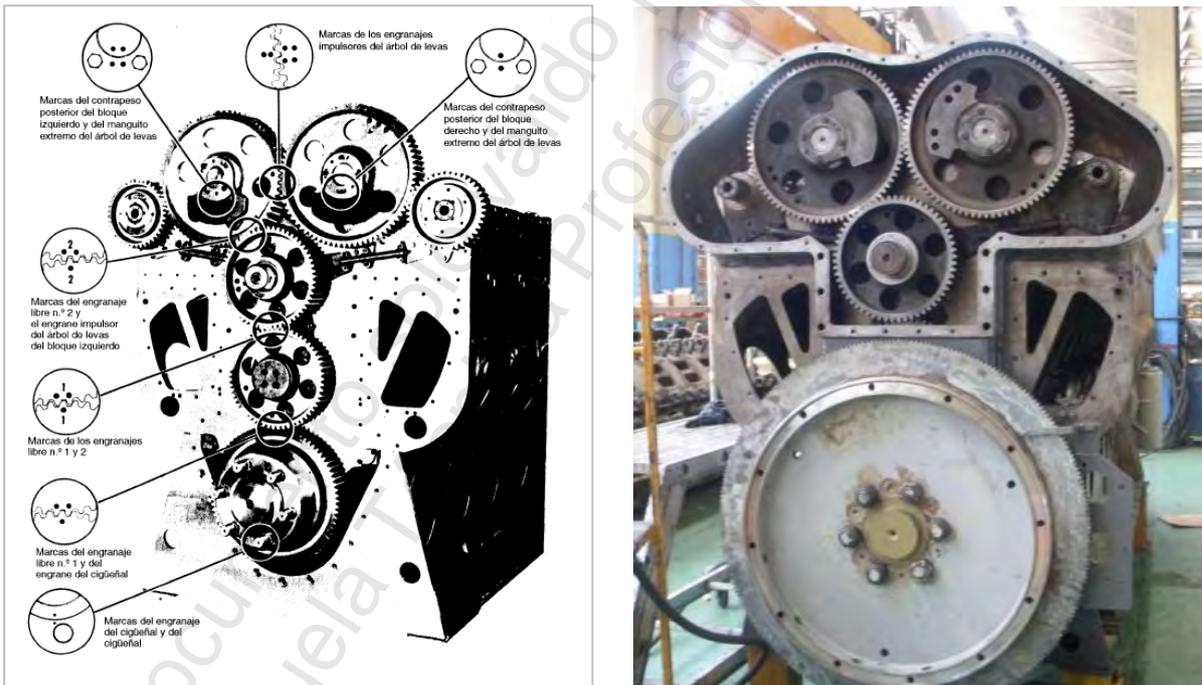


Figura. 3-20 Engranajes que integran la cadena de distribución en motor de dos tiempos GM 16- 645C

Para el buen funcionamiento del motor, es necesario tener una precisa sincronización de la distribución.

El rendimiento volumétrico y como consecuencia la potencia del motor se verá afectada en caso de fallo en el tren de engranajes que mueven los árboles de levas.

En el montaje se hacen coincidir las marcas de los piñones y posteriormente se procederá a la comprobación, según especificaciones de la (N T M) norma técnica de mantenimiento. Figura 3-20.



Figura. 3-21 Árboles de levas en bloque motor

Los **árboles de levas**, en estos motores de dos tiempos, tienen la misión de abrir las válvulas de escape e impulsar las bombas de inyección. Fabricados en tramos, facilitan la sustitución en caso de avería.

3.5 SISTEMAS DE SOBREALIMENTACIÓN

3.5.1 Compresor (ROOTS)

Este tipo de motores presenta dos formas o sistemas diferentes, para el llenado de los cilindros. Mediante sopladores tipo Roots, o turbo-compresores.



Figura. 3-22 Funcionamiento del soplador

El soplador tipo Roots, los emplean estos motores para hacer que el aire llegue a las cámaras de barrido y de allí a los cilindros. El movimiento lo toman por medio de engranajes en toma constante.

Tanto la presión como el volumen de aire, va a depender de las revoluciones a las que giren los lóbulos de los sopladores. Al estar unidos al cigüeñal por la cadena de engranajes, que mueven los árboles de levas, su velocidad de giro va a depender de la velocidad de rotación del diésel. El máximo rendimiento, en cuanto a presión, es de 1 bar. En estos motores, a máximas revoluciones, la presión puede llegar a 0,4 bar.



Figura. 3-23 Vista interior del soplador modelo Roots

En cuanto al mantenimiento, lo fundamental es impedir la entrada de aire con impurezas, dañaría los lóbulos y la carcasa. Serán los filtros de aire los encargados de suministrar aire limpio.



Figura. 3-24 Posición de los sopladores

Tanto la presión como el volumen de aire, va a depender de las revoluciones a las que giren los lóbulos de los sopladores. Al estar unidos al cigüeñal por la cadena de engranajes, que mueven los árboles de levas, su velocidad de giro va a depender de la velocidad de rotación del diésel. El máximo rendimiento, en cuanto a presión, es de 1 bar. En estos motores, a máximas revoluciones, la presión puede llegar a 0,4 bar.

En cuanto al mantenimiento, lo fundamental es impedir la entrada de aire con impurezas, dañaría los lóbulos y la carcasa. Serán los filtros de aire los encargados de suministrar aire limpio.

3.5.2 Turbo compresor

En los motores GM EMD montados en la S/ 333, 334 y 335, los sopladores son sustituidos por el sobre alimentador o turbo-compresor.

De mayor rendimiento y aprovechando para su impulsión la presión de los gases de escape en su salida a la atmósfera.

Su funcionamiento es muy sencillo. En los primeros puntos de carga del diésel, la turbina y la compresora son arrastrados mecánicamente por la cadena de engranajes que viene del cigüeñal. Pasado el punto cinco de aceleración y dando la potencia correspondiente a dicho punto de aceleración, la turbina impulsora comienza a ser arrastrada por los gases de escape, en este punto el sistema de rueda libre, el cual ha estado moviendo el eje del tubo hasta este momento, comienza su desconexión, dejando a los gases procedentes de la combustión, la tarea de mover el turbo antes de perderse en la atmósfera.



Figura. 3-25 Posición del turbo-compresor en el MD



Figura. 3-26 Lado accionamiento del turbo compresor

En cuanto al mantenimiento que debemos tener en el mantenimiento de este importante mecanismo, es procurar un buen funcionamiento de la lubricación, evitar la entrada de impurezas procedentes del aire aspirado, como las que pudieran venir con los gases de la combustión.

La temperatura que alcanza y las revoluciones, precisan de un perfecto equilibrio.



Figura. 3-27 Motor diésel GM 16- 645 E3

Los motores EMD como el mostrado son de 2 tiempos y del tipo “Uniflow”, por lo que, a bajas revoluciones y carga, cuando no hay suficientes gases de escape, el turbo se acciona mediante un tren de engranajes unidos al turbo por medio del sistema rueda libre.

De no ser así, no podría efectuarse la admisión ni el barrido de los gases de escape, y por tanto el motor no funcionaría.



Figura. 3-28 Dispositivo de ventilación del cárter

3.6 CIRCUTO DE LUBRICACIÓN

Podemos distinguir tres circuitos en este tipo de motores.

El circuito principal de lubricación, el cual mediante la bomba principal hará llegar el aceite a la mayoría de los mecanismos en movimiento del motor diésel. La mencionada bomba, toma el aceite del colador y lo envía a la galería de distribución, la cual recorre a lo largo todo el bloque de cilindros por encima de los apoyos del cigüeñal.

Previamente ha pasado por la válvula de sobrepresión, controladora de la presión máxima del circuito.

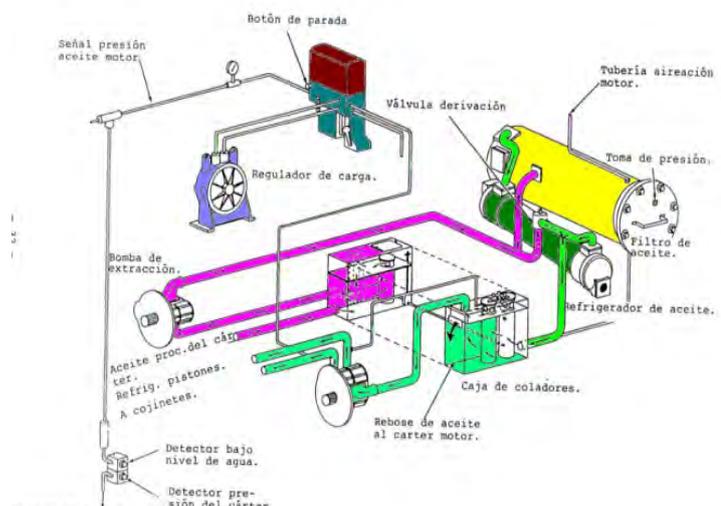


Figura. 3-29 Esquema del circuito de lubricación parte externa al MD

Un segundo circuito, se destina a enviar aceite para el enfriamiento y lubricación de los pistones. La bomba que se destina a este importante cometido, va montada en tándem con la bomba del circuito principal, por tanto, es movida por el mismo engranaje. Dos tubos montados a lo largo del bloque de cilindros, de los cuales salen otros tantos tubos de eyección, según el número de pistones, harán llegar el chorro de aceite a una canalización que presenta el porta-pistón y desde allí a la cabeza del mismo.



Figura. 3-30 Canalizaciones de lubricación



Figura. 3-31 Localización de las bombas de lubricación

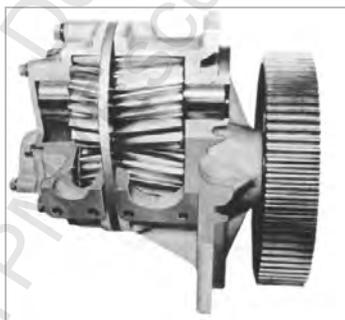


Figura. 3-32 Bomba de lubricación doble y canalización de la refrigeración de pistones

El circuito de extracción de aceite, tiene como misión la limpieza y refrigeración del lubricante.

Los elementos más importantes que integran este circuito son los siguientes.

Bomba de extracción, constituida por engranajes helicoidales, toma el aceite del colador y lo envía a los filtros, para luego pasar por el intercambiador volviendo a otro apartado del colador, desde donde lo tomaran la bomba principal y la bomba de enfriamiento de pistones.

El mantenimiento del sistema de lubricación, se basará en la comprobación periódica del nivel del aceite, que en estos motores se hará con el aceite caliente y el motor en marcha verificando posibles fugas o consumos no aceptables. Los filtros tienen la misión importante de retener las impurezas y evitar que estas puedan causar daños en ejes, cojinetes etc.

La toma de muestras programada, para su posterior análisis, nos permite hacer una evaluación del estado en el que se encuentra el motor, constituyen una herramienta importante en el diagnóstico y las acciones preventivas a tomar para no tener que lamentar reparaciones importantes y costosas.

Cuando se procede al cambio del aceite, se debe tener el máximo cuidado en el cumplimiento de las normas indicadas para la protección personal y del medio ambiente. Los residuos de aceite son altamente contaminantes.



Figura. 3-33 Conjunto de elementos que intervienen en la refrigeración y la lubricación

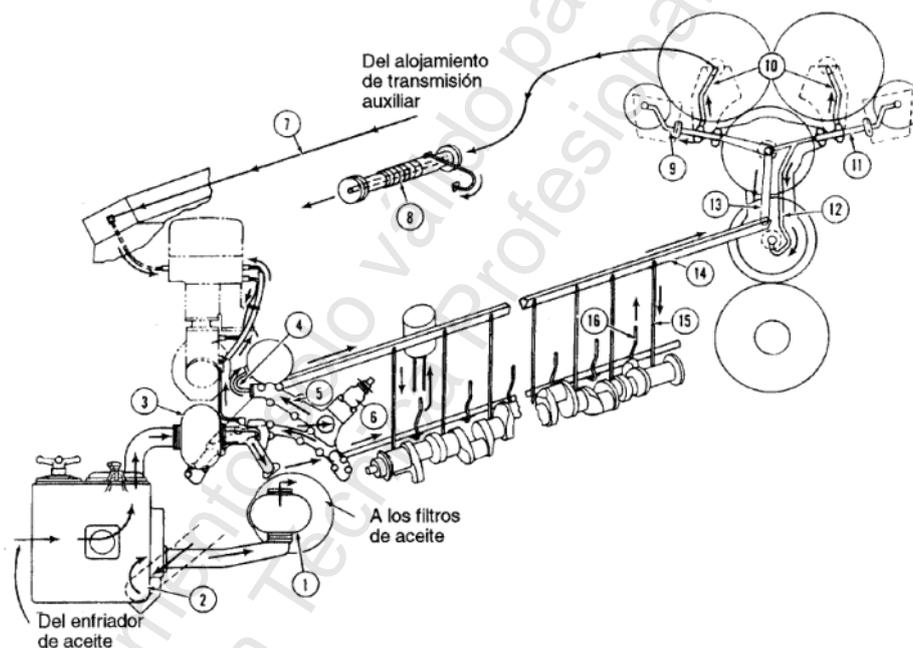


Figura. 3-34 Canalizaciones de distribución del lubricante en el motor

3.7 CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración se compone de bombas centrífugas movidas desde el cigüeñal, las cuales impulsan el líquido refrigerante por sendos tubos, que recorren ambos lados del bloque de cilindros. Conectados a estos tubos tenemos otros con formas acodadas que comunican a las camisas y los enfriadores del aire procedente del turbo, después el líquido pasa a las culatas y de allí al colector que llega a los radiadores para el control de temperatura, terminando en intercambiador y el depósito de expansión y vuelta al motor.



Figura. 3-35 Bombas para el movimiento del refrigerante y canalizaciones.

La misión del circuito de refrigeración es mantener la temperatura del motor en valores que permitan el buen funcionamiento. Un sistema de termostatos ajustado a los valores precisos, mantendrá la temperatura.

Al ser un circuito cerrado, el aumento de temperatura del refrigerante, hace que este aumente su volumen, con el consiguiente aumento de presión.

Una válvula en el tapón del depósito de expansión regula la mencionada presión



Figura. 3-36 Localización de las bombas para el movimiento del refrigerante

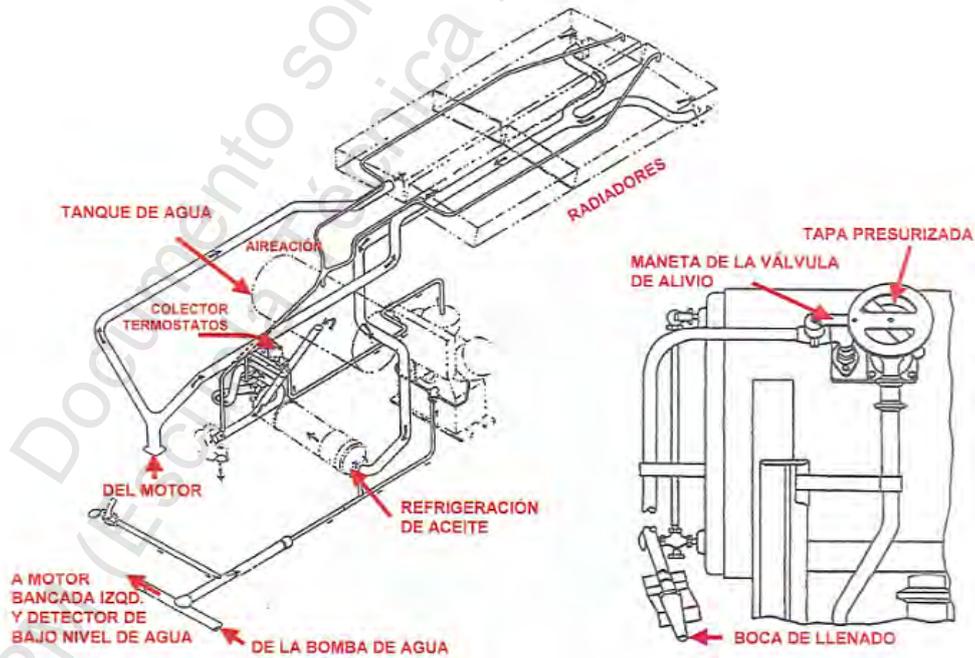


Figura. 3-37 Canalizaciones del circuito de refrigeración

Una de las características del circuito de refrigeración, en los motores GM 645 C y E montados en las S/ 310, 319 y 333, es la ausencia de válvula termostática, con lo cual no tenemos el llamado circuito corto.

El líquido refrigerante llega a los radiadores desde el primer momento que el motor se pone en marcha.

Esto hace que el motor tarde más tiempo en conseguir la temperatura de funcionamiento.



Figura. 3-38 Elementos del circuito de refrigeración en locomotora

3.8 ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

Los motores de combustión interna diésel, necesitan de este combustible para su funcionamiento. Ha de ser llevado a la cámara de combustión en las condiciones idóneas para que la dicha combustión se produzca de la forma más óptima.



Figura. 3-39 Filtros de impurezas y decantadores de agua

El gasoil es aspirado del tanque por una bomba de impulsión, pasa por los filtros decantadores de agua y a continuación es filtrado nuevamente para evitar que lleve impurezas perjudiciales a los elementos de inyección.

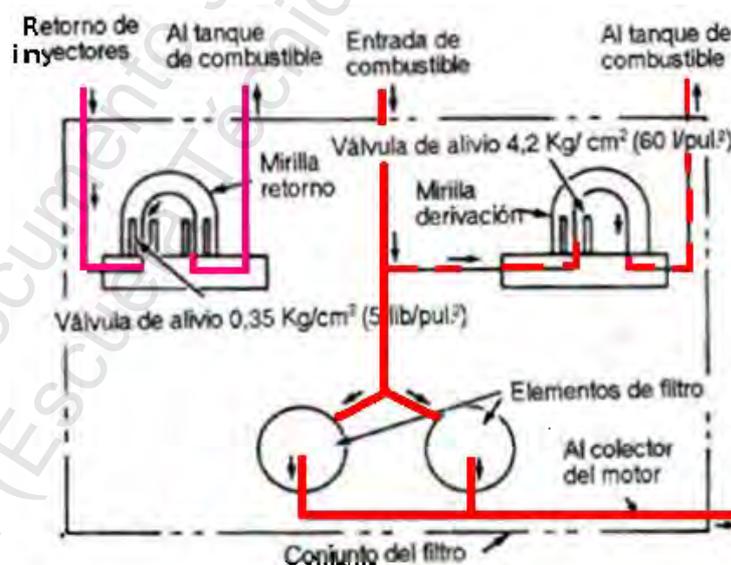


Figura. 3-40 Sistema de generación de la presión de transferencia

Un nuevo filtrado da paso al circuito de distribución por todas las bombas inyectoras, montada en paralelo, con lo cual tenemos un circuito de retorno del combustible sobrante al tanque. Para mantener una presión de transferencia que facilite el llenado de las bombas inyectoras, se monta una válvula en el retorno ajustada a unos 0,35 bar.

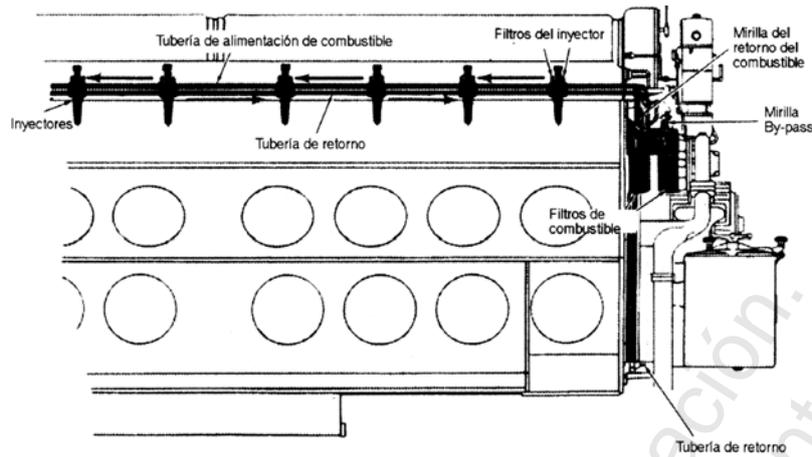


Figura. 3-41 Circuito de combustible en el MD

Las bombas de inyección son movidas por los árboles de levas en la secuencia correspondiente al orden de encendido del motor.

La presión generada por la bomba levanta la aguja del inyector y permite al combustible entrar en la cámara de combustión en forma de espray, produciéndose la combustión, al contacto con el aire caliente de forma inmediata.

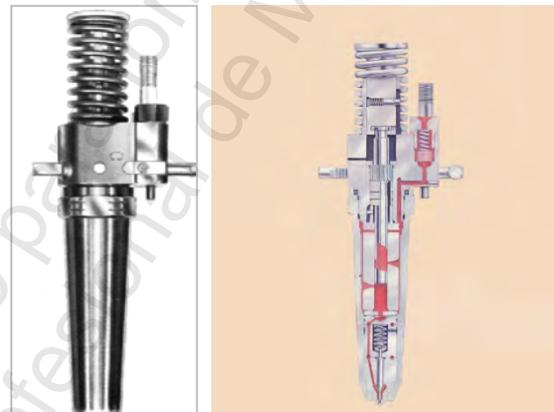


Figura. 3-42 Inyector bomba par MD GM 645



Figura. 3-43 Mecanismo de accionamiento

La dosificación de combustible vendrá determinada por la posición rotativa del émbolo, solidario con la cremallera por medio de la corona.

A su vez las cremalleras de cada bancada se unen en una barra, la cual transmitirá el movimiento que proporciona el reenvío del regulador (Woodward).

El mantenimiento de este mecanismo, ha de hacerse de forma que se pueda garantizar la limpieza. Los émbolos y sus cilindros forman un conjunto inseparable, así como la aguja y la tobera del inyector.

En los bancos de pruebas se ajusta la presión de disparo del inyector, y se verifica la estanqueidad del conjunto, para posteriormente pasar al banco de ajuste del caudal.

Una vez instalados en el motor, el conjunto inyector-bomba necesita ser ajustado su principio de suministro y la regulación del recorrido de cremallera, de forma que a todos los pistones les llegue el mismo caudal y en el momento preciso.

Para la sincronización del principio de suministro, utilizamos el útil tipo calibre de pasa y no pasa, que colocado verticalmente en el cuerpo del inyector y alojado en un agujero destinado para ello.



Figura. 3-44 Toberas del inyector con sus agujas. Conjuntos inseparables

3.9 REGULADOR DE REVOLUCIONES

Como todos los motores diésel, este modelo, necesita del regulador, más conocido como gobernador (Woodward).

Este fundamental mecanismo tiene la misión de mantener las revoluciones del motor en función de la posición del mando de aceleración y la resistencia al movimiento de la locomotora.



Figura. 3-15 Controlador de revoluciones (WoodWard)

Es un regulador electro-hidráulico, cuyo medidor de revoluciones está compuesto por un resorte principal y unos contrapesos, los cuales actúan moviendo una válvula piloto. Esta abrirá o cerrará los pasos de aceite correspondiente.

Otra de las misiones importantes encomendadas al gobernador de los motores diésel EMD 645 E y EMD 12- 710 es proceder a la parada del motor cuando se activa alguna de las vigilancias.

Esta vigilancia la realiza comprobando de forma continuada que la presión del aceite lubricante no baja de un valor de presión determinado por el fabricante. Si esto ocurre, el regulador para el motor, en previsión de daños. La parada eléctrica del diésel también se realiza desde el regulador WoodWar.

En el motor EMD 16-710 G3B-T2, que se instala en las locomotoras S/ 335, el regulador WoodWar es sustituido por un procesador (EMDEC).

La gestión de la inyección se hace de forma electrónica, mediante las bombas-inyector donde unas electroválvulas controlan el momento de la inyección, como el caudal.

3.10 DISPOSITIVOS DE VIGILANCIA

El motor dispone de una serie de detectores para vigilar la presión del líquido refrigerante, sobre presión en el cárter de aceite y temperatura del aceite.

Si estas no se encuentran en los valores previstos para el buen funcionamiento del motor, los detectores enviarán la señal, en forma de bajada de la presión del aceite lubricante, al gobernador y este parará el diésel.

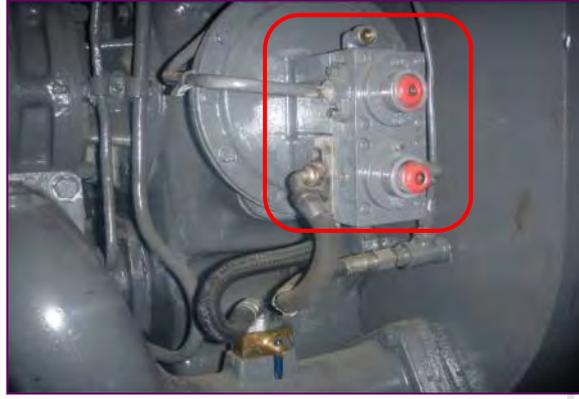


Figura. 3-46 Dispositivo de vigilancia de baja presión en circuito de refrigeración y sobre presión en cárter

4 AUTOMOTORES DIÉSEL

Vehículo ferroviario compuesto por uno o varios coches formando una unidad indivisible, estos a su vez pueden ser coches motor o coches remolque. Propulsado por motores diésel, utilizando su interior para el transporte de viajeros.



Figura. 4-1 Autopropulsado diésel S/599

En automotores no es preciso que todos los ejes sean motrices.

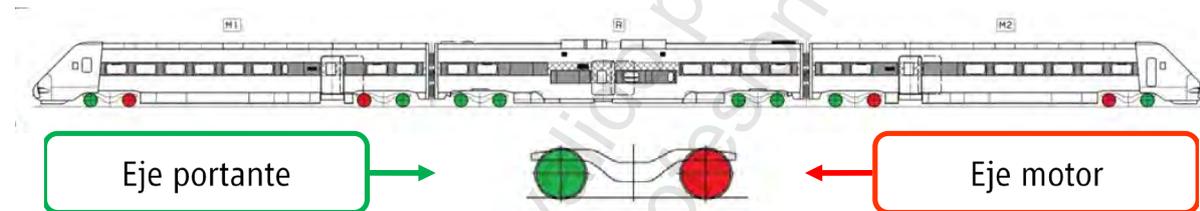


Figura. 4-2 Distribución de ejes motrices en vehículo autopropulsado diésel

Las diferentes series de automotores, desde los más antiguos en el tiempo a los más modernos, presentan una configuración muy similar. La composición está compuesta por dos coches motores en los extremos, con su respectiva cabina de conducción y un coche remolque intermedio. Todos los equipos de tracción se instalan bajo chasis, de esta forma se deja espacio en la sala de viajeros.

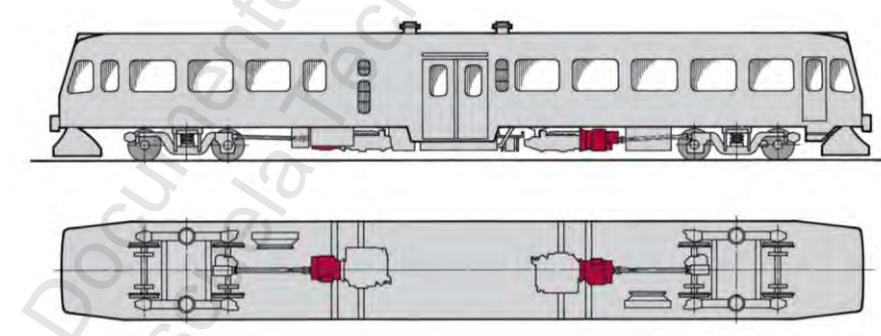


Figura. 4-3 Distribución de la tracción en un vehículo automotor diésel

Los motores empleados para la tracción y servicios auxiliares, son motores utilizados para otros medios de transporte, autobuses, camiones etc.



Figura. 4-4 Ubicación del motor diésel bajo chasis

En estos vehículos, se montan en horizontal modificando el posicionamiento del cárter de aceite, respecto a lo que suele ser habitual.



Figura. 4-5 Conjunto de Motor diésel y Transmisión hidráulica

Normalmente uno de los coches intermedios del vehículo del automotor dispone un motor diésel o dos acoplados cada uno a un grupo generador para suministrar la corriente eléctrica necesaria para los equipos auxiliares del tren.



Figura. 4-6 Grupo Generador para servicios auxiliares

Los motores dedicados a la tracción, van situados bajo chasis, formando conjunto con la transmisión, y está unida al reductor mediante un árbol tipo cardan. Como hemos comentado para los servicios auxiliares se montan, normalmente, bajo el chasis del coche central, uno o dos motores diésel, los cuales moverán un generador eléctrico.



Figura. 4-7 Automotor diésel S/ 598

4.1 CONVERSIÓN DE PAR

Es el proceso por el cual ajustamos el par motor suministrado por el diésel a las condiciones de carga y velocidad requeridas en cada momento de la marcha. Con este fin, modificamos el par inicial suministrado por el motor, multiplicándolo cuando queremos fuerza y desmultiplicándolo cuando queremos velocidad. Para ello utilizamos los convertidores de par.

- Convertidor de Par Mecánico. Caja de Cambios
- Convertidor de Par Hidráulico. Turbo-Transmisión

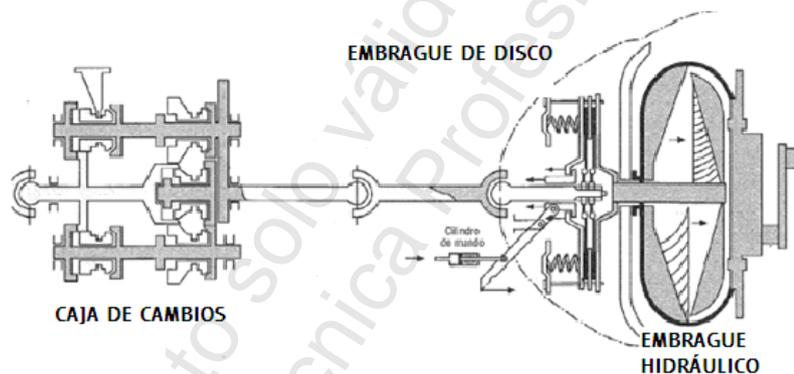


Figura. 4-8 Elementos de la Transmisión Diésel-Mecánica

Para transmitir la potencia del motor a las ruedas, necesitamos un elemento intermediario, el cual nos haga de convertidor de par. No es posible aplicara el par motor directamente a las ruedas.

Los dos convertidores usados en la actualidad, son: las cajas mecánicas, montadas en la serie 596 y las hidráulicas, con sus diferentes versiones, y que utilizan las series 592-594-598-599.

El desarrollo de las transmisiones hidráulicas, unido a la electrónica, ha conseguido mejorar en la fiabilidad de los vehículos, la disponibilidad y menores costes en el mantenimiento.



Figura. 4-9 Turbo transmisión Voith Transmisión Diésel Hidráulica

4.2 TRANSMISIÓN DIÉSEL-MECÁNICA

Como ya hemos visto, a diferencia de la Trasmisión Diésel - Eléctrica usualmente empleada en la Loco-motoras, los Automotores Diésel disponen de dos tipos de Transmisión del esfuerzo de Par Motor a los ejes, estas serán la Transmisión Diésel — Mecánica y la Transmisión Diésel — Hidráulica.

4.2.1 Elementos de la Transmisión Mecánica.

En la transmisión mecánica, el par motor obtenido de la planta motriz se regulariza en el volante de compensación a la salida de fuerza del cigüeñal y, posteriormente, se transmite a los ejes motores a través de los siguientes elementos:

- Embrague.
- Caja de cambios.
- Inversor.

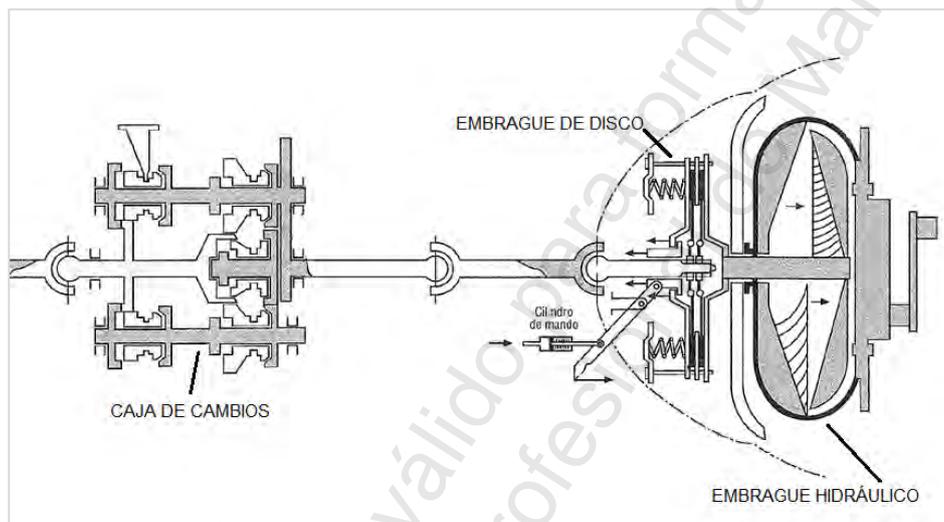


Figura. 4-10 Transmisión mecánica. Elementos

4.2.2 Funcionamiento.

El embrague típico de la transmisión mecánica es el de discos. Se trata de una unión por fricción, brusca e inmediata, que hace imposible su utilización en las arrancadas con grandes cargas de arrastre. Por ello en uso ferroviario, lo podemos encontrar junto a otro embrague hidráulico (con aceite permanente) cuando la caja de cambios utilizada requiere desplazamiento de engranajes.

El cigüeñal del motor diésel hace girar constantemente a la turbina que impulsa aceite mediante sus álabes hacia los de la turbina receptora, la cual a su vez acopla la caja de cambios del cigüeñal, directamente o a través de una unión articulada y telescópica tipo “Cardan”.

El embrague hidráulico carece de palanca de accionamiento, y el embrague se verifica al reducir las revoluciones de la turbina motriz mediante desaceleración del diésel.

El embrague hidráulico posee las siguientes ventajas sobre el de discos:

- Consigue una transmisión suave y progresiva.
- Anula las vibraciones perjudiciales.

Veamos previamente en que consiste la Conversión de Par

4.2.3 Convertidor de par mecánico:

El convertidor de par mecánico por excelencia es la caja de cambios. Compuesta por una serie de engranajes que convenientemente combinados entre sí sacan el máximo rendimiento al motor. Utilizando marchas cortas en las arrancadas o subidas fuertes y prolongadas y marchas largas cuando el perfil es favorable y permite una buena velocidad. Cada relación está pensada para una determinada velocidad.

Para la selección de una determinada relación de engranajes se requiere el desplazamiento de los mismos. Utiliza embrague de disco y está en desuso en los vehículos ferroviarios.



Figura. 4-11 Convertidor de par mecánico. Caja de cambios

4.2.4 Caja de cambios.

Este convertidor de par mecánico transmite la potencia del motor y transforma en velocidad la diferencia entre el par motor y el de arrastre en función de la marcha seleccionada.

La caja de cambios permite, pues alcanzar diferentes velocidades del vehículo con una variación muy pequeña del par motor, es decir, del número de revoluciones del cigüeñal.



Figura. 4-12 Vehículo Autopropulsado S/596. T. Diésel Mecánica

4.3 TRANSMISIÓN DIÉSEL-HIDRAULICA

El principal inconveniente que presenta la transmisión mecánica anteriormente descrita, surge en el momento de conectar y desconectar el giro del motor diésel con el de la caja de cambios, (embrague).



Figura. 4-13 Turbotransmisión

4.3.1 FUNDAMENTO.

El fundamento de esta transmisión **hidráulica o hidrodinámica** es el movimiento que una corriente de fluido comunica a un rotor (turbina), sobre el que hace impacto a través de unos álabes.

- La transmisión del par motor es elástica y se realiza de forma continua.
- No existen rozamiento que deterioren sus distintos componentes, ya que no se produce contacto físico entre ellos, lo cual es causa asimismo de la inexistencia de vibraciones.
- La reducción de la velocidad de entrada a la de salida no es constante como ocurre cuando la transmisión se efectúa por piñones, sino que, por el contrario, se ajusta automáticamente y de forma continuamente variable a la carga acoplada a la salida de fuerza de la transmisión.
- Independiza al motor diésel de las posibles reacciones del material, si bien voluntariamente puede hacerse repercutir la carga acoplada a la salida de la transmisión sobre el primario de la misma con objeto de efectuar el frenado hidrodinámico.
- La potencia adsorbida por la transmisión varía conforme sean las características del convertidor de par, siendo este factor de absorción el principal punto de definición del mismo y cuya cuantificación viene expresada por el coeficiente de proporcionalidad entre la velocidad de salida y la de entrada.

4.3.2 Sistema diésel hidráulico. (Resumen)

El **acoplamiento hidrodinámico**, o embrague hidráulico, figura 6-1 está compuesto por una caja común donde se encuentran la bomba impulsora, movida por el cigüeñal del motor y la turbina.

Con el movimiento de la bomba, impulsada por el motor, el aceite es proyectado hacia la turbina haciendo que esta comience a moverse. La salida de fuerza es por un eje que atraviesa la bomba. A medida que van aumentando las revoluciones del motor el resbalamiento entre bomba y turbina disminuye, pero nunca llegará a desaparecer, pues se cortaría el flujo de aceite y por lo tanto la transmisión de energía.

El **convertidor de par** se hace necesario para poder producir una rápida transmisión del par. Al igual que el acoplamiento hidrodinámico, consta de bomba y turbina, con la diferencia de que entre estos dos elementos va intercalado el estator o reactor. Este componente tiene como misión desviar el caudal que sale de la turbina y redirigirlo a la bomba en condiciones favorables, consiguiendo ese aumento de par más rápidamente que en el caso del acoplamiento.

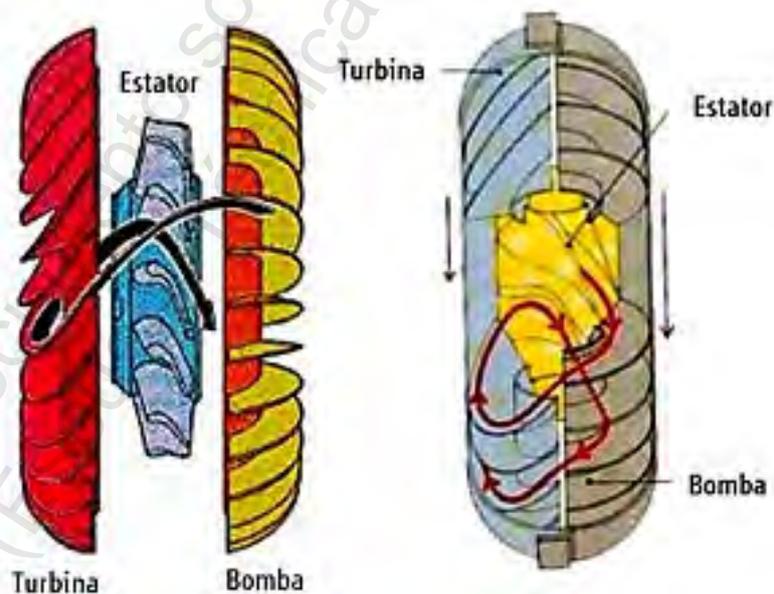


Figura. 4-14 Esquema del acoplamiento hidrodinámico

4.4 ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN

Sistema utilizado en los vehículos automotores. El diésel mueve la transmisión, y en esta un convertidor y un acoplamiento hidráulicos hacen la conversión de par. En la salida de la transmisión, un sistema cardan lleva el esfuerzo al reductor, montado en el eje.

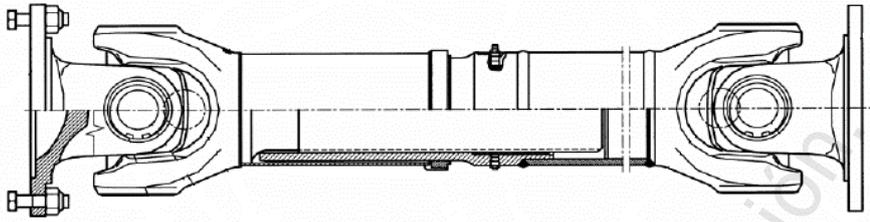


Figura. 4-17 Árbol de transmisión con juntas Cardan.



Figura. 4-18 Cardán dispuesto en vehículo

4.5 INVERSIÓN

La inversión del sentido de marcha de los vehículos, también puede tener lugar de forma totalmente hidráulica sin el empleo de elementos mecánicos de cambios, en una turbotransmisión como ésta existen diversos circuitos hidráulicos y un convertidor de par para cada gama de velocidades. El cambio de marcha se produce automáticamente y sin desgaste alguno por medio de un proceso de llenado y vaciado del fluido de servicio, los cuales se solapan de tal forma que no se produce ninguna interrupción del esfuerzo tractor.

Al vaciar simultáneamente todos los circuitos hidráulicos se produce un funcionamiento a rueda libre que permite la marcha del vehículo motor con el diésel al ralentí.

La maniobrabilidad de un vehículo dotado con turbotransmisión se facilita considerablemente, ya que los mandos de marcha y de inversión se agrupan en uno solo, evitándose además que una falsa maniobra produzca una avería.

4.6 FRENO HIDRODINÁMICO.

Consiste en transformar parte de la energía mecánica producida por los ejes del vehículo en calor, disminuyendo así la velocidad de giro de las ruedas. Este calor, producido por el rozamiento del aceite con los álabes e la carcasa de freno, es absorbido por el aceite del mismo y cedido posteriormente a un enfriador.

El frenado se realiza en la carcasa de freno según una secuencia de trabajo inversa a lo que se efectúa en tracción; comienza al llenar de aceite el cárter de la carcasa de freno y su acción puede ser de frenado o de ayuda para efectuar la transición de una velocidad a otra.

Mientras dura la acción de frenado, el convertidor de par independiza el cigüeñal y el rotor para que, de esta forma, el motor diésel no impida dicho frenado.

5 MOTORES DIESEL EN AUTOMOTORES

5.1 MODELOS DE MOTORIZACIONES

A diferencia de los voluminosos motores diésel de las locomotoras ferroviarias, los motores diésel de los Automotores tienen en comparación con ellos unas dimensiones más ajustadas para poder situarlos bajo el bastidor de los Vehículos ferroviarios. Normalmente se trata de motores diésel empleados en otros vehículos de transporte por carretera (Camiones fundamentalmente) y situando varios de ellos en el vehículo para sumar las potencias de tracción. Se trata de motores en línea de cuatro tiempos con potencias entre 250 y 500 CV, disponiendo de variadas y evolucionadas tecnologías de inyección, desde bombas de inyección en línea hasta sistemas Common-rail.

5.1.1 Motor diésel MAN d2876lue 605

Este modelo de motor, instalado en la S/ 598. Motor diésel de combustión interna, cuatro tiempos, turbo alimentado y de inyección directa.

Bomba inyectora en línea, controlada mediante EDC (control electrónico) tanto la dosificación del caudal a inyectar, como el comienzo de la inyección.

Este motor se utiliza para la tracción, y su localización es bajo chasis y con los cilindros en horizontal



Figura. 5-1 Motor MAN D 2876LUE 605

5.2 BLOQUE DE CILINDROS

Construido en fundición de hierro con aleaciones, constituye la base estructural sobre la que se monta el resto de elementos.



Figura. 5-2 Bloque de cilindros en línea

Su forma corresponde a un bloque motor de seis cilindros en línea, con las mecanizaciones correspondientes, para alojar las seis camisas o cilindros. Internamente lleva las cámaras y canalizaciones para los circuitos de lubricación y refrigeración. Presenta siete apoyos de bancada, donde se aloja el cigüeñal, con los correspondientes taladros por donde fluye la lubricación.

En las reparaciones, siempre se tendrá muy en cuenta la posición de montaje, tanto de cojinetes como de puentes, dando el apriete correspondiente a los tornillos de unión. Con llave dinamométrica, importante ajustarse a los pares de apriete dados por el fabricante y mostrados en la NT (norma técnica)

5.3 CIGÜEÑAL Y ÁRBOL DE LEVAS

Fabricado en acero estampado, equilibrado dinámicamente mediante una serie de contrapesos. Los apoyos de bancada, como las muñequillas de biela, llevan un tratamiento especial de cementación, para su mayor resistencia al desgaste. Es en cigüeñal donde se produce la transformación del movimiento lineal de los pistones, en movimiento circular.



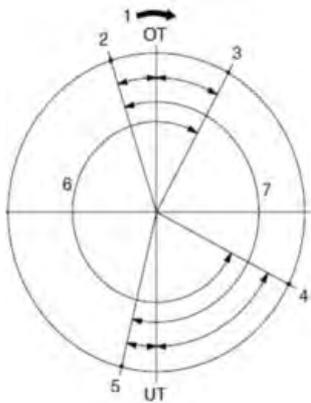
Figura. 5-3 Cigüeñal moto MAN D 2876 LUE 605

El árbol de levas va montado en un lateral del bloque de cilindros, su accionamiento lo realiza un engrane directamente con el piñón del cigüeñal, siendo la relación de transmisión de 2:1, dos vueltas de cigüeñal por una del árbol de levas, se trata de un motor de dos tiempos.



Figura. 5-4 Árboles de levas y Sincronización cigüeñal y árbol de levas.

El diagrama de la distribución, nos muestra el funcionamiento real de las fases del motor y su duración, a diferencia de lo que sería un ciclo teórico



1	Sentido de giro del motor
2	Admisión abre 23° antes PMS
3	Escape cierra 30° después PMS
4	Escape abre 60° antes PMI
5	Admisión cierra 12° después PMI
6	Escape tiempo de abertura 270°

Figura. 5-5 Diagrama de distribución

5.4 CILINDROS. “CAMISAS”

Los cilindros o camisas, van alojados en el bloque motor.

Dado que son camisas húmedas, para lograr la estanqueidad del circuito de refrigeración, se montan anillos toroidales, en la parte alta y en su cierre hacia el cárter de aceite.

En el montaje, para facilitar su inserción en bloque motor, aplicaremos una fina capa de aceite del motor, en la parte superior e inferior.

Es muy importante asegurarse la correcta posición de la camisa, en cuanto a su altura respecto al bloque, evitaremos futuros problemas de cierre con el montaje de la culata. Figura 5-6.



Figura. 5-6 Montaje de cilindro

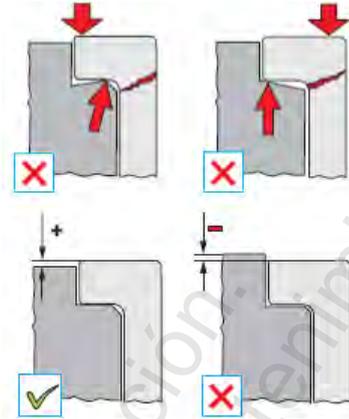


Figura. 5-7 Rotura de collarín en cilindro por fallo de montaje

Este tipo de camisas se las denomina, camisas húmedas, dado que la superficie exterior está en contacto directo con el líquido refrigerante. Pudiendo sustituirse en caso de desgaste o avería.

Si en cualquier caso es importante, en este tipo de motores, es fundamental que el refrigerante contenga los aditivos correspondientes para mantenerse en buenas condiciones y no dañar a los elementos que refrigera.

Si por alguna circunstancia fallara la estanquidad, en las zonas que cierran con la parte del cárter, puede darse la avería de paso del refrigerante al lubricante con el consiguiente fallo del sistema.

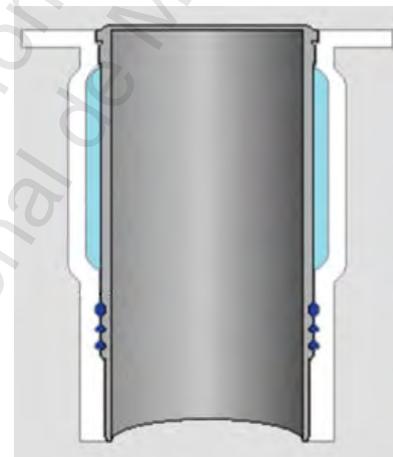


Figura. 5-8 Camisa húmeda

5.5 PISTONES Y BIELAS

Pistones fabricados en aleación de aluminio, en su cabeza alojan la cámara de combustión y las canales para los dos segmentos de compresión y el segmento de engrase.

La unión con el pie de biela, es mediante un bulón flotante, con anillas elásticas de seguridad que evitan su desplazamiento axial.



Figura. 5-9 Pistones con alojamiento de la cámara



Figura. 5-10 Pistón con segmentos y bielas en verificación

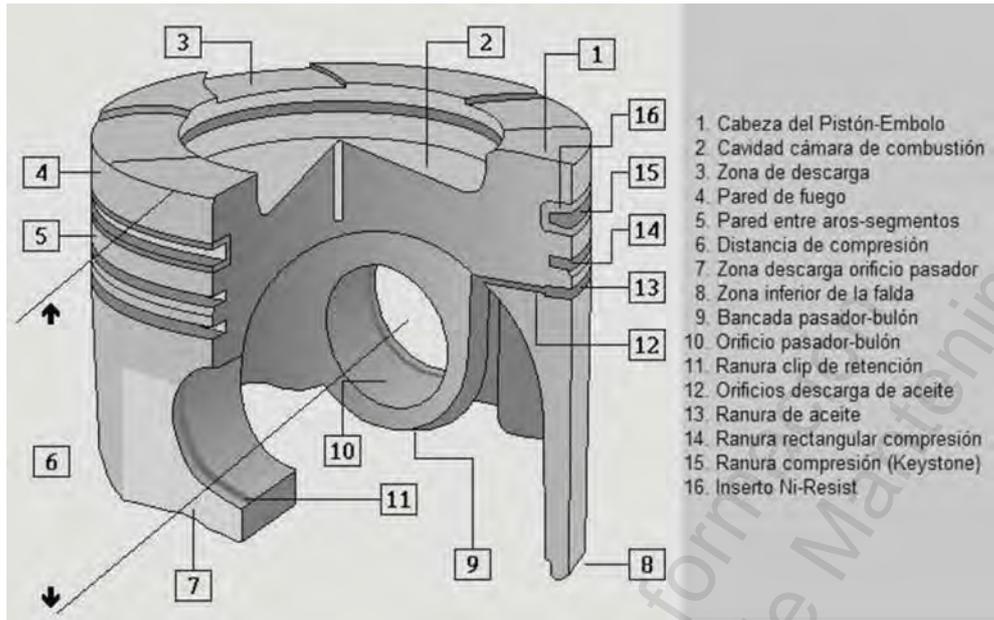


Figura. 5-11 Esquema de sección de cabeza de pistón.

5.6 CULATAS

Estos motores llevan culatas independientes (Culatines) para cada cilindro. Fabricadas en fundición de hierro, cuatro válvulas, dos de escape y dos de inyección.

Canalizaciones de paso para el lubricante y el líquido de refrigeración.

Mediante un puente de válvulas, se accionan las dos válvulas de escape o admisión, necesitando una sola leva de accionamiento.



Figura. 5-12 Culata vista desde el cilindro.

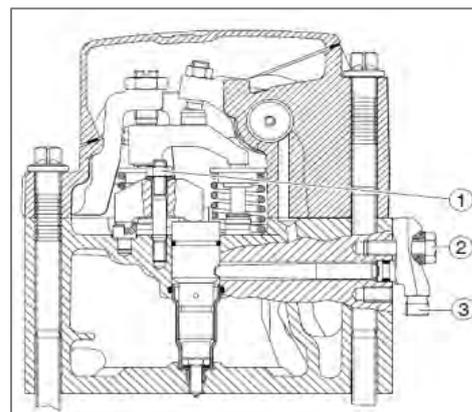


Figura. 5-13 Detalle de culata motor MAN D 2876LUE 605

Centrado en la culata se localiza el alojamiento del inyector. Para impedir la entrada de aceite lubricante, por las guías de válvulas, se instalan en cada guía un retén.

Internamente la culata lleva las canalizaciones por donde circula el líquido refrigerante, procedente del bloque motor.

5.7 EL CÁRTER

Cierra el bloque por la parte del cigüeñal, y sirve como depósito para el aceite de lubricación. Construido en aleación de aluminio, tabicado interiormente para darle consistencia y evitar el desplazamiento del lubricante.



Figura. 5-14 Detalle del cárter de aceite utilizado en este modelo de motores

Por la obligada posición de montaje que adoptan estos motores, el cárter presenta muy poca altura, y como consecuencia, poco volumen, haciendo necesario en algún caso, otro cárter “nodriza”.

5.8 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La lubricación tiene como misión disminuir el coeficiente de rozamiento, y el control de la temperatura generada por las piezas en movimiento. Todo ello ayuda a mejorar el rendimiento mecánico del motor.

Como elemento principal de la lubricación, tenemos la bomba, encargada de aspirar el aceite e impulsarlo, dando el caudal y la presión necesaria para un buen funcionamiento.

La válvula de seguridad, como en todos los sistemas, controlará la presión del circuito para que no sobrepase los valores dados por el fabricante del motor.

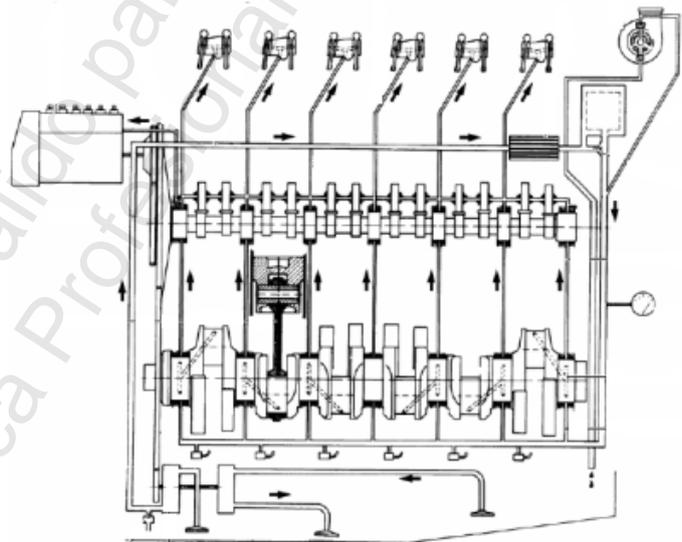


Figura. 5-15 Esquema circuito lubricación MAN D 2866 TUE

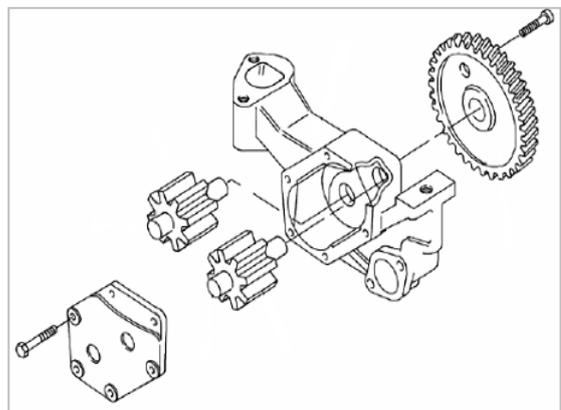
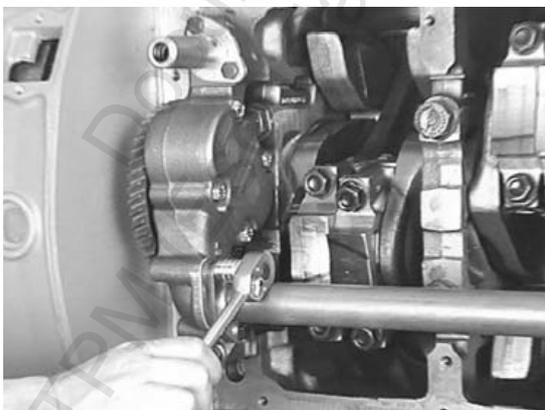


Figura. 5-16 Despiece de bomba impulsora del lubricante y ubicación de la válvula de seguridad

Para mantener la temperatura dentro de los márgenes apropiados, el aceite pasa por un intercambiador de calor. Un radiador rodeado del refrigerante, permite el paso de temperatura del aceite al circuito de refrigeración.

En todo su recorrido, el aceite lubricante debe cumplir la misión de arrastre y limpieza de las impurezas, partículas o elementos de desgaste que se puedan producir en el funcionamiento. Los diferentes aditivos que lleva el lubricante, son necesarios para mantener la viscosidad independientemente de la temperatura. La función detergente, dispersante de las partículas sólidas procedentes de la combustión, que como sabemos pasa entre los segmentos y el cilindro.

De cara al mantenimiento, es fundamental mantener los límites del nivel del lubricante en los valores que determina el fabricante, para evitar graves problemas al motor.



Figura. 5-17 Radiador intercambiador de temperatura

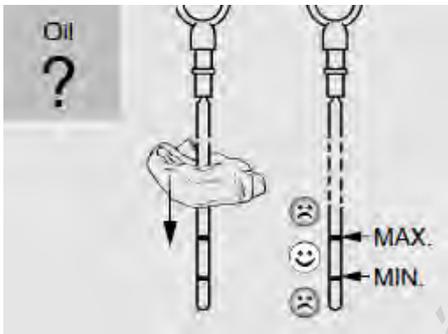


Figura. 5-18 Sonda y sensores de nivel en motores MAN D 2876 LUE

Los periódicos controles tanto de nivel, como mediante toma de muestras para su análisis, nos pueden ayudar en la determinación del estado del motor. Un alto consumo de aceite debe investigarse y determinar si es algo transitorio o permanente.

5.9 CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

Este sistema tiene la misión de mantener la temperatura del motor dentro de valores, que conjuguen el rendimiento mecánico y que a su vez evite el gripaje de los mecanismos en movimiento.

Los motores que estamos viendo, tienen la refrigeración por líquido refrigerante, donde el calor absorbido se transmite al ambiente exterior por medio del radiador.

Como se verá en la figura 5-19 existen tres circuitos, el largo y corto del motor y el correspondiente a la refrigeración del aire de carga para el motor.

Una bomba de doble funcionamiento en tándem mueve el líquido refrigerante de los circuitos mencionados.

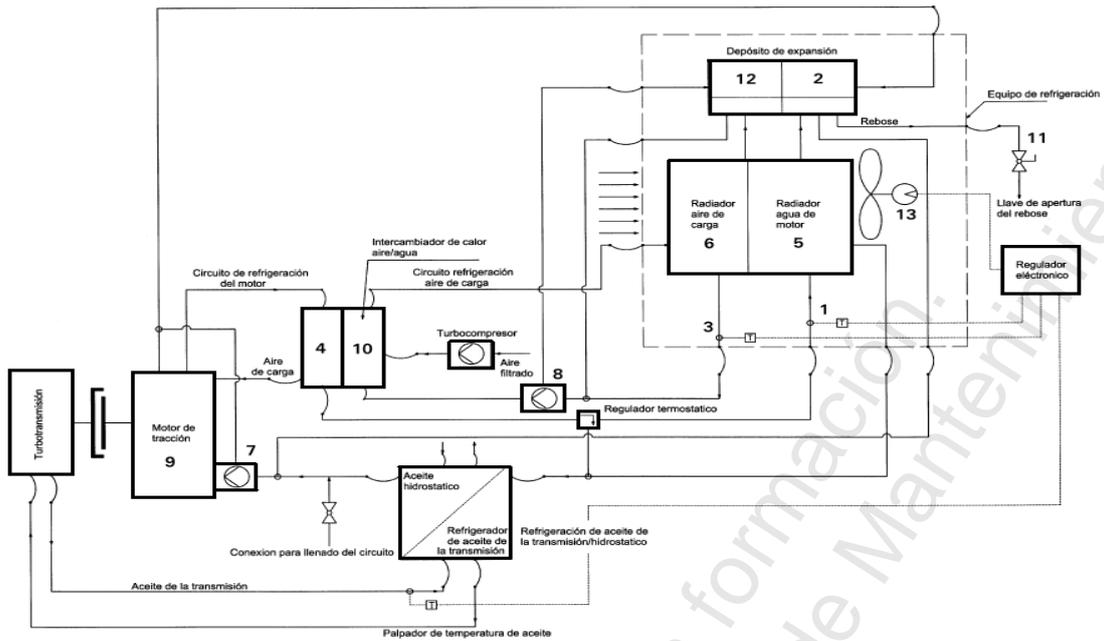


Figura. 5-19 Esquema de circuito refrigeración S/ 598

El accionamiento de la bomba del refrigerante, se hace mediante correas trapezoidal, desde una polea montada en el dâmpfer a la salida del cigüeñal.

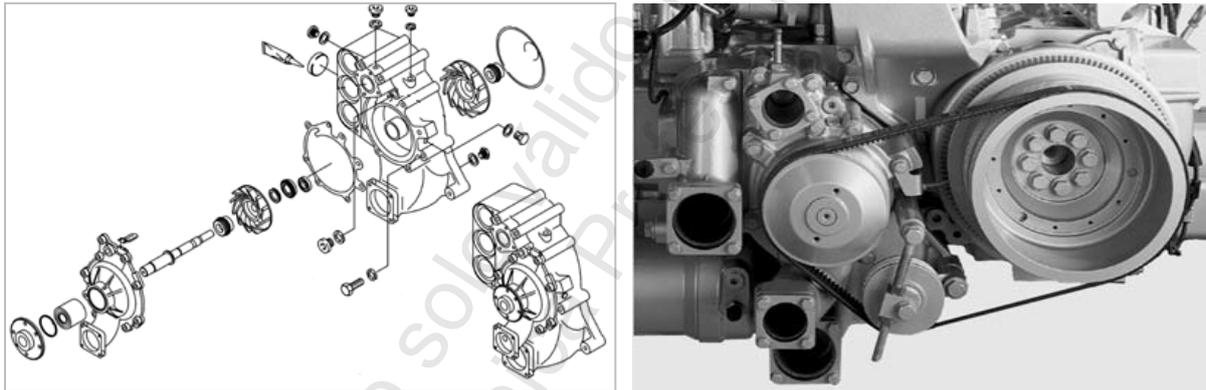


Figura. 5-20 Despiece y vista de bomba de agua

Una válvula termostática, selecciona el circuito corto, en el cual el líquido refrigerante, sale del motor y vuelve a la entrada de la bomba, pasando por el intercambiador de la hidroestática y la turbo transmisión.



Figura. 5-21 Válvula termostática(1), radiadores ventilados(2) y depósito de expansión(3).

Los radiadores, situados en lo alto del techo del vehículo, llevan adosado el depósito de expansión y el ventilador.

5.10 SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN

El proceso de alimentación de aire, se hace mediante el turbo-compresor

Este sencillo mecanismo consigue un mejor llenado del aire de carga en el cilindro, lo cual supone un mayor rendimiento volumétrico y por consiguiente un aumento de la potencia del motor.

La temperatura de salida de los gases de escape, propicia su expansión en el colector de escape, accionando la turbina impulsora, que unida por un eje, hace girar a la turbina compresora generando la presión de alimentación.

Dada su alta velocidad de giro, es importantísimo su perfecto equilibrado. Este se realiza en máquinas equilibradoras como la que

vemos en la figura 5-23.

La perfecta lubricación, es de suma importancia en el Turbo ya que disminuye el rozamiento y algo esencial en este mecanismo sometido a elevadas temperaturas producidas por los gases de escape, el caudal de aceite es lo que refrigera el Turbo.

Producto de la compresión del aire, este se calienta aumentando su volumen y bajando la densidad, con lo cual, para reducir este efecto, lo haremos pasar por un intercambiador de calor reduciendo su temperatura y de esta forma aumenta su densidad.

En la figura 5-24 vemos de forma esquemática el funcionamiento de un turbo-compresor con los diferentes elementos que componen el sistema



Figura. 5-22 Turbo-compresor



Figura. 5-23 Equilibradora para turbos

Figura. 5-24 Circuito de sobre-alimentación

5.11 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN E INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

El combustible principal de los motores diésel del material ferroviario es el gasóleo; este se obtiene de la destilación fraccionada del petróleo. El Gasóleo debe tener una elevada tendencia a la auto-inflamación, que se mide por el índice de cetano (NC). Este índice indica cuanto se puede comprimir el gasóleo antes de inflamarse.

Para que el motor funcione de forma suave, es necesario producir una inflamación rápida y completa del gasóleo inyectado, según va entrando en contacto con el aire a alta presión y temperatura dentro de la cámara de combustión.

El circuito de Alimentación e Inyección tiene la misión de llevar el combustible desde los depósitos, con toda la limpieza posible, hasta la cámara de combustión. Para un buen funcionamiento del motor, los elementos que componen el sistema, harán que el mencionado combustible entre en la cámara de combustión en el momento preciso y de forma atomizada, para una buena combustión.

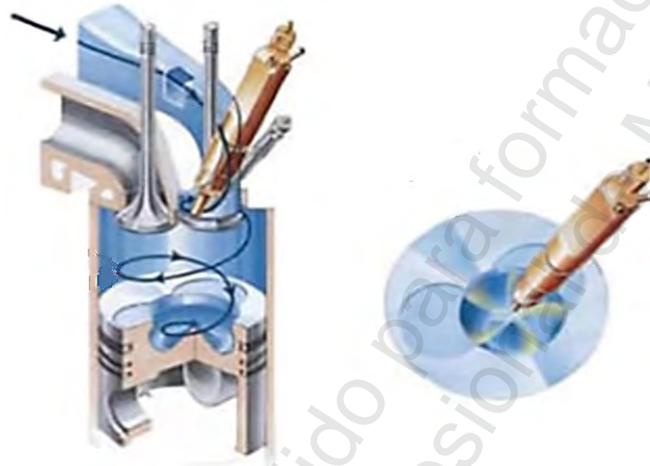


Figura. 5-25 Esquema de cámara de combustión MD inyección directa

La pulverización del combustible en el momento preciso de la inyección en la cámara de combustión, es de gran importancia para conseguir una buena combustión. Para obtener esta pulverización son necesarias grandes presiones que sólo pueden lograrse mediante la bomba de inyección o con modernos sistemas gestionados por microelectrónica.

La entrada de aire en la cámara de combustión debe producirse en forma de torbellino, para que se facilite la oxidación del combustible y con ello una rápida combustión.

El combustible ha de entrar de la forma más atomizada posible, pero con la suficiente masa para distribuirse en forma de neblina.

En la inyección directa el combustible se introduce directamente en la cámara de combustión formada por la culata y la cabeza del pistón, incidiendo sobre la cabeza del pistón, siempre más caliente que las paredes del cilindro, la forma de la cabeza del pistón crea una turbulencia que acelera y mejora la combustión, necesita relaciones de compresión superiores a 15 a 1 y buenos inyectores de tobera cerrada.

El inyector se orienta hacia el foco de calor que se crea al final de la compresión en la cámara de combustión. La situación e intensidad de dicho foco depende de la forma de la culata o de la cabeza térmica del pistón.

El principal inconveniente, era su alta sonoridad al ralentí y a bajo régimen, en la actualidad los progresos realizados en insonorización y encapsulamiento del motor han reducido este problema de rumorosidad.

Básicamente los elementos que componen el sistema de Alimentación e Inyección de combustible son los siguientes: depósito de combustible, filtros, bomba de alimentación, bomba inyectora, conductos o tubos de alta presión e inyectores

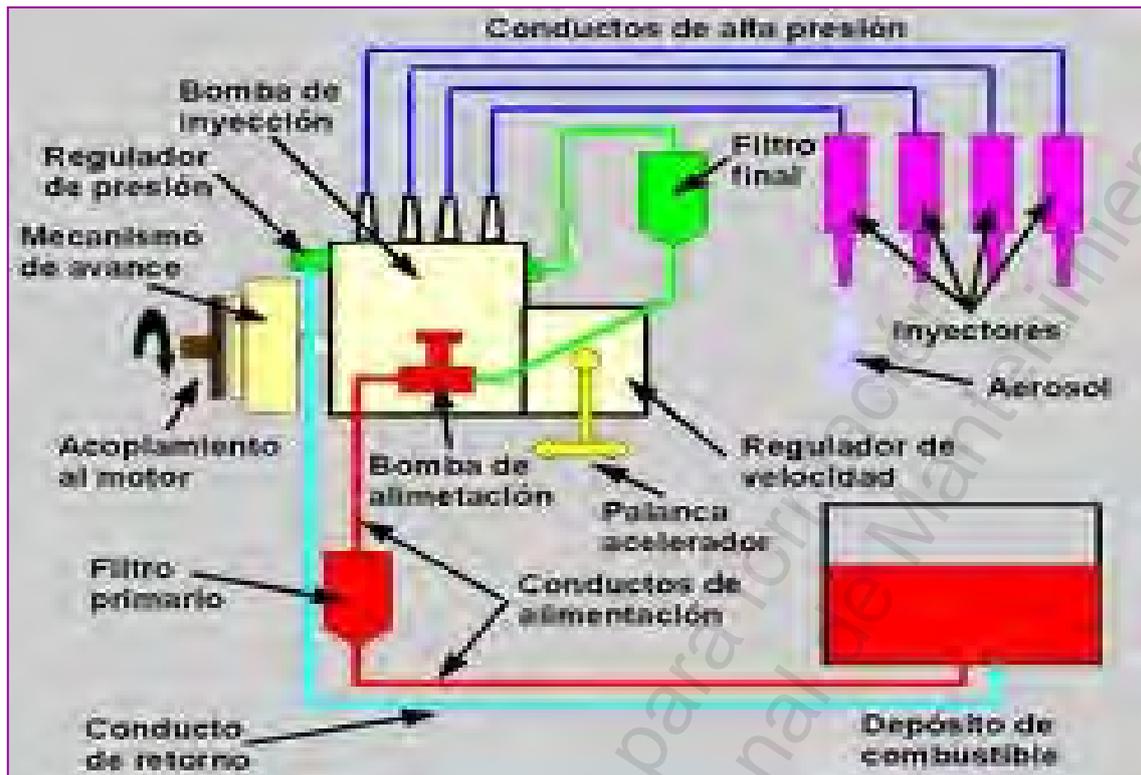


Figura. 5-26 Esquema del sistema de inyección

En los modelos de motores que estamos viendo, distinguiremos dos circuitos diferenciados; el de baja presión, integrado por el depósito, filtros y bomba de alimentación. Con estos elementos se consigue llevar el combustible hasta la bomba inyectora

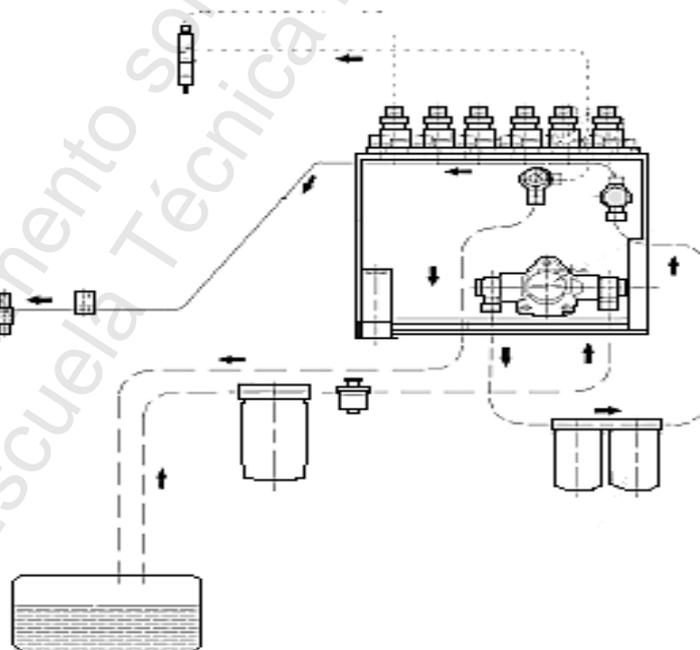


Figura. 5-22 Esquema de circuito combustible motores MAN

5.11.1 Bomba inyectora en línea

Es el componente más importante del circuito de combustible. Movida por los engranajes de la distribución envía el combustible a muy alta presión hacia los inyectores.

Dosifica la cantidad a inyectar según las necesidades de funcionamiento del motor y lo hace en el momento preciso, adaptándolo automáticamente, dependiendo de las revoluciones del motor

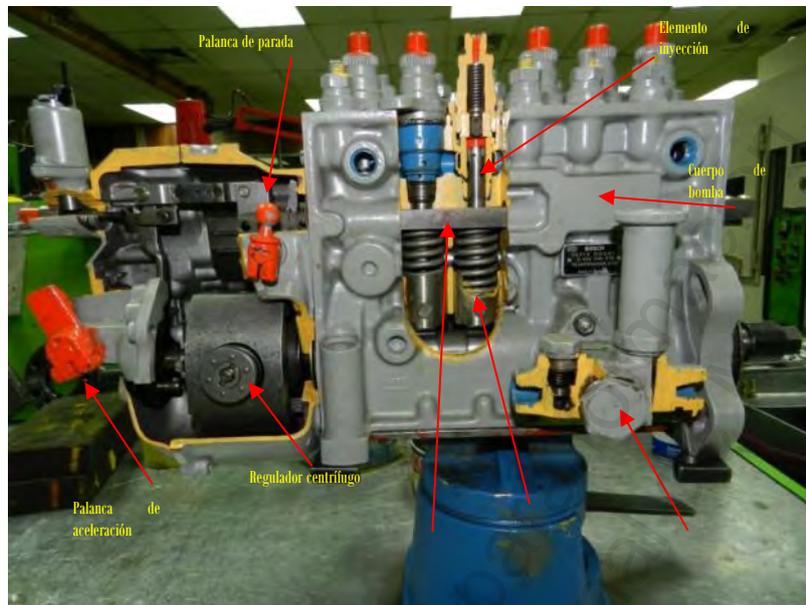


Figura. 5-27 Bomba inyectora en línea

Concretando un poco más, en los motores que estamos estudiando. El tipo de bomba, corresponde al modelo de bomba en línea. Todos los elementos de inyección, tantos como cilindros tenga el motor, están contenidos en el denominado cuerpo de bomba.

Un árbol de levas, moverá los distintos émbolos, venciendo la resistencia de los muelles, los cuales mantienen los émbolos siguiendo el perfil de la leva. La dosificación se consigue haciendo girar los émbolos por medio de la cremallera, para posicionar su rampa en máxima o mínima entrega.

La bomba de inyección está situada en el propio motor diésel, normalmente en un lateral cuando se trata de un motor en línea, o entre las dos bandas cuando se trate de un motor en V. En algunos tipos de automotores está situada en un extremo del motor. Evidentemente en cualquier caso está accionada mediante la distribución.

5.11.2 Variador de avance

Elemento mecánico, se monta normalmente en la entrada del accionamiento de la bomba inyectora. Utilizando la fuerza centrífuga, en función de las revoluciones, el variador adelantará el momento de la inyección. Su buen funcionamiento es importante para el rendimiento del motor



Figura. 5-28 Variador de avance.

5.12 SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

Las revoluciones constantes de un motor diésel son el resultado del equilibrio entre la cantidad de combustible inyectado y la resistencia que se opone a la aceleración.

La finalidad del regulador consiste en estabilizar las revoluciones del motor dentro de ciertos límites.

Todo incremento de revoluciones del motor es una señal para que el regulador desacelere, controlando la cantidad de combustible inyectado.

5.12.1 El Regulador

Es un elemento auxiliar del motor diésel que actúa sobre la bomba de inyección, o inyector bomba, que ajusta y mantiene automáticamente, el régimen de revoluciones demandado, con independencia de la carga.



Figura. 5-29 Regulador centrífugo de masas.

El motor diésel necesita un regulador que gestione la cantidad de combustible necesaria para mantener el número de revoluciones solicitado por el mando de aceleración.

Cuando en una posición determinada del mando de aceleración, la cantidad de combustible inyectada es insuficiente para mantener el esfuerzo exigido al motor, decrece el número de revoluciones, disminuyendo en igual medida la fuerza centrífuga a que está sometido el regulador, actuando éste sobre las cremalleras de inyección para aumentar la cantidad de combustible, estabilizando la velocidad de giro del cigüeñal.

Análogamente, si la cantidad de combustible resulta excesiva para el esfuerzo que realiza el motor, aumenta el régimen de giro del cigüeñal y el regulador modifica su posición de trabajo, para accionar nuevamente las cremalleras de inyección y reducir ahora el paso de gas-oil a los inyectores. Hecho que provoca una vez más la estabilidad del número de revoluciones del cigüeñal.

Los reguladores mecánicos de masas centrífugas, giran solidarios con el árbol de levas de la propia bomba. Dependiendo de las revoluciones, las masas vencen la resistencia de unos muelles, desplazándose radialmente. En ese desplazamiento mueven un sistema de palancas, las cuales hacen que la cremallera se desplace en sentido de más o menos suministro.

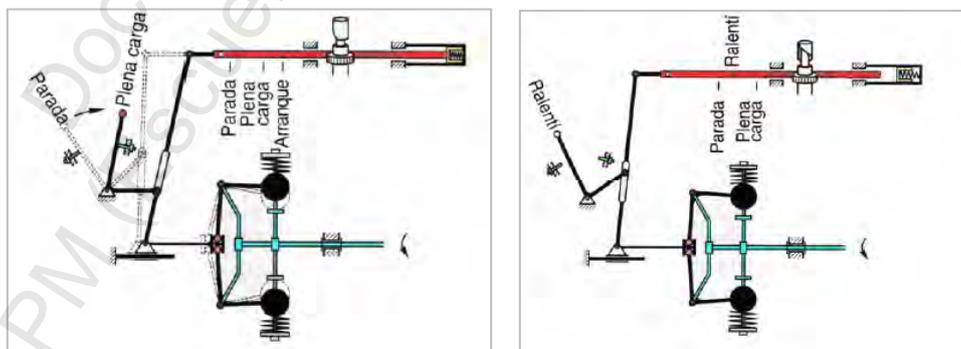


Figura. 5-30 Regulador a plena carga y al ralenti

En la actualidad, los reguladores son gestionados de forma electrónica. A un procesador le llegan las señales de una serie de sensores, entre esos informadores, llega la señal de posición del mando de tracción, esa información es procesada y enviada a los actuadores.

En estos casos los actuadores, básicamente constan de un electroimán unido a la cremallera de la bomba. La posición de la cremallera viene dada por el núcleo del electroimán



Figura. 5-31 Bomba en línea con actuador magnético (izquierda) y Actuador para control de cremallera (derecha)

Las figuras 5-31 muestran los sistemas de actuadores correspondientes a los motores MTU 8V396TC13 y MAN D 2876 LUE 605. Constan esencialmente de un electroimán, el cual posiciona su núcleo en función de una señal tipo PWM. El mencionado núcleo va unido mecánicamente con la cremallera de la bomba inyectora, con lo cual sigue el movimiento del electroimán y propicia las variaciones en la dosificación del combustible.

Esta gestión se realiza mediante señales de Sensores y Actuadores en la Unidad de Control.

La unidad de control EDC procesa la información que recibe a través de:

- El transmisor de recorrido de regulación
- Fijación del nivel de marcha
- Sensor de presión de sobrealimentación
- La sonda de temperatura del líquido refrigerante
- La sonda de temperatura del aire de sobrealimentación
- La sonda de temperatura del combustible (sólo en EDC de motores principales)
- Indicador de movimiento de aguja del inyector (sólo en EDC de motores principales)
- Valor de los transmisores del número de revoluciones

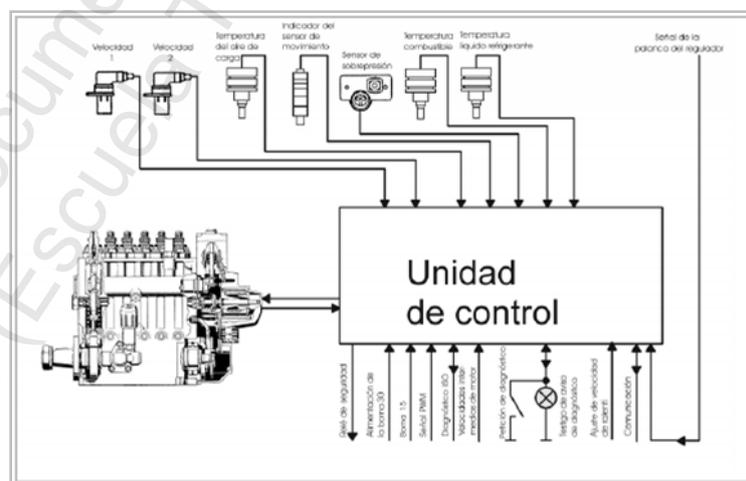


Figura. 5-32 Unidad de control de Señales

5.12.2 Inyectores

Para que el combustible penetre en la cámara de combustión y se produzca una buena combustión de la mezcla, es necesario lograr una fina pulverización. Es el inyector el elemento que cumple con esas condiciones.



Figura. 5-33 Inyectores MAN D2866Lue 601

Las partes más importantes son: porta inyector, elemento de fijación a la culata y soporte para la tobera o inyector propiamente dicho.

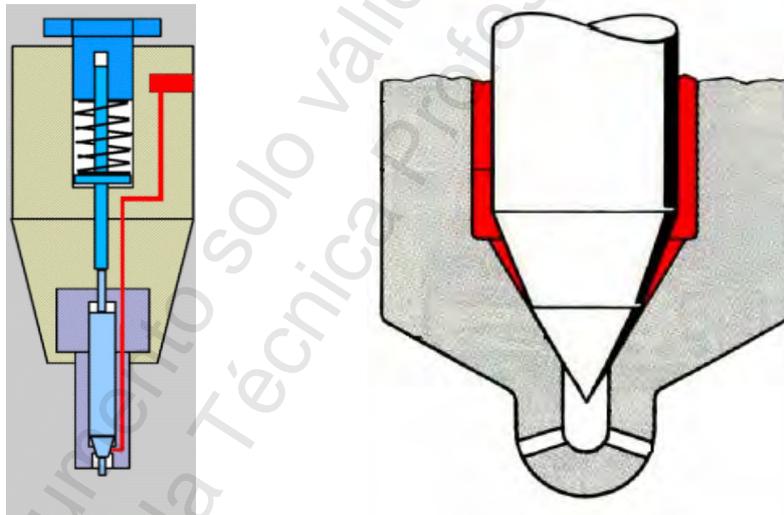


Figura. 5-34 Funcionamiento de inyector y detalle de tobera

Su funcionamiento es sencillo. El combustible llega por los tubos de alta presión, una canalización en el porta-inyector hace que llegue el gasoil a la tobera. La presión levanta la aguja, venciendo la resistencia del muelle regulador presión de apertura. Una parte del combustible retorna como sobrante sirviendo como lubricante.

En los modelos de motores vistos en este libro, son todos de inyección directa, el combustible es inyectado directamente en la cámara de combustión, con lo cual el tipo de inyector utilizado es de orificios por donde sale el combustible finamente atomizado.

5.13 SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL

Este moderno sistema de inyección se basa en la aplicación de la electrónica en la gestión de la inyección. El circuito de baja presión es lo mismo que en los sistemas convencionales.

La alta presión se genera por una bomba de pistones axiales. El combustible se acumula en el rail común pudiendo llegar a una presión máxima de 1.600 bar. Desde el acumulador, llega a los inyectores, controlados por electroválvulas, gestionadas por la electrónica.

Los motores de tracción de los modernos autopropulsados de la Serie 599 utilizan este sistema de inyección, así como los motores diésel de los trenes híbridos AVE Serie 730.



Figura. 5-35 Bomba de alta presión MAN D2876 LUE 623

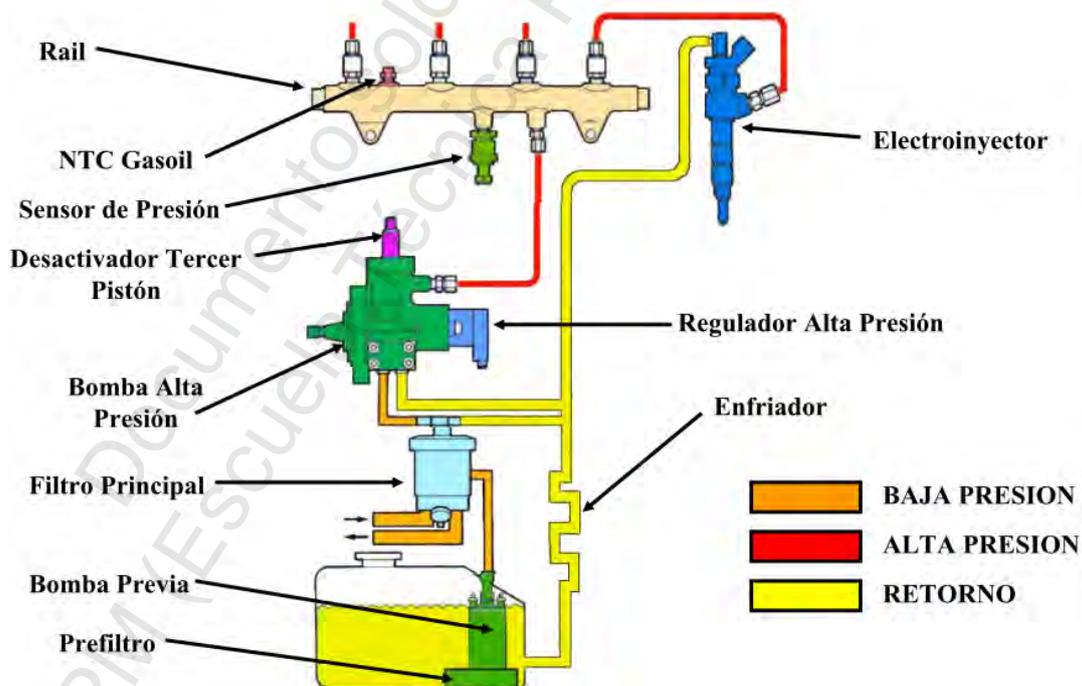
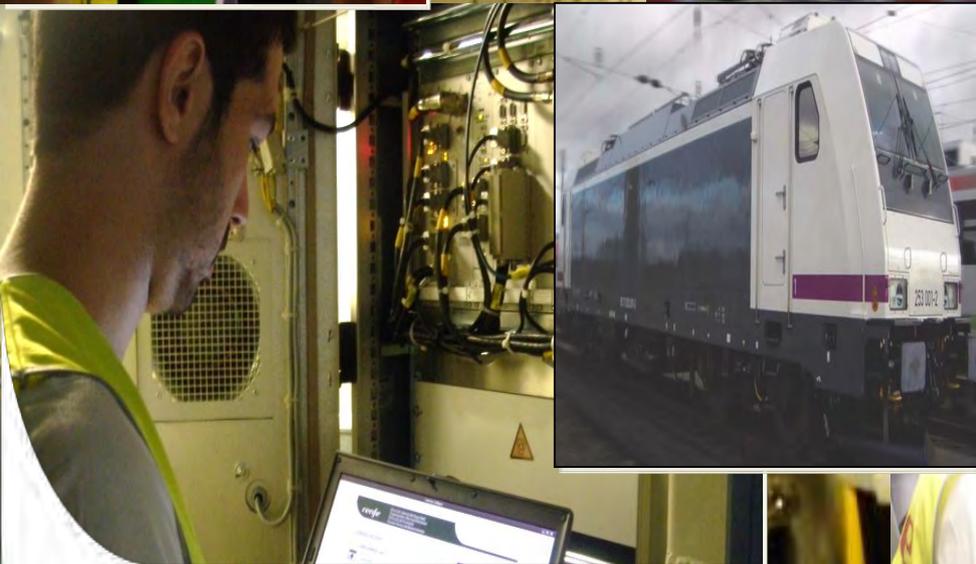


Figura. 5-36 Esquema de Inyección Diésel Common-Rail

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)



renfe

Dirección General de Seguridad,
Organización y Recursos Humanos.
Dirección de Formación.
Escuela Técnica Profesional de
Mantenimiento.

FORMACIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS BÁSICO (FTV Básico Neumática y Freno)

Edición 1

Autor: Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Operadora.

Edita: © Renfe Operadora. Edición 1 Julio del 2018

Dirección de Formación.

Dirección General de Seguridad, Organización y Recursos Humanos.

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL AUTOR.

FORMACIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

La perseverancia y la determinación en las tareas de mantenimiento de vehículos ferroviarios españoles nos ha situado en un escenario donde conviven vehículos con tecnologías antiguas (no por ello poco eficaces) con vehículos muy sofisticados que implementan los últimos avances tecnológicos y que de forma paralela también se pueden advertir en otros sectores del transporte y la automoción.

El convivir con ambas tecnologías, la del pasado y la del presente, nos sitúa ante un reto complejo, pero no imposible, si se disponen de una buena organización que ponga a nuestro alcance los medios y los recursos necesarios.

Dentro del apartado de los profesionales que nos dedicamos al mantenimiento, es necesario disponer de personal actualizado y muy cualificado, sobre todo en las tareas mantenimiento correctivo. Es en este ámbito donde la formación juega un papel fundamental.

Este libro hace referencia a aquellos dispositivos que han necesitado y necesitan de la energía del aire para realizar un trabajo dentro de los vehículos ferroviarios.

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como medio de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire principal protagonista, como gas ideal, es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime. Almacena gran parte de la energía utilizada para comprimirlo y puede devolverla cuando lo expandimos.

Este documento hará referencia a la simbología relativa a los elementos más utilizados en los vehículos ferroviarios, algo sumamente importante cuando te enfrentas a la resolución de problemas o averías.

Persigue concienciar a los futuros mantenedores de la importancia del tratamiento del aire para su acondicionamiento, ya que un aire contaminado por agua, barros, lacas, carbón etc., en la fase de compresión, es un producto que sin duda acortará la vida de los componentes y disminuirá la fiabilidad de los mismos, al producirse un funcionamiento errático a nivel general de los sistemas neumáticos que componen un vehículo.

En este libro, se recoge el conocimiento necesario para entender los diferentes sistemas de freno más básicos que incorporan la gran diversidad de vehículos y debe ser el primer conocimiento que los técnicos debemos adquirir antes de acceder a una formación centrada en un vehículo concreto

Implícitamente este libro pretende acercar, enseñar y cultivar el aprecio y el gusto por la tecnología neumática y el freno ferroviario, una técnica que exige conocimiento y compromiso del trabajo bien hecho, que es al mismo tiempo el compromiso con la fiabilidad y con la seguridad en el transporte de miles de personas, que utilizan el tren como un sistema de transporte seguro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	NEUMÁTICA DEFINICIÓN	9
2.	FISICA APLICADA A LOS GASES.....	10
3.	SIMBOLOGÍA.....	15
4.	ACTUADORES Y VÁLVULAS DE FRENO.....	26
5.	DIFERENTES FORMAS DE FRENAR.....	34
6.	ANTIBLOQUEO.....	48
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	57

ÍNDICE

1. NEUMÁTICA DEFINICIÓN.....	7
2. FÍSICA BÁSICA APLICADA A LOS GASES.....	8
2.1 ESTADOS DE LA MATERIA.....	8
2.2 FÍSICA DE LOS GASES.....	9
2.2.1 Ley de los gases ideales.....	9
2.3 EL AIRE.....	12
3. SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA.....	13
3.1 ELEMENTOS FUNCIONALES.....	13
3.2 CONEXIONES.....	15
3.3 UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE.....	16
3.4 VÁLVULAS DIRECCIONALES O DISTRIBUIDORAS.....	17
3.4.1 Válvulas neumáticas según su función.....	17
3.4.2 Válvulas neumáticas según su accionamiento.....	19
3.4.3 Clasificación de los accionamientos de las Válvulas neumáticas.....	20
3.4.4 Designación de las conexiones.....	21
3.5 VÁLVULAS DE FLUJO Y BLOQUEO.....	22
3.6 CILINDROS.....	22
4. UNIDAD DE FABRICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.....	24
4.1.1 EL COMPRESOR.....	25
4.1.2 RADIADORES REFRIGERADORES DEL AIRE.....	27
4.1.3 FILTROS Y DESENGRASADORES.....	28
4.1.4 VÁLVULAS DE SEGURIDAD.....	29
4.1.5 DEPÓSITOS.....	29
4.1.6 SECADOR.....	30
5. ACTUADORES Y VÁLVULAS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS.....	31
5.1 VÁLVULA DE FRENO DIRECTO.....	31
5.2 VÁLVULA DE CIERRE DE BOLA.....	31
5.3 VÁLVULA DE CIERRE DE BOLA CON VÍA DE ESCAPE.....	31
5.4 VÁLVULA DE DOBLE EFECTO.....	32
5.5 LLAVE DE AISLAMIENTO PARA TFA Y TDP.....	32
5.6 VÁLVULAS DE RETENCIÓN.....	32
5.7 VÁLVULA DE FLUJO.....	33
5.8 VÁLVULAS REGULADORAS.....	33
5.9 MANÓMETROS.....	33
5.10 ELECTROVÁLVULA DIRECTA E INVERSA.....	34
5.11 ELECTROVÁLVULAS SELECTORAS.....	34
5.12 PRESOSTATOS.....	35
5.13 TRANSDUCTORES.....	35
5.14 DISTRIBUIDOR DE FRENO.....	35
5.14.1 Palanca selectora (V/M-P/G).....	36
5.14.2 Llave de aislamiento del distribuidor.....	37
5.14.3 Válvula de vaciado.....	38
5.14.4 Depósito auxiliar de freno.....	38

5.14.5 Depósito de control.	38
5.15 RELÉS DE FRENO (AMPLIFICADORES DE CAUDAL).....	39
5.16 RELÉS DE FRENO VARIABLES (AMPLIFICADORES DE CAUDAL).....	40
5.17 VALVULAS MODERABLES.....	42
5.17.1 CONVERTIDORES ELECTRONEUMÁTICOS FAIVELEY (EPC).	42
5.17.2 CONVERTIDORES ELECTRONEUMÁTICOS KNORR.	43
5.17.3 CILINDROS DE FRENO.....	43
6. DIFERENTES FORMAS DE FRENAR.	45
6.1 CONCEPTOS BÁSICOS.	45
6.2 TIPOS DE FRENO.....	46
6.2.1 FRENO DIRECTO.	46
6.2.2 FRENO INDIRECTO AUTOMÁTICO.....	47
6.2.3 FRENO ESTACIONAMIENTO.	49
6.2.4 FRENO AUXILIO.	50
6.2.5 FRENO URGENCIA.....	50
6.2.6 ANTIBLOQUEO.....	51
7. BIBLIOGRAFÍA.....	53

Este libro ha sido elaborado por la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Operadora.
Es propiedad de Renfe Operadora.
Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización expresa del propietario.

1. NEUMÁTICA DEFINICIÓN.

Los griegos, en su búsqueda de la verdad, consideraban la existencia de cuatro elementos fundamentales: el agua, el aire, el fuego y la tierra. El aire en particular, por su naturaleza volátil y transparente, constituía para ellos el "alma" de la persona. En griego PNEUMA significa "alma" y en consecuencia a la técnica que utiliza al aire comprimido como vehículo para transmitir energía se la llama NEUMÁTICA.

Aire
Agua
Tierra
Fuego



Figura. 1-1 Sabio Griego

La neumática es la parte de la Tecnología que emplea el aire comprimido para producir un trabajo útil.

El aire es un fluido gaseoso y, por lo tanto, se puede comprimir y almacenar. Gran parte de la energía utilizada para comprimirlo podemos recuperarla, para realizar un trabajo, cuando permitimos su expansión. Por tanto, el aire comprimido es una forma de almacenar energía mecánica, que puede ser utilizada posteriormente para producir trabajo.

Si ejercemos fuerza sobre el aire contenido en un recipiente cerrado, dicho aire se comprime presionando las paredes del recipiente, esta presión puede aprovecharse para generar trabajo (grandes fuerzas, o desplazamientos de objetos).

La implantación generalizada de la neumática en la industria, se inició al automatizar y racionalizar los procesos de trabajo, para bajar los costos de producción. Actualmente no se concibe un proceso productivo sin la utilización del aire comprimido y en consecuencia de los equipos neumáticos.

Ejemplos de algunas de las infinitas aplicaciones neumáticas:

- Accionamiento de motores para máquinas y herramientas.
- Cadenas de distribución, transporte y regulado mediante válvulas y cilindros, para impulsar una gran variedad de movimientos mecánicos, ciclos de trabajo, etc.
- Industria ferroviaria para sistemas de freno y aplicaciones auxiliares.

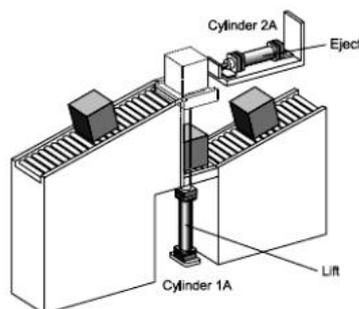


Figura. 1-2 Aplicaciones de la energía neumática.

2. FÍSICA BÁSICA APLICADA A LOS GASES

2.1 ESTADOS DE LA MATERIA.

La **materia** es todo lo que existe, tiene masa y ocupa un lugar en el espacio.



Los **sólidos** tienen forma y volumen constantes. Las partículas que los forman están unidas por grandes fuerzas de atracción, ocupando, dichas partículas, posiciones casi fijas. En este estado las partículas solamente pueden moverse vibrando u oscilando alrededor de posiciones fijas, nunca se trasladarán libremente a lo largo del sólido.

No fluyen.



Los **líquidos**, como los sólidos, tienen volumen constante. En los líquidos las partículas están unidas por débiles fuerzas de atracción, pudiéndose trasladar con libertad adaptándose a la forma del recipiente que los contiene.

No se comprimen.



Los **gases**, fluidos como los líquidos, no tienen forma y su volumen tampoco es fijo.

Las fuerzas que unen sus partículas son mucho más pequeñas. El número de partículas por unidad de volumen es también muy pequeño, moviéndose éstas libremente, ocupando todo el espacio, chocando entre ellas y con las paredes del recipiente.

Si reducimos mucho el volumen, comprimiendo el gas, éste se licúa. Al aumentar la temperatura las partículas se mueven más deprisa y chocan con más energía contra las paredes del recipiente, por lo que aumenta la presión.

Sí se comprimen.

2.2 FÍSICA DE LOS GASES

Podemos definir el estado de un gas atendiendo a cuatro magnitudes:

TEMPERATURA: es la magnitud que refleja el nivel térmico de un cuerpo y no depende del número de moléculas que se mueven en su interior, sino de la velocidad de las mismas.

$$T \text{ } ^\circ\text{K} = t \text{ } ^\circ\text{C.} + 273$$

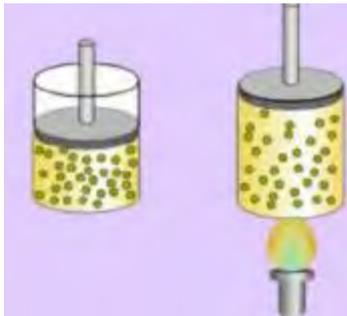


Figura. 2-2 Vasijas de laboratorio

PRESIÓN: la unidad de medida adoptada por el SI es el Pascal. La presión es una fuerza actuando sobre una superficie, F/S. N/m²= (Pa).

Un Kilogramo-fuerza, o Kilopondio, es lo que pesa un Kg de masa en la superficie terrestre, debido a la gravedad de 9,8 m/sg².

Según Newton **Fuerza= masa × aceleración,**

$$1 \text{ Kp} = 1\text{Kgf} = 1\text{Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N.}$$



Figura. 2-1 Termómetros

VOLUMEN: el SI de medidas contempla el m³ (1.000 L) como unidad de medida, aceptando el Litro.

El volumen de un gas está definido por el tamaño del recipiente que lo contiene.

Varía en función de la temperatura y la presión.



Figura. 2-3 Manómetros

Como el Pa es muy pequeño, utilizaremos el bar, 1 bar = 100.000 Pa

$$1 \text{ bar} = 0,981 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (en la práctica } 1\text{bar} = 1 \text{ Kp/cm}^2)$$

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión manométrica} + \text{Presión atmosférica.}$$

$$\text{Presión relativa} = \text{Presión absoluta} - \text{Presión atmosférica}$$



Figura. 2-4 Mol

CANTIDAD DE GAS: su peso en gramos.

En los gases ideales, 1 mol contiene 6,02 × 10²³ moléculas, esto es el número de Avogadro.

2.2.1 Ley de los gases ideales

El estado de una cantidad de gas se determina por su presión, volumen y temperatura.

La ecuación fundamental de los gases perfectos o ideales:

$P \times V = n \times R \times T$, siendo:

P = Presión absoluta del gas en pascal, Pa.

V = Volumen del gas, en m^3 .

n = n° de moles

R = constante de los gases, 8,314 Jules/ mol \times °K.

T = Temperatura absoluta, en °K.

Ley de Boile Mariotte: a temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión que soporta

$$P \times V = k$$

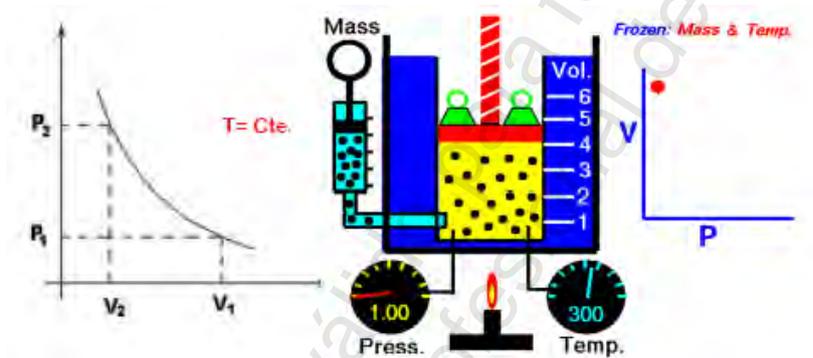


Figura. 2-5 Experimento de Boile Mariotte

Ley de Charles: a una presión constante, el volumen ocupado por un gas es directamente proporcional a su temperatura.

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2 = k$$

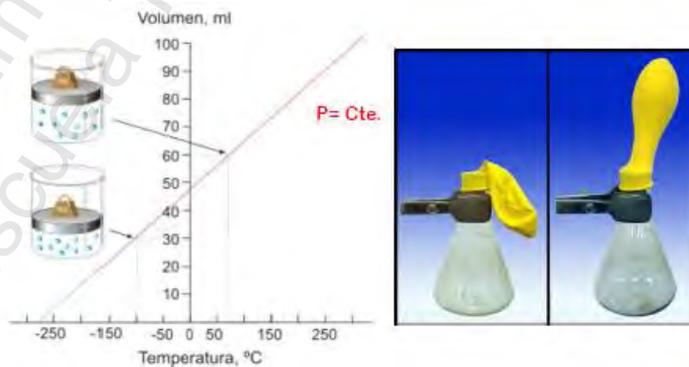


Figura. 2-6 Experimento de Charles

Ley de Gay Lussac: a volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a su temperatura.

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2 = k$$

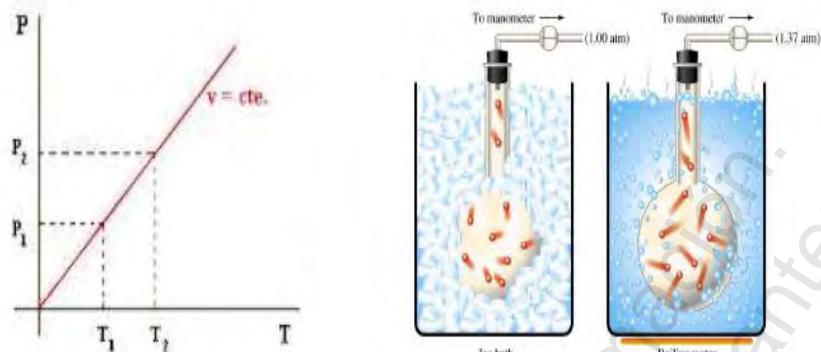


Figura. 2-7 Experimento de Gay Lussac

Ley de Avogadro: a presión y temperatura constantes, el volumen de un gas es directamente proporcional a la cantidad del mismo.

Volúmenes iguales de distintas sustancias gaseosas, en las mismas condiciones de presión y temperatura contienen el mismo número de moléculas; también, la masa molar o mol de distintas sustancias contiene el mismo número de moléculas, éste es el número de Avogadro, $6,02 \times 10^{23}$.



Figura. 2-8 Número de Avogadro

De todo lo anterior,

$$P_1 \times V_1 = n \times R \times T_1 ; P_2 \times V_2 = n \times R \times T_2$$

deducimos:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

2.3 El aire.

El Aire es un fluido gaseoso, incoloro, inodoro e insípido, mezcla básicamente de tres gases con el siguiente porcentaje volumétrico.

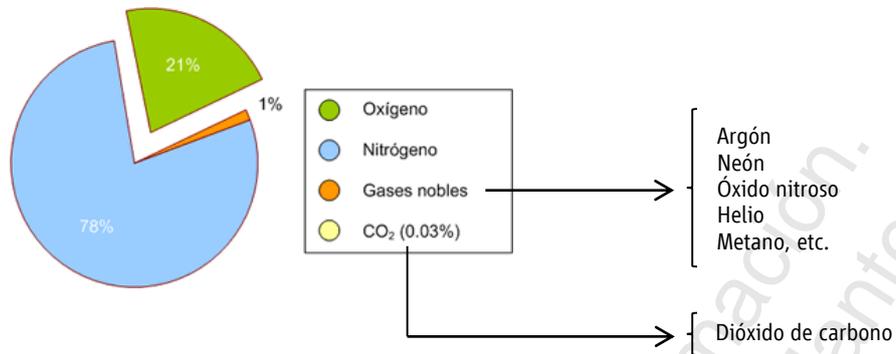


Figura. 2-9 Composición del aire

Sus propiedades más populares son:

- Materia prima ilimitada y gratuita.



- Fácil distribución, no requiere recuperación ni retornos.



- Fácil de almacenar.



- Puede ser utilizado en ambientes explosivos o inflamables.



- Los componentes neumáticos son fáciles de instalar y de costo moderado.



- Respetuoso con el medio ambiente.



También presenta algún inconveniente como su compresibilidad cuando queremos obtener velocidades constantes con cargas, o resistencias variables.

3. SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA.

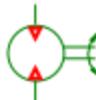
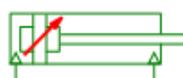
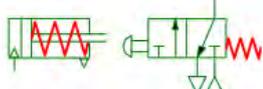
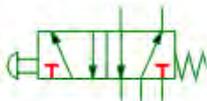
La simbología que trataremos está sujeta, a nivel internacional, a la **ISO 1219 1** y **ISO 1219 2** que se ha adoptado en España como la norma **UNE-10114986** y que se encarga de representar los símbolos que utilizan en los esquemas neumáticos e hidráulicos.

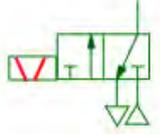
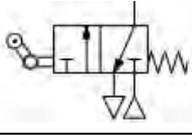
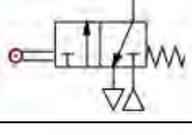
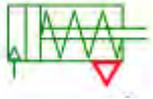
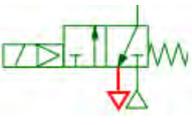
También se toman en cuenta las recomendaciones **CETOP**. (Comité Europeo de Transmisiones Oleodinámicas y Neumáticas). Por otro lado, indicar que hay algunas válvulas específicas relativas al freno ferroviario que son representadas por los constructores o fabricantes en sus planos y esquemas con símbolos no sujetos a ningún estándar y que con la experiencia en el manejo y el conocimiento funcional de dichos sistemas o elementos son fácilmente identificables.

La simbología que vamos a tratar estará enfocada a las instalaciones en vehículos ferroviarios sin olvidar que también se usan en otras instalaciones industriales neumáticas. Dicha simbología la podemos dividir en las siguientes partes:

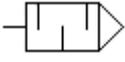
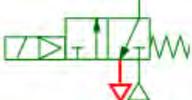
- ✓ Elementos Funcionales
- ✓ Conexiones.
- ✓ Unidades de tratamiento del aire.
- ✓ Válvulas direccionales o distribuidas.
- ✓ Válvulas según su accionamiento.
- ✓ Válvulas de Flujo.

3.1 ELEMENTOS FUNCIONALES.

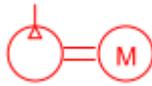
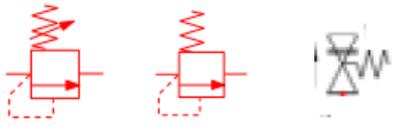
Triángulo. Dirección del fluido	
Flecha inclinada sobre un elemento indica ajustable.	
Muelle.	
Flechas Indican la dirección del flujo del fluido.	
T Camino cerrado o puerto.	
Restricción de flujo (tamaño a medida)	

Flechas curvadas Movimiento de rotación	
Eje de Giro. Ambos sentidos	
Eje de Giro. Sentido horario	
Eje de Giro. Sentido anti-horario	
Asiento con ángulo de 90°	
Temperatura (termómetro o termostato).	
Bobinas solenoides.	
Motor eléctrico.	
Instrumento de medida.	
Unión mecánica.	
Rodillo.	
Escape directo.	
Escape con necesidad de conexión.	

3.2 CONEXIONES.

Unión de Tuberías.	
Tuberías sin unión.	
Acoplamiento rápido ambos a escape libre.	
Acoplamiento rápido con antirretorno	
Acoplamiento rápido con dos antirretorno	
Fuente de presión.	
Manga Flexible	
Aparato de medida.	
Silenciador.	
Escape directo.	
Escape con necesidad de conexión.	

3.3 UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE.

Compresor con motor eléctrico	
Filtro.	
Calentador.	
Separador de agua con drenaje. (Manual o Automático)	
Depósito acumulador de aire. (Sin y con purga automática)	
Válvula de cierre. (sin y con escape)	
Filtro de agua con drenaje. (Manual o Automático)	
Filtro de aire de entrada.	
Lubricador.	
Secador.	
Regulador de presión. (Ajustable y no Ajustable)	
Válvula de Seguridad. (Ajustable y no Ajustable)	

Válvula Antirretorno.	
Unidad de tratamiento del aire. (Filtro/Regulador/Engrasador)	

3.4 VÁLVULAS DIRECCIONALES O DISTRIBUIDORAS.

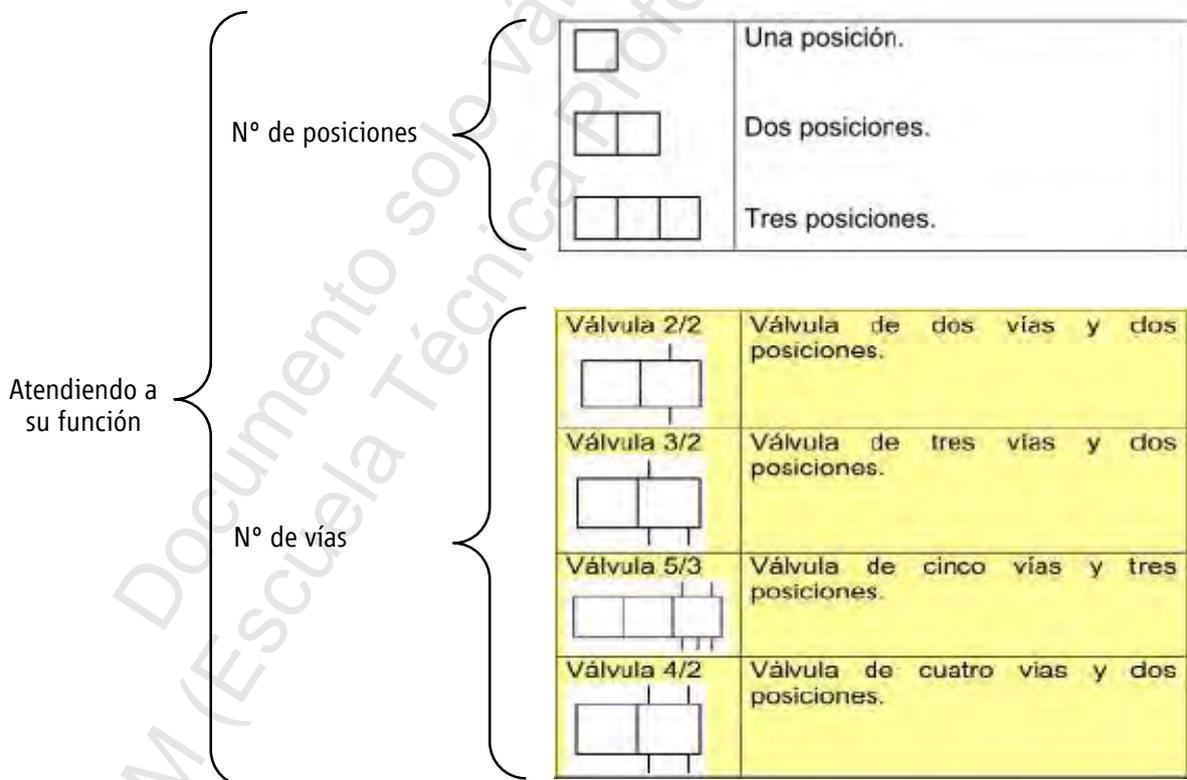
Las válvulas neumáticas de control direccional son las encargadas de distribuir el aire comprimido, según las características del circuito neumático. Actúan abriendo o cerrando conductos internos para comunicar o aislar el aire comprimido, procedente de la generación, con los actuadores mecánicos, cilindros, motores neumáticos, etc.

Podemos clasificarlas según su función y según su accionamiento:

3.4.1 Válvulas neumáticas según su función.

Las distintas funciones vienen determinadas por:

- El número de vías, comunicaciones internas, que dispone la válvula para distribuir el fluido; 2, 3, 4 y 5 vías.
- El número de posiciones, posiciones diferentes que puede adoptar; 2 o 3 posiciones



3.4.1.1 Válvula de dos vías.

La válvula comunica o corta el paso del fluido entre dos vías.	
	Normalmente cerrada. NC. Directa. En reposo no comunica. 1 = alimentación, 2 = utilización.
	Normalmente abierta. NA. Inversa En reposo comunica. 1 = alimentación, 2 = utilización.

3.4.1.2 Válvula de tres vías.

	Normalmente cerrada. NC. Directa. En reposo no comunica. 1 = alimentación, 2 = utilización, 3 = escape.
	Normalmente abierta. NA. Inversa. En reposo comunica. 1 = alimentación, 2 = utilización, 3 = escape.

3.4.1.3 Válvula de tres vías, tres posiciones.

	Normalmente cerrada. NC. Directa. En reposo no comunica. Posición neutra. 1 = alimentación, 2 = utilización, 3 = escape.
--	--

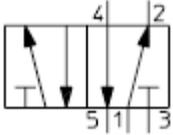
3.4.1.4 Válvula de cuatro vías.

	Normalmente comunica 1 con 2 y 3 con 4. Conectada, comunica 1 con 4 y 2 con 3.
--	---

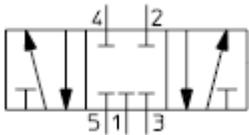
3.4.1.5 Válvula de cuatro vías, tres posiciones.

	Normalmente cerrada. NC. Directa. En reposo no comunica. Posición neutra.
	Normalmente cerrada. NC. Directa Con escape en posición neutra.

3.4.1.6 Válvula de cinco vías.

	<p>Normalmente comunica 1 con 2, 4 con 5 y 3 cerrada. Conectada comunica 1 con 4, 2 con 3 y 5 cerrada.</p>
---	--

3.4.1.7 Válvula de cinco vías, tres posiciones.

	<p>Normalmente cerrada. NC. Directa Cerrada en posición neutra</p>
---	--

3.4.2 Válvulas neumáticas según su accionamiento.

El número de accionamientos, posiciones estables que puede adoptar; monoestable tiene una única posición estable con un mando y retorno al reposo mediante resorte y biestable que tiene dos posiciones estables.

3.4.2.1 Válvulas Monoestables.

Son aquellas que tienen una posición de reposo estable, en la que permanecerá de forma indefinida si no actúa sobre ella el dispositivo de mando.

El regreso a la posición de reposo suele realizarse con un muelle; así en el caso de válvula monoestable de dos posiciones, la posición estable será la correspondiente al muelle, que por convenio suele situarse a la derecha. En el caso de tres posiciones la posición estable es la central.

Las válvulas monoestables pueden ser a su vez normalmente abiertas o normalmente cerradas. Serán normalmente abiertas NA cuando en su posición estable dejen pasar el fluido a presión hacia los consumidores. Serán normalmente cerradas NC cuando en su posición estable no dejen pasar el fluido o lo dejen pasar desde los consumidores actuadores hacia el escape.

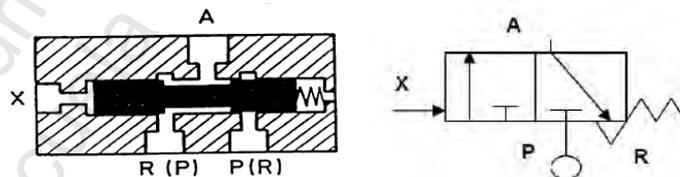


Figura. 3-1 Válvula monoestable

3.4.2.2 Válvulas Biestables.

Son aquellas que no tienen una única posición de reposo estable; es decir, que aunque se anule la señal que provocó la posición en la que se encuentra, la válvula seguirá en esa misma posición hasta que se active la señal correspondiente a una nueva posición. En el caso de que se activen dos señales prevalece la más antigua.

El dispositivo de mando y la forma en que se activa cada posición en la válvula se representa simbólicamente añadiendo en la parte lateral del cuadrado el símbolo del accionamiento correspondiente.

En ocasiones, también a las válvulas biestables se les dice NA o NC. Será NA cuando lo sea en la posición de la derecha, caso de tener dos posiciones o en la posición central, caso de tener tres posiciones. Análogamente para NC.

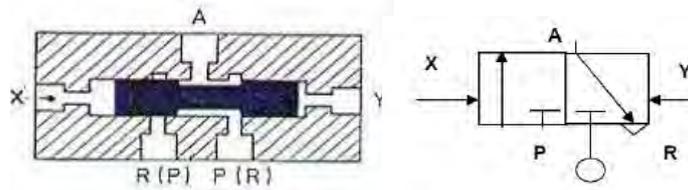
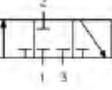
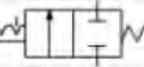
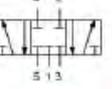
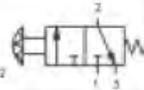
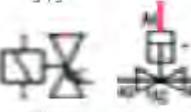


Figura. 3-2 Válvula Biestables

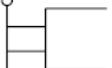
Ejemplo de Válvulas Monoestables con diferentes accionamientos	Accionamiento
 <p>Válvula 2/2 en posición normalmente cerrada (directa)</p>	
 <p>Válvula 2/2 en posición normalmente abierta (inversa)</p>	
 <p>Válvula 3/2 en posición normalmente cerrada (directa)</p>	
 <p>Válvula 3/3 en posición neutra normalmente cerrada (directa)</p>	
 <p>Válvula 5/3 en posición neutra normalmente cerrada (directa)</p>	
 <p>Electroválvula con desahogo y válvula pilotada</p>	<p>Monoestables</p>

3.4.3 Clasificación de los accionamientos de las Válvulas neumáticas.

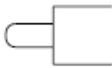
Las válvulas según su accionamiento, las podemos clasificar en:

- Accionamiento manual.
- Accionamiento mecánico.
- Accionamiento neumático
- Accionamiento eléctrico.

3.4.3.1 Válvulas neumáticas de accionamiento manual.

General	Botón. Seta	Palanca	Pedal
			

3.4.3.2 Válvulas neumáticas de accionamiento mecánico.

Palpador	Muelle	Rodillo
		

3.4.3.3 Válvulas neumáticas de accionamiento neumático.

Presión	Servo. Electroválvula auxiliar y presión
	

3.4.3.4 Válvulas neumáticas de accionamiento eléctrico. Electroválvulas.

Una bobina. Monoestable	Dos bobinas opuestas. Biestable
	

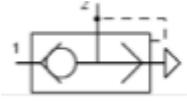
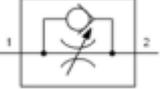
3.4.4 Designación de las conexiones.

La norma establece la identificación de los orificios o vías de las válvulas, pudiendo presentar las mismas letras o números con los siguientes significados:

Conexiones de trabajo	Por letras A, B, C, D... , y también por números 1, 2, 3, 4...
Alimentación de energía o presión.	Por la letra P y también por el número 1 .
Escapes y retornos.	Por las letras R, S, T , y por los números 3, 5, 7 .
Descarga.	Por la letra L .
Conexiones de mando.	Por las letras X, Y, Z y los números 10, 12, 14 .

3.5 VÁLVULAS DE FLUJO Y BLOQUEO.

Estas válvulas permiten realizar funciones lógicas, impiden el flujo en un sentido determinado, etc.

Válvula de escape rápido	
Válvula de escape rápido con silenciador	
Selectora o doble antirretorno	
Regulador flujo bidireccional fijo y variable.	
Regulador de flujo unidireccional.	
Transductor de presión.	
Presostato NC.	

3.6 CILINDROS.

Cilindros (Motores neumáticos lineales con movimiento rectilíneo).

Transforman la energía neumática en energía mecánica (trabajo)

Su fuerza está definida por su superficie y la presión que los mueve.

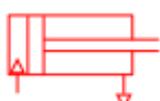
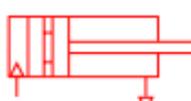
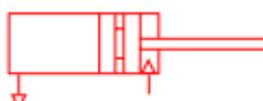


Figura. 3-3 Cilindro

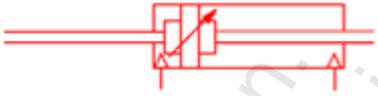
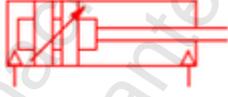
Sus movimientos o carreras son:

- ✓ **De avance** (máximo esfuerzo por disponer de más superficie al no disponer de émbolo)
 - Por aire
- ✓ **De retroceso** (menos esfuerzo al disponer de émbolo)
 - De simple efecto con carrera de retroceso por:
 - Muelle de retorno incorporado.
 - Fuerzas exteriores (gravedad de la carga o muelle exterior).
 - De doble efecto con carrera de retroceso por:
 - Aire
 - Con amortiguación (aire, anti-retorno o goma)
 - Sin amortiguación

DE SIMPLE EFECTO

Simple efecto, normalmente dentro con retorno por muelle.	
Simple efecto, normalmente fuera con retorno por muelle.	
Simple efecto, normalmente dentro con retorno por muelle y con detector magnético de posición.	
Simple efecto, normalmente fuera con retorno por muelle y con detector magnético de posición.	
Simple efecto, normalmente dentro con retorno por fuerza exterior.	
Simple efecto, normalmente fuera con retorno por fuerza exterior.	
Simple efecto, normalmente dentro con retorno por fuerza exterior y con detector magnético de posición.	
Simple efecto, normalmente fuera con retorno por fuerza exterior y con detector Magnético de posición	

DE DOBLE EFECTO

Doble efecto con amortiguación.	
Doble efecto con amortiguación y doble vástago.	
Doble efecto, con amortiguación y detector magnético de posición.	
Doble efecto, con amortiguación, sin vástago y con detector magnético de posición	

4. UNIDAD DE FABRICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

La unidad de fabricación y acondicionamiento del aire consta de las siguientes partes:

- Grupo de compresión (filtro de aspiración, motor, compresor, regulador de presión, etc.)
- Refrigerador (agua/aire o aire /aire).
- Desengrasador o separador de agua-aceite.
- Depósito Principal.
- Válvula de seguridad.
- Secador.

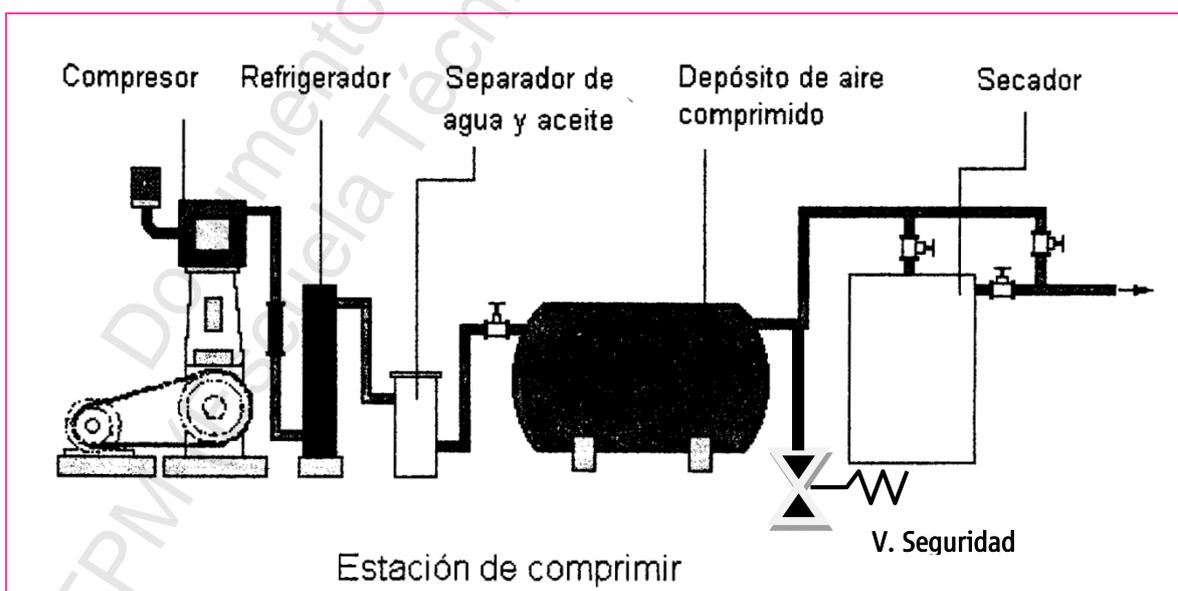


Figura 4-1. Unidad de Fabricación y acondicionamiento.

4.1.1 EL COMPRESOR

El aire atmosférico lo encontramos envolviendo la tierra, sin embargo, para aumentar su presión tendremos que producir una compresión a través de una maquina denominada compresor. El accionamiento del compresor es efectuado por motores eléctricos o de combustión.

El elemento central en una instalación es el compresor y atendiendo a sus características podemos dividirlos en dos grupos:

De Pistón.

Una etapa o monofásicos.
Dos etapas o bifásicos.

Rotativos.

De Paletas.
De Roots.
De tornillo.

Compresores de Pistón.

Los compresores **de pistón de una sola etapa o monofásicos** poseen una sola fase de compresión, en la que el aire se comprime de 2 a 3 bar, lo que llamamos baja presión. En estos compresores la temperatura de salida del aire comprimido es de 180°C.

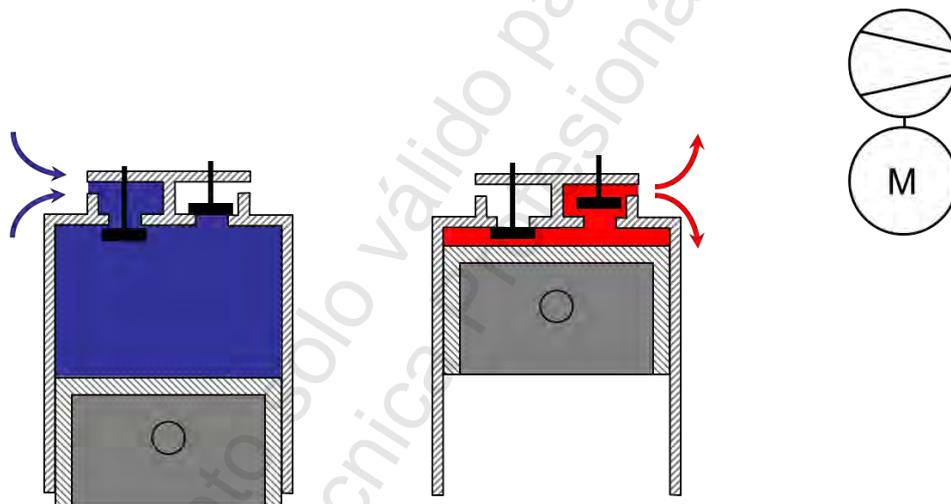


Figura 4-2. Pistón de una sola etapa o monofásico.

En los giros del cigüeñal se producen carreras de admisión y compresión, controladas por la apertura y el cierre de las válvulas correspondientes, admisión y escape.

El ciclo de admisión será:

- Apertura de las válvulas de admisión.
- Carrera descendente del conjunto biela-pistón.
- Llenado de la cámara del cilindro con aire a presión atmosférica, como se puede ver en el dibujo de la izquierda de la figura 1-2.

El ciclo de compresión será:

- Inflexión del cigüeñal y cierre de la válvula de admisión.
- Carrera ascendente del conjunto biela-pistón, reduciendo el volumen y por tanto aumentando la presión y temperatura.
- Apertura de la válvula de escape y salida del aire a la utilización, como se puede ver en el dibujo de la derecha de la figura 1-2.

En los **compresores de pistón de dos etapas o bifásicos** el aire se comprime en dos fases. En la primera fase se comprime a una presión entre 2 o 3 bar (baja presión) y en la segunda fase la baja presión se sube a una presión entre 8 y 10 bar. En este tipo de compresores la temperatura del aire de salida se encuentra en torno a los 130°C. Este tipo de compresor se compone de dos cilindros de compresión, una para comprimir a baja presión de mayor volumen y otro para comprimir a alta presión.



Figura 4-3. Compresor de dos etapas en locomotora 333.

Entre el periodo de baja presión y el periodo de alta presión, se pasa el aire por un refrigerador previo mejorando las características del aire al enfriarlo, para después comprimirlo en el siguiente periodo a alta presión.

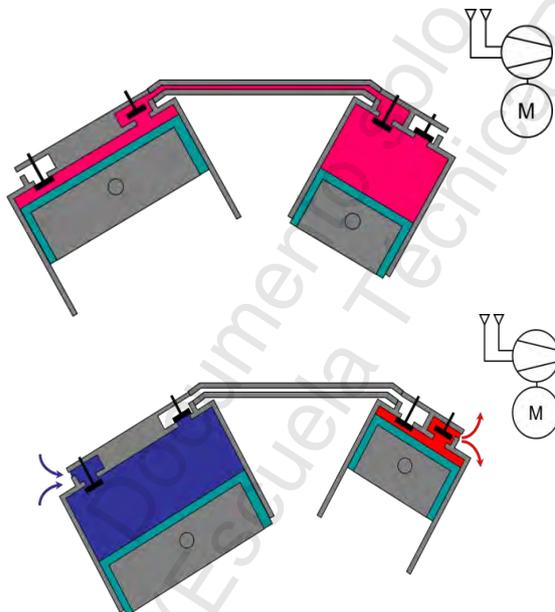


Figura 4-4. Pistón de dos etapas o bifásico. Admisión.

Figura 4-5. Pistón de dos etapas o bifásico. Escape.

Los giros del cigüeñal producen carreras de admisión y compresión apareadas pero desfasadas 180 °, es decir cuando el pistón de baja presión inicie la carrera de admisión, el pistón de alta presión habrá cerrado su válvula de admisión, e iniciará la carrera de compresión de alta presión.

Compresores Rotativos.

Los compresores **rotativos de paletas**, (figura 1-6) están constituidos por un rotor monobloc, que gira alrededor de un eje excéntrico. En este tipo de compresores la temperatura de salida del aire es de 60°C aproximadamente cuando la temperatura ambiente está en torno a los 20°C.

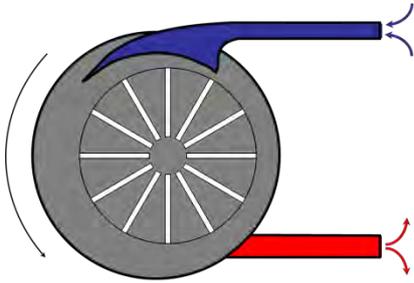


Figura 4-6. Compresor rotativo de paletas.

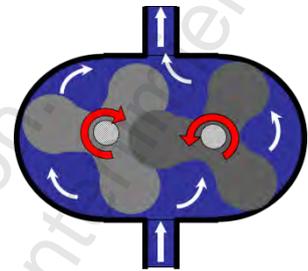


Figura 4-8. Compresor de roots.

En los **compresores de tornillo**, (figura 1-7) dos rotores paralelos, macho y hembra de forma helicoidal, giran en un cárter y comprimen el aire en sus lóbulos de manera continua. En estos compresores la temperatura del aire de salida está en torno a los 70°C cuando la temperatura ambiente se encuentra en torno a los 20°C.

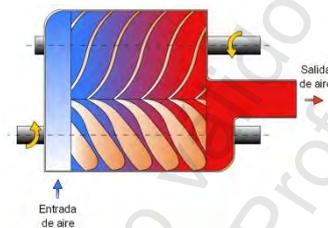


Figura 4-7. Compresor de tornillo.

Los compresores de **Roots**, (figura 1-8) están formados por dos rotadores de sección en ocho que giran sincronizados dentro de una cámara. Los álabes aspiran el aire por un lateral de la cámara y lo empujan por el otro lateral de la cámara.

El principal problema viene de la dificultad de lograr la estanqueidad de los álabes entre ellos y entre la carcasa. El rendimiento alcanzado por este tipo de compresores no es muy alto.

4.1.2 RADIADORES REFRIGERADORES DEL AIRE.

El efecto disipador de calor del **cobre** ayudado por la canalización y **orientación** del aire de refrigeración de las aletas permiten que la temperatura final del aire sea 20°C aproximadamente superior a la temperatura ambiente.

En esta fase de **enfriamiento** se produce **condensación** que es eliminada gracias a la actuación de las purgas automáticas **D2** que actúan cada vez que el compresor pasa al ciclo de no compresión.

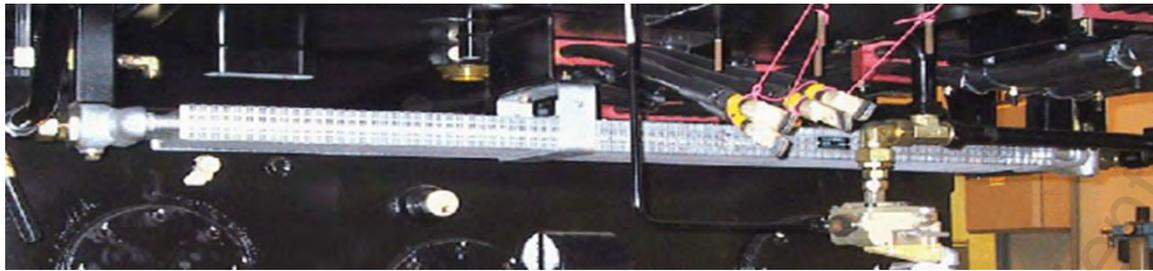


Figura 4-7. Radiador en locomotora 333.

El enfriamiento se produce al intercambiar la temperatura del aire comprimido con la corriente de aire exterior durante la marcha del vehículo. En radiadores aire /agua, el intercambio de calor se produce con el agua que circula en un circuito cerrado de agua impulsada por una bomba, como es el caso de los radiadores utilizados en los compresores de dos etapas o bifásicos.

4.1.3 FILTROS Y DESENGRASADORES.

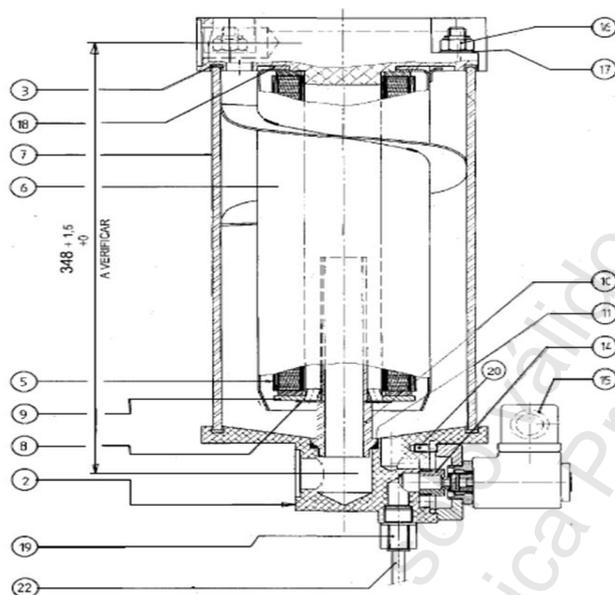


Figura 4-8. Filtro centrífugo.

- El aire es centrifugado y las partículas más pesadas (agua, aceite, polvo, etc.) son evacuadas a través de la electroválvula de drenaje al final de cada ciclo.
- El aire pasa a la cámara central a través del filtro coalescente donde se eliminan el 99,9% de las impurezas presentes en el fluido (aire saturado).
- El soporte inferior dispone de un tubo de salida (que salva la zona inferior de acumulación de residuos), por donde el aire comprimido sale a las torres de secado en mejores condiciones.
- Se evita el deterioro de la alúmina aumentando su vida útil.

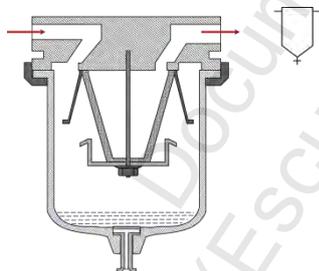


Figura 4-9. Filtro centrífugo.

Su efectividad depende de la construcción y del cartucho filtrante que posee pudiendo ser de varios micrones, siendo los más usados de 5 micrones. Los restos de aceites de los compresores, junto con el aire comprimido forman una mezcla de aire y aceite (gas), con el peligro de explosión, cuando las temperaturas alcanzan los 80°C.

Un aire contaminado puede dañar sensiblemente el funcionamiento de los diferentes circuitos neumáticos de control. Los filtros en los dispositivos de admisión de los compresores evitan la entrada de polvo.

4.1.4 VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

- Siempre presentes en los circuitos de fabricación de aire como vigilantes de una presión máxima admisible en los circuitos.
- Con tarajes entre 10 y 11 bar dependiendo de los vehículos.
- Son fácilmente ajustables, la presión de ruptura o expansión depende de la tensión que se dé al muelle en su ajuste.

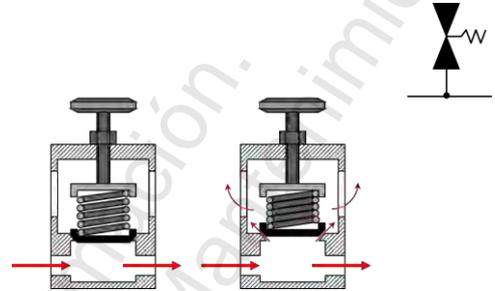


Figura 4-10. Válvulas de seguridad.

4.1.5 DEPÓSITOS.

Son los dispositivos que almacenan el aire con los siguientes objetivos:

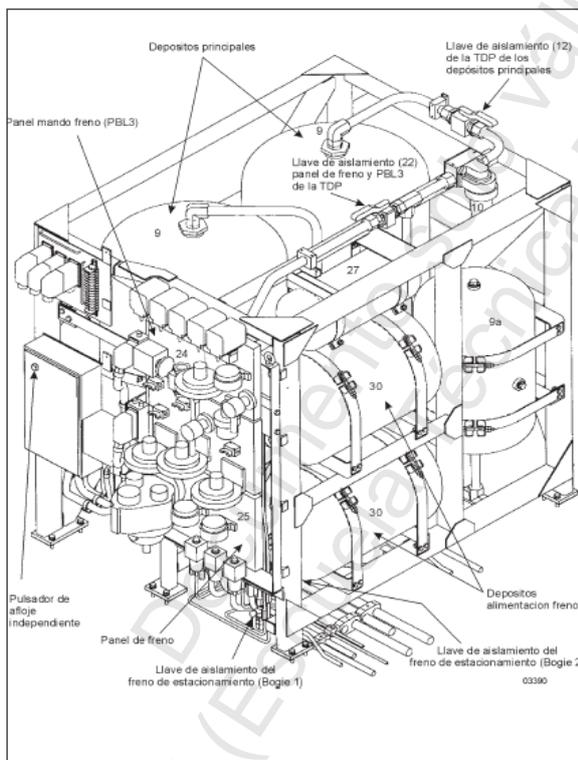


Figura 4-11. Distribución de depósitos en locomotora 333.

- Estabilización del aire comprimido.
- Compensar las caídas de presión en la red durante el consumo.
- Contribuir al enfriamiento del aire almacenado.
- Decantar en el fondo los condensados, agua aceite, etc.
- Dotados de purgas automáticas para destruir los decantados.
- El compresor alimenta los depósitos principales de aire comprimido. Cuando la presión llega al tarado se desconecta el compresor de forma automática.
- Si la presión baja por el consumo de aire, se conecta de nuevo el compresor.

4.1.6 SECADOR.

En la aspiración y compresión del aire atmosférico aparece el agua por condensación, en forma de gotas, en la red de aire comprimido.

La cantidad de agua se forma en función de la humedad relativa del aire, dependiendo esta, de la temperatura del aire y de la presión.

Humedad relativa, es la cantidad de agua que un m³ de aire puede admitir a una determinada presión y temperatura.

Humedad absoluta, es la cantidad de humedad que contiene un m³ de aire.

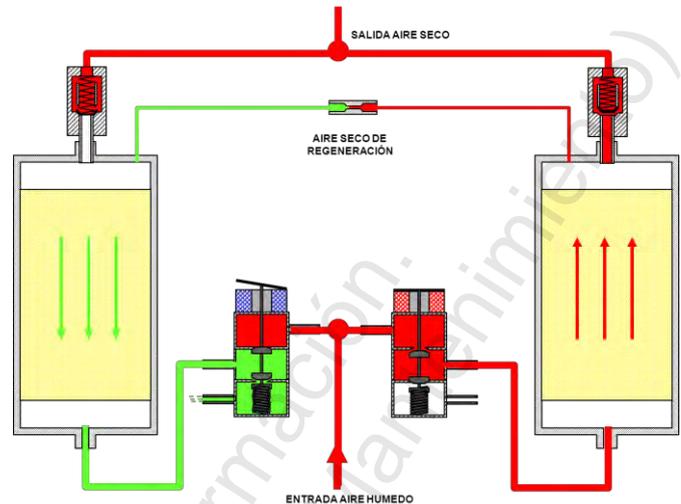


Figura 4-12. Secador.

En caso de sobrepasar la **humedad relativa** del aire, aparece el agua en forma de gotas, estas gotas pueden ocasionar daños en las válvulas y no permitir el funcionamiento óptimo y prolongado en el tiempo de las mismas. El objetivo del secador con sus sacos de alúmina (óxido de aluminio) es eliminar la humedad suficiente para bajar el punto de rocío por debajo de la temperatura ambiente más baja prevista, evitando la precipitación del agua en los componentes.

Para su funcionamiento dispone de la unidad temporizadora que se encarga de excitar las electroválvulas de forma alternativa, en periodos de dos minutos, con diez segundos de estabilización.

El aire pasa de forma alternativa gracias a la temporización de las electroválvulas, por las torres que contienen la alúmina y cuando una torre está en fase de sacado la otra torre está en fase de regeneración al circular una pequeña cantidad de aire ya regenerado por medio de una tobera.

En los periodos de no compresión el secador detiene su proceso al no existir caudal de aire que tratar.

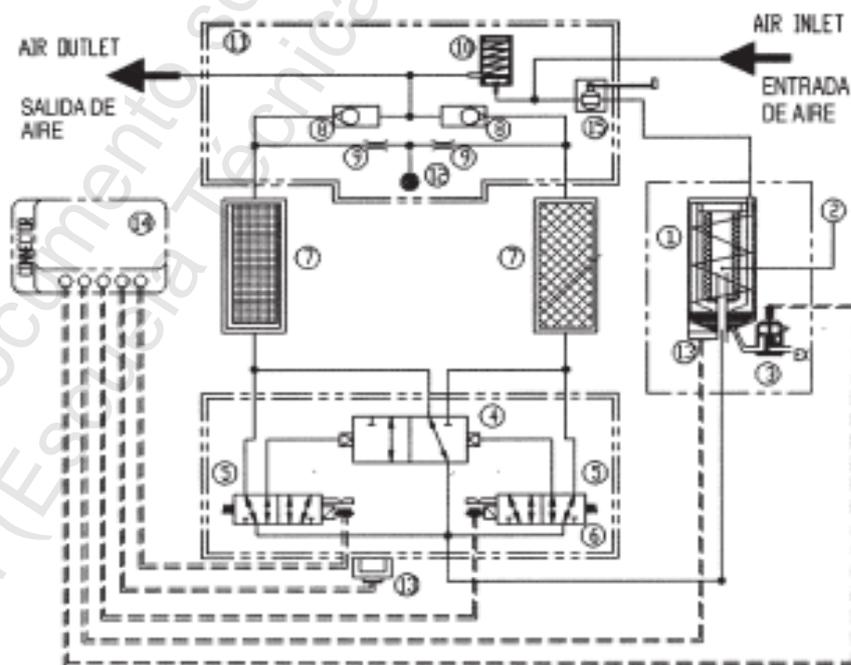


Figura 4-13-1. Secador.

5. ACTUADORES Y VÁLVULAS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS.

5.1 VÁLVULA DE FRENO DIRECTO.

Utilizada para la activación del freno independiente de la locomotora, es utilizada por el maquinista durante las maniobras en locomotora aislada y puede trabajar sobre la presión de Equilibrio o control del freno en situaciones de auxilio.

Dispone de tres posiciones:

- Frenar
- Estabilizar
- Aflojar.



Figura. 5-1 Válvula de freno directo

5.2 VÁLVULA DE CIERRE DE BOLA.

Son las clásicas llaves de aislamiento, utilizadas para cerrar o abrir un circuito neumático, bien sea necesario por labores de mantenimiento o condiciones durante la explotación que así lo determinen.



Figura. 5-2 Válvula de cierre con bola.

5.3 VÁLVULA DE CIERRE DE BOLA CON VÍA DE ESCAPE.

Son las clásicas llaves de aislamiento, utilizadas para cerrar o abrir un circuito neumático bien sea necesario por labores de mantenimiento o condiciones durante la explotación que así lo determinen y que destruyen el aire de la tubería que cierran por las necesidades intrínsecas del circuito neumático donde trabajan.

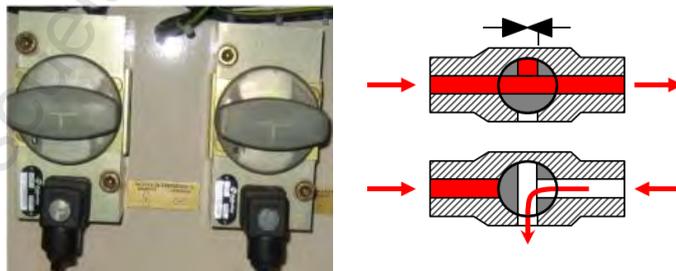


Figura. 5-3 Válvula de cierre de Bola con Escape

5.4 VÁLVULA DE DOBLE EFECTO.

Es una válvula que puede discriminar entre dos caminos posibles de conducción del aire. Se utiliza por ejemplo para discriminar la actuación del freno directo del freno automático o en la fijación sobre manómetros de la presión del Freno Directo y Freno Automático. La presión de salida será la que corresponda a la de mayor valor entre las dos posibles.



Figura. 5-4 Válvula bidireccional o selectora

5.5 LLAVE DE AISLAMIENTO PARA TFA Y TDP.

Son las clásicas llaves que se encuentran en los testers de los vehículos ferroviarios y que se utilizan para interconectar la **Tubería de Freno Automático** (en adelante TFA), pintada de azul, y en caso necesario la **Tubería de Depósitos Principales** (en adelante TDP), pintada de rojo, para poder remolcar vagones o coches dependiendo de las necesidades. Es de destacar que en la posición de cerrado, tienen la propiedad de destruir el aire del lado manga de acoplamiento.



Figura. 5-5 Llaves de aislamiento de TFA y TDP

5.6 VÁLVULAS DE RETENCIÓN.

Son válvulas que solo conducen en una sola dirección, por lo que también son conocidas con el nombre de "válvulas unidireccionales". Son utilizadas, en circuitos donde es necesario e imprescindible mantener una presión aun habiéndose desencadenado una anomalía. Un ejemplo de vital importancia es cuando mantienen la presión en los depósitos auxiliares de freno, cuando por avería se destruye la presión de los Depósitos Principales, garantizando la presión necesaria para frenar.

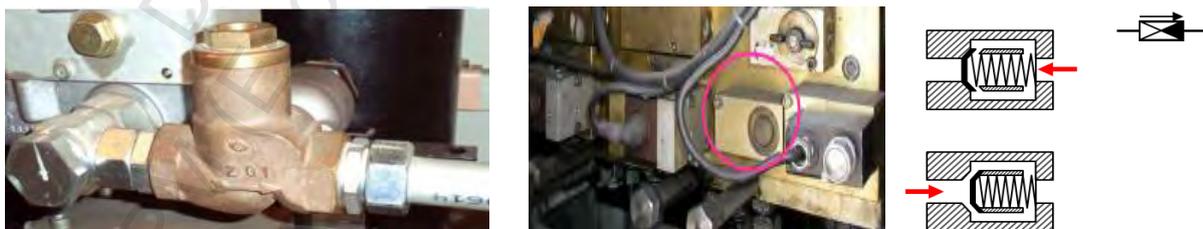


Figura. 5-6 Válvula unidireccional, de retención o antirretorno

5.7 VÁLVULA DE FLUJO.

También es conocida por los nombres de paso calibrado o tobera, tiene varias aplicaciones en los circuitos neumáticos, puede ser utilizada para ralentizar una acción o reacción del aire dentro de una válvula, consiguiendo el trabajo de las mismas de forma confortable, ayudando a la estabilización de fuerzas entre diafragmas y evitando los golpes de ariete internos.

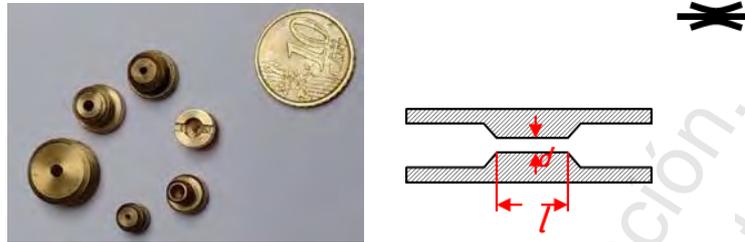


Figura. 5-7 Pasos calibrados

5.8 VÁLVULAS REGULADORAS.

Son válvulas también conocidas por el nombre de manorreductoras, se utilizan para ajustar la presión en un determinado circuito neumático. La presión de DP en los vehículos ferroviarios suele estar entre 8 y 9 bares, dado que hay circuitos auxiliares, como es el caso del Freno de Estacionamiento que trabaja entorno a los 6 bares o como es el caso de los mandos de Freno Directo que se alimentan de 5 bares, necesitan de la aplicación de estas válvulas. Por otro lado, indicar que también es capaz de mantener una presión fija a la salida independientemente de las fluctuaciones a la entrada.

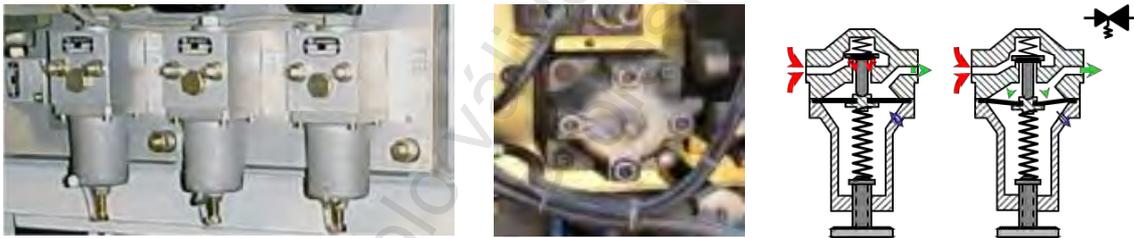


Figura. 5-8 Válvula reguladora de presión

5.9 MANÓMETROS.

Son aparatos de medida de la presión de los diferentes circuitos neumáticos que trabajan dentro del vehículo. Actualmente su unidad de medida es el bar, pero todavía no es extraño encontrar vehículos con manómetros en Kg/cm². Están basados en la deformación de una cámara tubular conocida vulgarmente por el nombre de pulmón, que arrastra en su deformación una timonería que hace deslizar una aguja sobre su eje. En los vehículos se pueden encontrar de diferentes precisiones siendo la más común, mostrando divisiones de 100 y 200 mb.

En los pupitres de conducción es común encontrar los manómetros de Depósitos Principales, Depósito de Equilibrio, Tubería de Freno Automático y Cilindro de Freno.



Figura. 5-9 Manómetros, TFA, CF, TDP y Presión A.

5.10 ELECTROVÁLVULA DIRECTA E INVERSA.

Las electroválvulas son elementos de mando neumáticos, que responden a órdenes eléctricas. Consisten en un cuerpo formado por varias cámaras unidas entre sí, que pueden ser comunicadas o no mediante unos asientos de válvula solidarios a un vástago, que responde a una posición dependiendo de la energización o no de un electroimán. Gracias a ellas podemos gobernar circuitos neumáticos a distancia, con rapidez y precisión.

Electroválvula Directa.

Esta electroválvula se suele utilizar en circuitos neumáticos que responden a órdenes voluntarias como por ejemplo activar unos areneros o un silbato. Como se puede observar en la figura de la derecha, cuando se energiza su electroimán, arrastra una timonería que abre un asiento de válvula y deja paso de aire.

Electroválvula Inversa

La EV Inversa en determinados circuitos neumáticos, por su lógica de funcionamiento, se utilizan en circuitos de actuación del freno, provocando la actuación del mismo cuando falta la energía o alimentación eléctrica por algo fortuito que responde a un fallo o avería. Como se puede ver en la figura de la derecha, cuando se energiza corta el paso de aire.

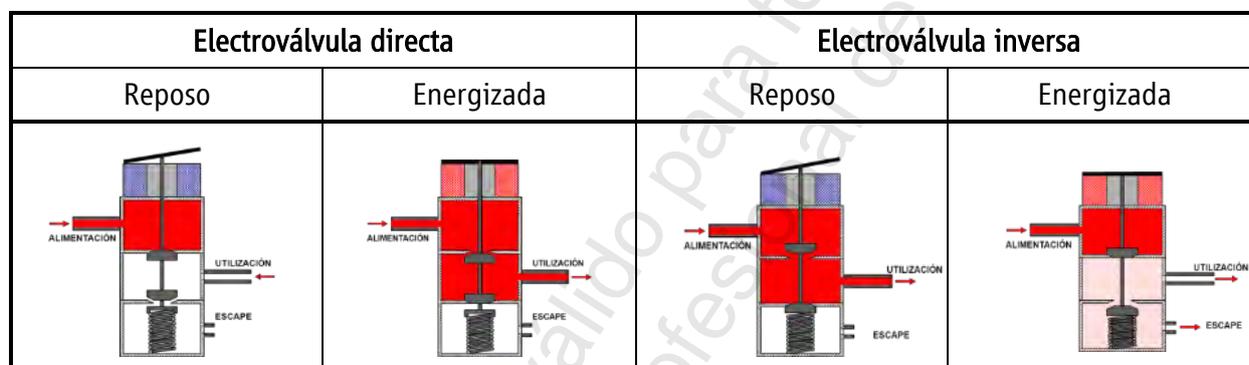


Figura. 5-10 Electroválvulas directas e inversas



Figura. 5-11 Electroválvulas Faiveley y Knorr

5.11 ELECTROVÁLVULAS SELECTORAS.

Son electroválvulas que permiten activar o seleccionar un circuito u otro en función de si están energizadas o no. Su construcción es muy similar a las electroválvulas convencionales.



Figura. 5-12 Electroválvula selectora

5.12 PRESOSTATOS.

Son elementos que transfieren órdenes eléctricas en función de la presión de los circuitos neumáticos donde están intercalados con unos determinados rangos de ajuste. En el ajuste se debe tener en cuenta la histéresis (diferentes presiones de conmutación entre la alta y la baja) del propio presostato en algunos casos ajustable dentro de unos límites.

Tienen múltiples aplicaciones dentro de los circuitos neumáticos, como ejemplo el "Gobernol" del compresor principal que, al llegar a la presión máxima de Depósitos Principales, ordena la parada del compresor principal.

En la figura 5-13 (imagen de la derecha) se puede apreciar la diferente posición del contacto eléctrico en función de la presión que existe en la cámara.

Cuando estos elementos trabajan con dos presiones (una de referencia o de control y otra variable o de actuación), hablamos de manocontactos o presostatos diferenciales.



Figura. 5-13 Presostatos

5.13 TRANSDUCTORES

En la actualidad los sistemas de freno están controlados por procesador, donde el control y vigilancia de las diferentes presiones se hace de forma continua, motivo por el cual estos dispositivos juegan un papel muy importante.

Son dispositivos que dan información continua de una presión variable y disponen de una resistencia variable en función de la presión. Estos dispositivos pueden trabajar por tensión o por corriente, dependiendo de la electrónica que procesa el valor resultante de la presión variable que controlan.



Figura. 5-14 Transductores

5.14 DISTRIBUIDOR DE FRENO.

Para entender el funcionamiento de esta válvula es conveniente hacer una pequeña introducción a algo que se explica con detalle en los próximos capítulos de este libro.

Es necesario entender que el freno llamado indirecto, automático o de servicio, responde cuando la presión de la tubería general de freno o TFA desciende.

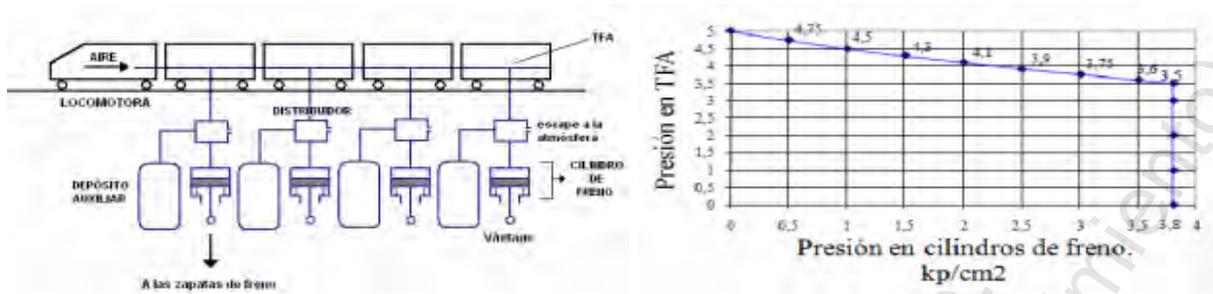


Figura. 5-15 Freno automático o indirecto

Es decir que cuando el maquinista solicita freno destruye el aire de la TFA y el distribuidor que es la válvula que nos ocupa, aplicará presión al cilindro de freno o a un amplificador de caudal cuando se trata de ordenar a un gran número de cilindros de freno que frenen al mismo tiempo.

En la gráfica se puede observar como para una depresión de TFA corresponde una presión en cilindros de freno:

La presión máxima es de 3,8 bares (excepcionalmente 3,9) cuando la TFA desciende 1,5 bares y con descensos de TFA por debajo de 3,5 bares no se obtiene mayor esfuerzo de frenado. La presión máxima que se alcanza después de una demanda de freno por urgencia es la misma que se obtiene por un frenado máximo de servicio, pero la demandada por urgencia se establece en menos tiempo, ya que la destrucción de la TFA es más rápida.

Para conseguir estos efectos cada vagón lleva una válvula distribuidora (distribuidor de freno), y un depósito auxiliar o de reserva que es donde se acumula la energía en forma de aire comprimido con la que se ejecuta la orden de freno.

Exteriormente y dependiendo de los vehículos donde están instalados disponen de:

- Palanca selectora (V/M-P/G). Para seleccionar los tiempos de frenada.
- Llave de aislamiento del distribuidor. Para aislarlo dejándolo fuera de servicio.
- Válvula de vaciado. Para aflojar el cilindro de freno al destruir el Depósito de Control (frenos residuales).
- Depósito auxiliar de freno.
- Depósito de control.

5.14.1 Palanca selectora (V/M-P/G).

El distribuidor es el dispositivo donde se determinan los tiempos de freno y afloje según la normativa UIC (según tabla), así como en algunos casos, las presiones definitivas de freno, siendo la máxima de 3,8 bares salvo excepciones.

Posición de la maneta PV/GV	Tiempo de apriete del freno	Tiempo de afloje del freno
Viajeros (PV)	De 3 a 5 segundos	De 15 a 20 segundos
Mercancías (GV)	De 18 a 30 segundos	De 45 a 60 segundos

Algunos de ellos ofrecen las posibilidades de fijar dos gamas de tiempos, una para trenes de viajeros y otra para trenes de mercancías, posiciones que se fijan con una palanca selectora (V/M-P/G).



Figura. 5-16 Palanca selectora

Dado que la velocidad de propagación de la TFA está en 100m/s en el mejor de los casos, podemos decir, que es una velocidad de propagación lenta y esto cuando se trata de trenes muy largos presenta el inconveniente de que los primeros coches o vagones pudieran frenar con su esfuerzo máximo, cuando los coches o vagones de cola no han empezado o empiezan a frenar.

Para paliar este desequilibrio lo que se hace es jugar con los tiempos de aplicación del freno alargando los mismos cuando se trata de trenes muy largos de esto la necesidad de la **palanca selectora (V/M-P/G)**.

5.14.2 Llave de aislamiento del distribuidor.

Presentan la posibilidad de ser aislados de la TFA, gracias a la llave de aislamiento del distribuidor, por lo que dejan de ser efectivos.

En los vehículos con equipo de freno CH (**distribuidor Charmilles/Wabco**) cuando la llave de aislamiento está en posición aislada, provoca el frenado del mismo al propio tiempo que se aísla el distribuidor de la TFA.



Figura. 5-17 Llave de aislamiento en vehículo motor (izquierda) y remolcado (derecha)

En los vehículos con equipo de freno KE (**distribuidor Knorr**) cuando la llave de aislamiento está en posición aislado, provoca la descarga de aire comprimido del cilindro de freno y depósito auxiliar (es decir el aflojamiento de las zapatas).



Material remolcado

Unidades eléctricas 450 y 451

Locomotora 252

Figura. 5-18 Distribuidores

5.14.3 Válvula de vaciado.

Todos disponen de la **válvula de vaciado** o destrucción del depósito de control y por tanto destrucción de cualquier presión en cilindros freno.

Estas válvulas de vaciado, cuando son activadas de forma manual, producen el vaciado del Depósito de Control o Reserva, provocando el desequilibrio interno del pistón de la válvula, el arrastre de su vástago hueco hacia abajo y la destrucción de la presión en cilindros de freno.

En fenómenos de sobrecarga del depósito de control producidos por episodios de afloje rápido, por ejemplo, estos depósitos quedan sobrecargados, produciéndose frenos residuales imposibles de destruir si no es con la actuación sobre estas válvulas de vaciado.



Figura. 5-19 Válvula de vaciado

5.14.4 Depósito auxiliar de freno.

Es el depósito de donde sacamos aire para enviar al cilindro de freno en los procesos de frenada. En los vagones se carga de TFA, en locomotoras y coches de viajeros se cargan de la Tubería de Depósitos Principales (TDP).

Estos depósitos están protegidos por una válvula unidireccional o antirretorno, que asegura la presión en este depósito cuando por avería se pierde la presión en Depósitos Principales en el caso de vehículos motores y durante descensos de TFA en procesos de frenado en vagones.

La propiedad de inagotabilidad del freno está relacionada directamente con la carga de estos Depósitos Auxiliares, los tiempos de afloje de la TFA y la válvula unidireccional o antirretorno.

5.14.5 Depósito de control.

El depósito de control (elemento pasivo) en condiciones normales de trabajo tiene siempre un mismo volumen invariable para cualquier aplicación. Este posibilita el desequilibrio del pistón principal de la válvula cuando la presión en TFA desciende, empujando al vástago hueco para enviar presión al cilindro de freno.

Funcionamiento.

En la figura 5-20 se puede observar en color azul, las cámaras que se cargan de aire procedente de la TFA.

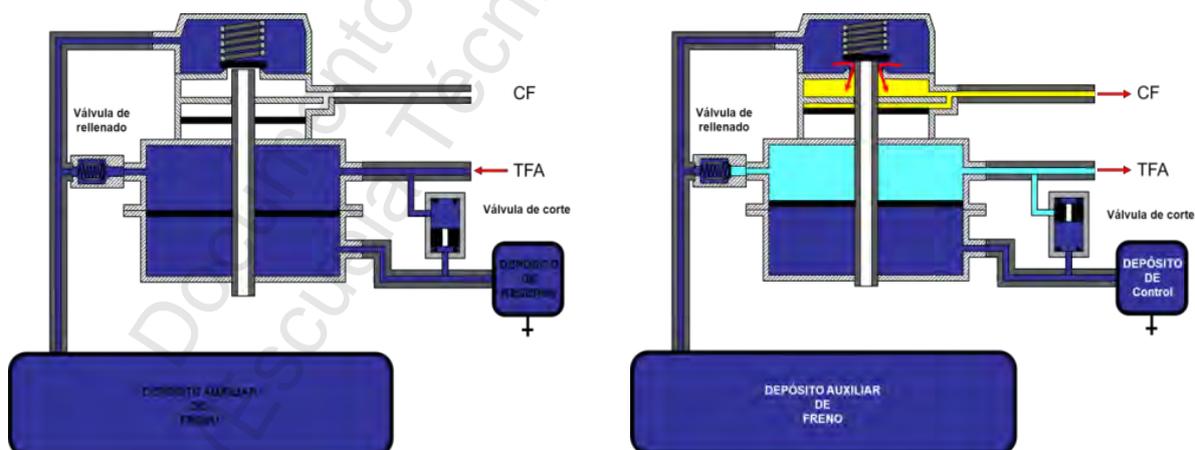


Figura. 5-20 Distribuidor. Carga del sistema (izquierda). Freno derecha)

En este proceso se carga por medio de la válvula de corte, el depósito de control, que permanecerá inalterable durante los procesos de destrucción de TFA, así como la cámara inferior del dispositivo principal.

La cámara intermedia del dispositivo principal es también cargada al mismo tiempo, así como el depósito auxiliar y la cámara superior del dispositivo principal a través de la válvula de retención, que evitara la pérdida

de presión del depósito auxiliar de freno cuando la TFA sea destruida por cualquier demanda de freno. Este proceso dura tres minutos, tiempo de rigor para la carga del dispositivo.

En la figura 5-20 (derecha) podemos observar como con el descenso de TFA producimos el desequilibrio de presiones en el diafragma del dispositivo principal y el vástago solidario al diafragma sube hacia arriba abriendo el asiento de la válvula superior e introduciendo aire en la salida a CF.

Al mismo tiempo y por paso calibrado se llena la cámara de recubrimiento obteniendo la fuerza de estabilización a la TFA destruida para frenar, alcanzando por tanto la estabilidad.

Cada proceso de descenso de TFA desde 5 bares hasta 3,5 bares tendrá una respuesta como la descrita ofreciendo una gama de presiones estabilizadas diferentes entre 0 bar y 3,8 bares de presión máxima, de esto la definición de freno fácilmente moderable.

Propiedades de sensibilidad e insensibilidad de los distribuidores según normativa UIC.

- Atendiendo a la propiedad de sensibilidad (marcada por normativa UIC) del distribuidor, la válvula de corte del distribuidor cerrará la comunicación de la TFA respecto al D. Control o reserva, siempre y cuando la TFA desciende 0,6 bares en 6 segundos, produciéndose el frenado.
- Y atendiendo a la propiedad de insensibilidad (marcada por normativa UIC) del distribuidor, la válvula de corte del distribuidor abrirá la comunicación de la TFA respecto al Depósito de Control o reserva igualando presiones, cuando la TFA desciende 0,3 bares en 1 minuto, siendo insensible a estas demandas de freno que corresponden más a una fuga que a una demanda real de freno, no produciéndose el frenado.

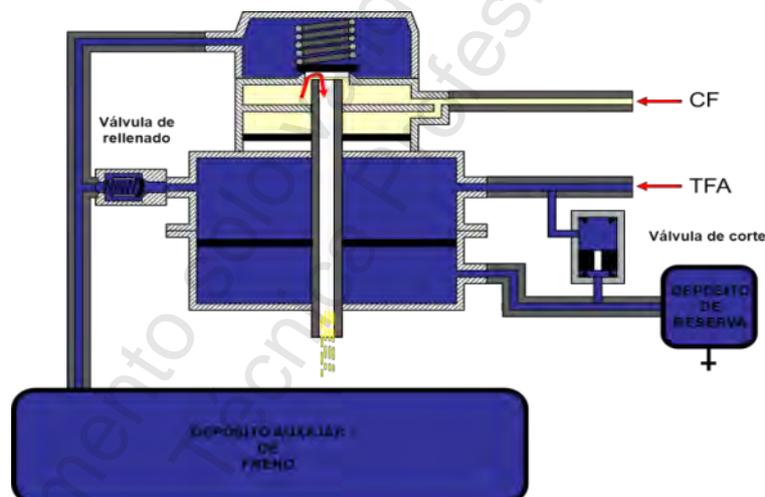


Figura. 5-21 Distribuidor. Afloje

En los procesos de afloje es decir cuando la TFA sube, el diafragma central del dispositivo principal baja arrastrando el vástago hueco y despegando el asiento de válvula superior del dispositivo principal, el aire de CF escapa a la atmósfera por el vástago hueco del dispositivo principal como se puede apreciar en la figura 5-21.

5.15 RELÉS DE FRENO (AMPLIFICADORES DE CAUDAL).

Estas válvulas son amplificadoras de caudal, realizan la función de construir la TFA en función del valor de presión en el Depósito de Equilibrio cuando trabajan como Relé Principal u ordenar freno a los diferentes cilindros de freno de un vehículo en función de una consigna de freno, cuando trabajan como Relés de Freno.

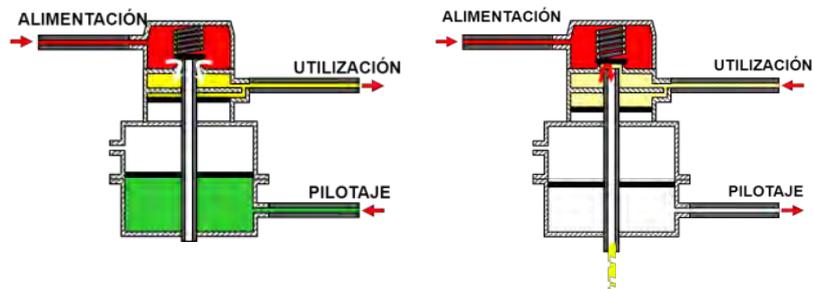


Figura. 5-22 Relé de freno. Freno (izquierda). Afloje (derecha)

Estas válvulas son encargadas en la mayoría de los casos, de reproducir la presión de mando de los distribuidores de freno (con un caudal relativamente pequeño), en una presión amplificada (relés multiplicadoras) o inferior (relé desmultiplicadoras) pero siempre con la capacidad de un gran caudal o volumen, en una unidad de tiempo breve y precisa. Cuando los cilindros de freno en una instalación, necesitan por su número de un gran caudal para ejercer su trabajo, es necesario recurrir a este tipo de válvulas.



Figura. 5-23 Relé de freno en equipos de Knorr (izquierda) y de Faiveley (derecha).

Ejemplo de Relés de freno o amplificadores de caudal de Freno Directo en el centro y Automático en los extremos del constructor Faiveley (Figura 5-23 derecha).

En este caso, disponen de una toma de alimentación de Depósitos Principales, que es de donde tomaran el aire para ponerlo a disposición de la toma de utilización o llamada a los diferentes Cilindro de Freno. Otra toma de pilotaje que será la que proporciona el distribuidor para ordenar freno o afloje y una última por donde evacuará el aire al exterior en procesos de afloje.

En la medida que aumenta el pilotaje aumentará el tiempo de paso entre las cámaras de alimentación a utilización como muestra la figura de la izquierda 5-22 y en la medida que disminuya la presión en la cámara de pilotaje por el árbol hueco se destruirá la presión de la utilización o Cilindro de Freno, como muestra la imagen de la derecha de la misma figura.

5.16 RELÉS DE FRENO VARIABLES (AMPLIFICADORES DE CAUDAL).

Los vehículos autopropulsados dimensionan su esfuerzo de freno entre otras cosas, en función del peso variable que soportan gracias a la subida y bajada de viajeros.

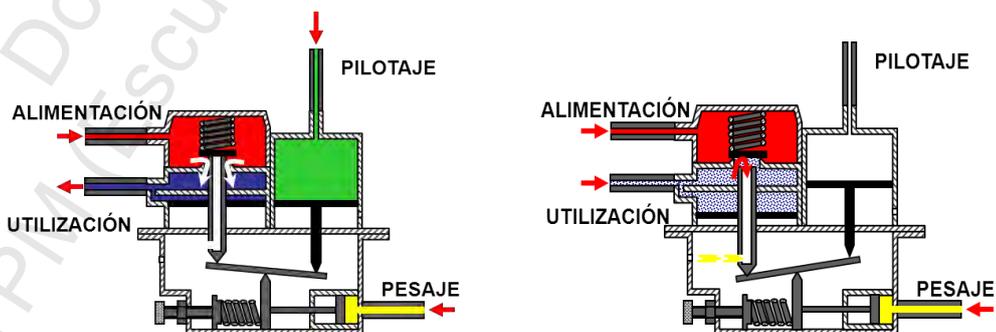


Figura. 5-24 Relé de freno variable. En freno (izquierda) y en afloje (derecha)

Estas válvulas relés son muy similares a las anteriores válvulas, pero su campo de acción está más direccionado a los vehículos autopropulsados o viajeros, ya que contempla una segunda presión de pilotaje derivada del peso del coche o vehículo en el que va a ser utilizada.

El resultado que obtendremos en la utilización, en este caso será producto del pilotaje que se ejerza desde el distribuidor y de la consigna de pesaje, ya que esta presión desplazará el punto de basculación interno, variando la presión de utilización en función del peso, afectando tanto en el aspecto del freno como del afloje.

Hay vehículos que la consigna de pesaje es calculada por la electrónica de control del freno BCU y en otros es un valor obtenido por la válvula de valor medio de la presión medida en las balonas de la suspensión secundaria.

De esta forma garantizamos la eficacia del freno dimensionándolo en función del peso.

Un ejemplo de Relés de Freno Variables o autocontinuas son las que incorporan los autopropulsados de la serie 447 y 598, como muestra la siguiente figura 5-25.



Figura. 5-25 Relés de Freno en Autopropulsados de la S/447 y 598

Esta funcionalidad, en otros vehículos como es el caso de las CIVIAS, se consigue con Válvulas de Carga Variable (no son amplificadores de caudal) que pilotan Relés de Freno (amplificadores de caudal) en función del valor que proporciona la Válvula de Presión Media cuando se trata de bogíes extremos o por el valor medio cuando se trata de bogíes compartidos.

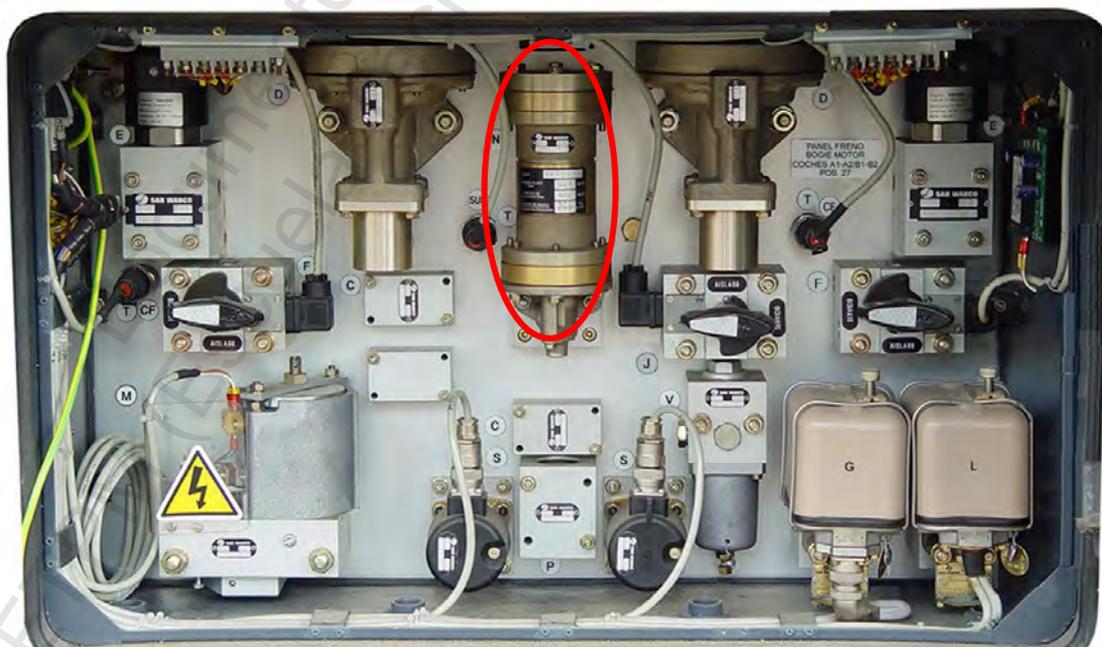


Figura. 5-26 Válvula de Carga Variable en panel de Freno de autopropulsados CIVIA.

5.17 VALVULAS MODERABLES.

5.17.1 CONVERTIDORES ELECTRONEUMÁTICOS FAIVELEY (EPC).

El Convertidor Electro-neumático EPC, es el elemento cuya finalidad dentro del sistema de freno es la de convertir el valor de la demanda de freno ejercida por el maquinista (nivel mA) en demanda de freno neumático (nivel bar), mediante un pilotaje de presión neumática a las válvulas relé de alimentación a los cilindros de freno.

Se trata de una válvula moderable que conectada a un bucle de intensidad suministra una presión neumática inversamente proporcional al valor de la corriente (mA), que circula por su bobina, cuando es inverso, y directamente proporcional cuando es directo.



Figura. 5-27 Convertidor electro-neumático

Convertidor electro-neumático inverso.

Excitación parcial

Respuesta presión de pilotaje subiendo hasta equilibrio, inversamente proporcional a la intensidad de excitación

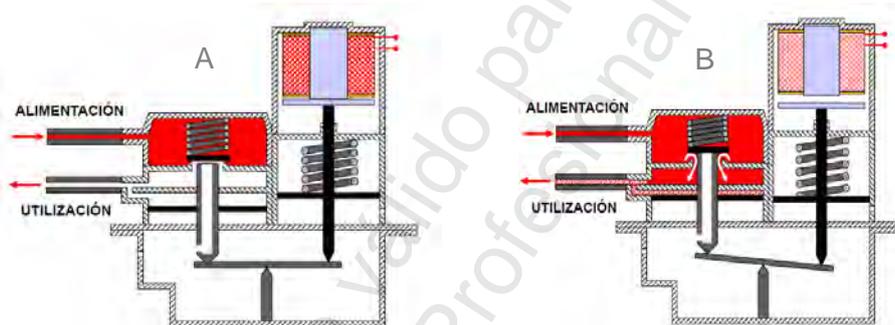


Figura. 5-28 Convertidor electro-neumático A: Excitación máxima B: Respuesta de pilotaje, utilización, 0 bar.

Convertidor electro-neumático directo

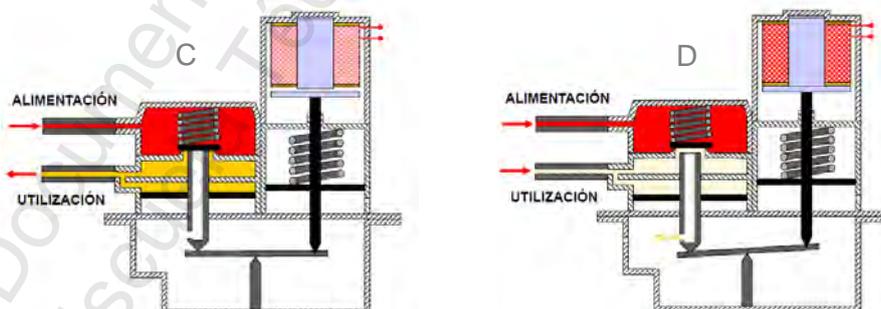


Figura. 5-29 Convertidor electro-neumático C: Excitación parcial. Evacuación D: Excitación máxima. Válvula equilibrada

Los Convertidores Electro-neumáticos directos, utilizados para controlar la TFA, dan pilotaje de salida directamente proporcional a la intensidad de control.

5.17.2 CONVERTIDORES ELECTRONEUMÁTICOS KNORR.

Estos disponen de una electroválvula de carga o llenado, otra de descarga o vaciado y un transductor que informa a la electrónica del valor de presión obtenido. Las electroválvulas son mandadas por la electrónica de freno con tensión y depende del tiempo de aplicación que el llenado o vaciado sea mayor o menor.

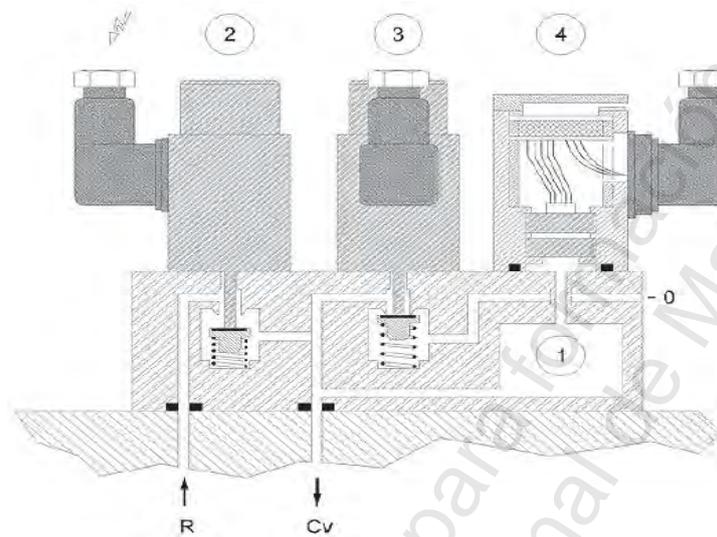


Figura. 5-30 Convertidor electroneumático

5.17.3 CILINDROS DE FRENO.

Los cilindros representados en esta imagen se componen de una cámara hermética que recibe la presión con la que se ordena freno y contrarrestando un muelle antagonista, desplaza un vástago el cual es solidario a una timonería que empuja las zapatas para efectuar el frenado.

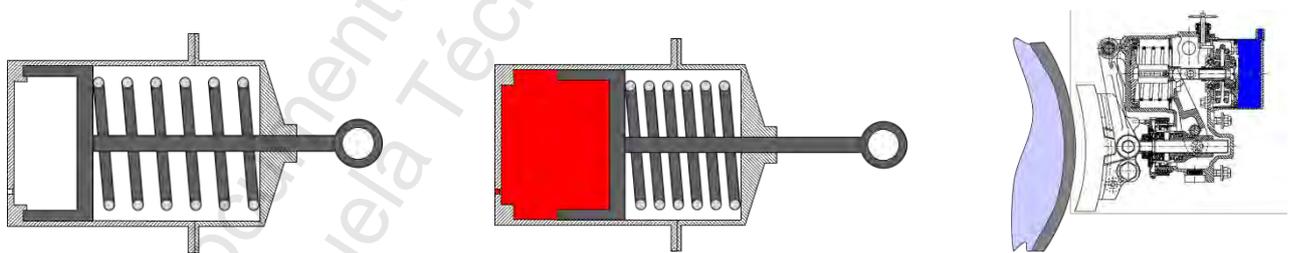
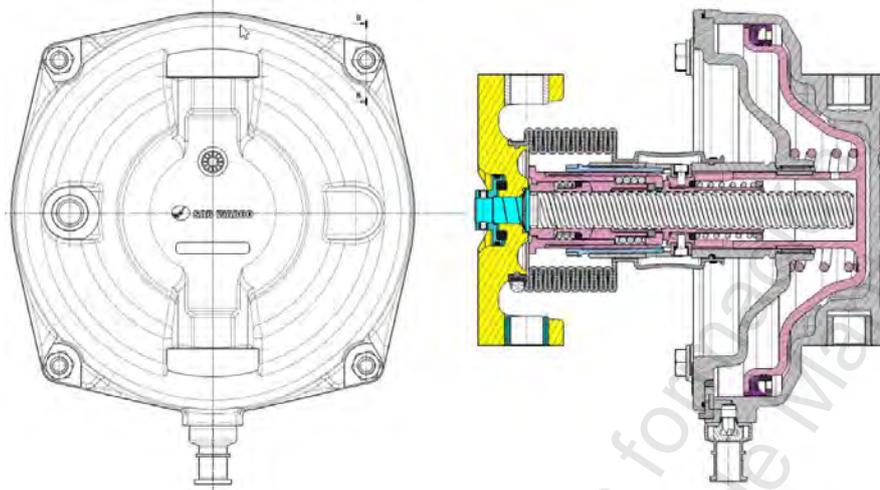


Figura 5-1. Cilindros de freno.

En el proceso de afloje, cuando desaparece la presión de freno, el muelle antagonista recupera la posición de la zapata aflojando el freno.

Bloques de freno.

En locomotoras y vehículos tractores es más común encontrar los que se denomina bloques de freno donde están integrados el cilindro, la zapata, la timonería, el ajustador del cerraje, el dispositivo anti suma y en algunos el dispositivo de freno por resorte o freno de estacionamiento.



Bloques de freno con muelle acumulador para freno de estacionamiento.

Son aquellos que disponen de dos cámaras de accionamiento una por presión neumática, cuando se solicita freno de servicio indirecto o directo, así como cuando se declara un frenado de emergencia o urgencia y otra cámara que en ausencia de aire libera un muelle desplegando su energía que aplica a la timonería del cilindro empujando la zapata contra la llanta o el disco de freno dependiendo del vehículo.

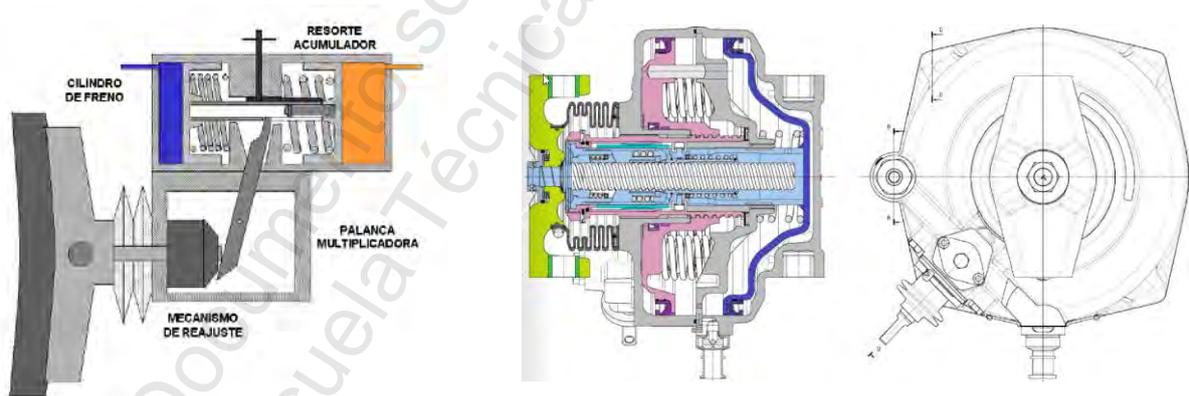


Figura 5-2-1. Cilindros de freno con muelle acumulador para freno de estacionamiento.

6. DIFERENTES FORMAS DE FRENAR.

6.1 CONCEPTOS BÁSICOS.

Según la naturaleza de la orden de freno mandada desde el puesto de conducción se pueden clasificar también en:

- **Freno de Servicio, Automático o Indirecto** que permite variar a voluntad la presión en los cilindros de freno de todo el tren, de manera prácticamente simultánea, con el fin de garantizar su detención en el lugar deseado, o bien una reducción de su velocidad a un valor concreto.
- **Freno de Retención.** Es lo mismo que el anterior pero aplicado de manera tal que logre el propósito de mantener una velocidad determinada durante el descenso de las pendientes.
- **Freno de Servicio Máximo.** También funciona como los anteriores, pero provocando al accionarlo, un descenso de 1,5 bares en la TFA, al que corresponderá un apriete máximo de los frenos (aproximadamente 3,8 bares de presión en cilindros)
- **Freno Conjugado.** El freno conjugado es cuando en cualquiera de las tres situaciones de freno anteriores (F de Servicio, F. de retención y Freno máximo.) se aplica freno neumático en los coches o vagones y freno eléctrico en la locomotora o ejes motores, mientras la velocidad de los mismos les de las prestaciones o capacidades necesarias para frenar eléctricamente.
- **Freno combinado.** Es un término que viene de los vehículos antiguos y se utilizaba cuando el maquinista aplicaba freno eléctrico para retener el tren y en las ocasiones en que los motores no daban todo el par de freno eléctrico suficiente, aplicaba también el **Freno de retención** o **Freno de servicio**. Este tipo de freno requería de una destreza y experiencia por parte del maquinista.
- **Freno de Urgencia manual.** Produce el vaciado de la TFA en el menor tiempo posible, por actuación de un dispositivo al que llamamos válvula de urgencia también conocida por "Seta".
- **Freno de Urgencia automático.** Puede ser provocado bien sea por un corte accidental de la TFA, o bien por un dispositivo automático de vigilancia sobre el Maquinista (el llamado Hombre Muerto) que entra en funcionamiento cuando éste no lleva a cabo la secuencia de actuaciones que indicarían su indisposición, desvanecimiento, etc., en definitiva, su incapacidad para conducir.
También el ASFA y el Sistema de detección de descarrilamientos pueden considerarse frenos automáticos de urgencia que provocan el frenado rápido del tren en determinadas circunstancias.
- **Freno dinámico (Freno electrodinámico o Freno hidrodinámico).** Consiste en una retención de la locomotora (y del resto de la composición) haciendo trabajar a los elementos motrices de aquélla de forma inversa a la empleada durante el proceso de tracción. Si los órganos tractores de la locomotora son motores eléctricos, durante la fase de frenado dinámico, se opondrán a la marcha, actuando como generadores. Si la transmisión es hidráulica, en régimen de freno, ésta pasa a transmitir energía en forma inversa a como lo hace en situación de tracción, provocando la retención del vehículo y en consecuencia del tren. Con ninguno de estos dos tipos de freno se produce desgaste de zapatas, ni de llantas.
- **Freno Blending.** El término blending hace referencia a la mezcla y coordinación de esfuerzos de frenado, en un mismo eje o bogie motor, del freno eléctrico o hidrodinámico (dependiendo del tipo de vehículo) y el freno neumático.
El blending tiene como objetivo proporcionar la deceleración necesaria consecuente a la demanda de freno en todo el rango de velocidades, utilizando preferentemente los sistemas de freno sin fricción y teniendo en cuenta la máxima adherencia disponible entre rueda y carril.

- **Freno EP.** Se utiliza para mejorar los tiempos de frenado, así como para igualar en tiempo la aplicación de freno y afloje por cada uno de los coches que componen un tren. Este sistema dispone electroválvulas de carga y descarga de la TFA en cada coche, en algunos casos integrados en los propios distribuidores. De esta forma se homogeniza tanto el aprieto como el afloje de los frenos de una composición, comportándose como una sola masa que frena y afloja al mismo tiempo.
- **Freno de Auxilio.** Es una modalidad de freno puramente mecánico-neumático que se utiliza cuando hay problemas en los circuitos eléctricos, electrónicos o informáticos que afectan a la funcionalidad del control del freno, impidiendo el correcto funcionamiento del freno de servicio indirecto o automático
- **Freno directo.** Es una modalidad de freno normalmente mecánico-neumático que se utiliza con locomotora aislada (solo afecta a los cilindros de freno de la locomotora) durante las maniobras, no debiendo ser aplicado con locomotora acoplada a un tren en velocidad.

6.2 TIPOS DE FRENO.

6.2.1 FRENO DIRECTO.

El Freno Directo es utilizado eminentemente durante las maniobras, se activa manipulando el mando de freno directo también conocido por el nombre de Pilotari. Dispone de tres posiciones **Freno- Estabilización- Afloje**.

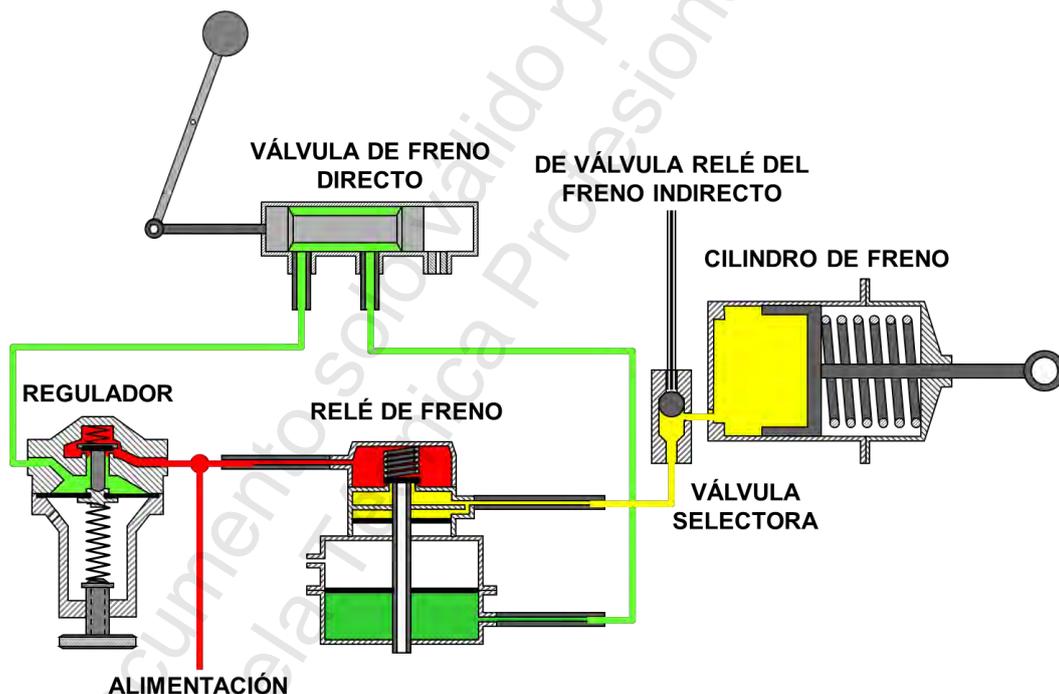


Figura 6-1. Plano de aplicación del freno directo.

En la imagen observamos que el mando de freno directo, recibe alimentación de D. Principales por medio de una válvula reguladora de presión, adaptando los 8 o 9 bar de D.P (depende de los vehículos) a 5 bar de presión de trabajo para el freno directo.

Cuando activamos el mando de freno directo hacia frenar, tomamos aire a 5 bar y pilotamos el relé de freno (amplificadora de volumen) en este caso des-multiplicadora de presión, la cual tomará aire de los D.P y mandará la señal de freno a cilindros de freno, a una presión que oscila entre 3 y 3,8 bar, dependiendo de los vehículos.

La válvula de doble efecto o selectora discrimina la orden de freno solicitada al cilindro, pudiendo ser por freno directo o por freno indirecto, también conocido por los nombres de freno automático o de servicio.

Si activamos el mando de freno directo hacia la posición intermedia, lo que haremos es estabilizar lo que anteriormente hayamos solicitado, consiguiendo diferentes escalones de freno, tanto en freno como en afloje.

Si seleccionamos afloje lo que haremos es destruir por una tobera o paso calibrado (válvula de flujo) instalada en el mando de freno directo, el aire que pilota el relé de freno destruyendo por vástago hueco de la relé de freno el aire que llega al cilindro de freno y por tanto aflojando el freno.

6.2.2 FRENO INDIRECTO AUTOMÁTICO.

Este freno puede ser utilizado para adaptar velocidades durante la conducción, pero es utilizado eminentemente para llegar a la parada total de la composición.

Todo el proceso comienza con el control de la presión de un depósito fácilmente manejable por su poco volumen, llamado Depósito de Equilibrio. Para ello tomamos presión de D. Principales y la adaptamos con una reguladora a 5 bar, esta presión utilizada por dos electroválvulas (E.V. Freno y E.V. Afloje), vaciará o llenará el D. Equilibrio, durante las actuaciones de afloje o freno respectivamente.

La presión del Depósito de Equilibrio, será reproducida fielmente en la Tubería de Freno Automático o T.F.A. gracias a la Relé Principal o Relé de Mando, ya que este amplificador de volumen es de relación 1:1.

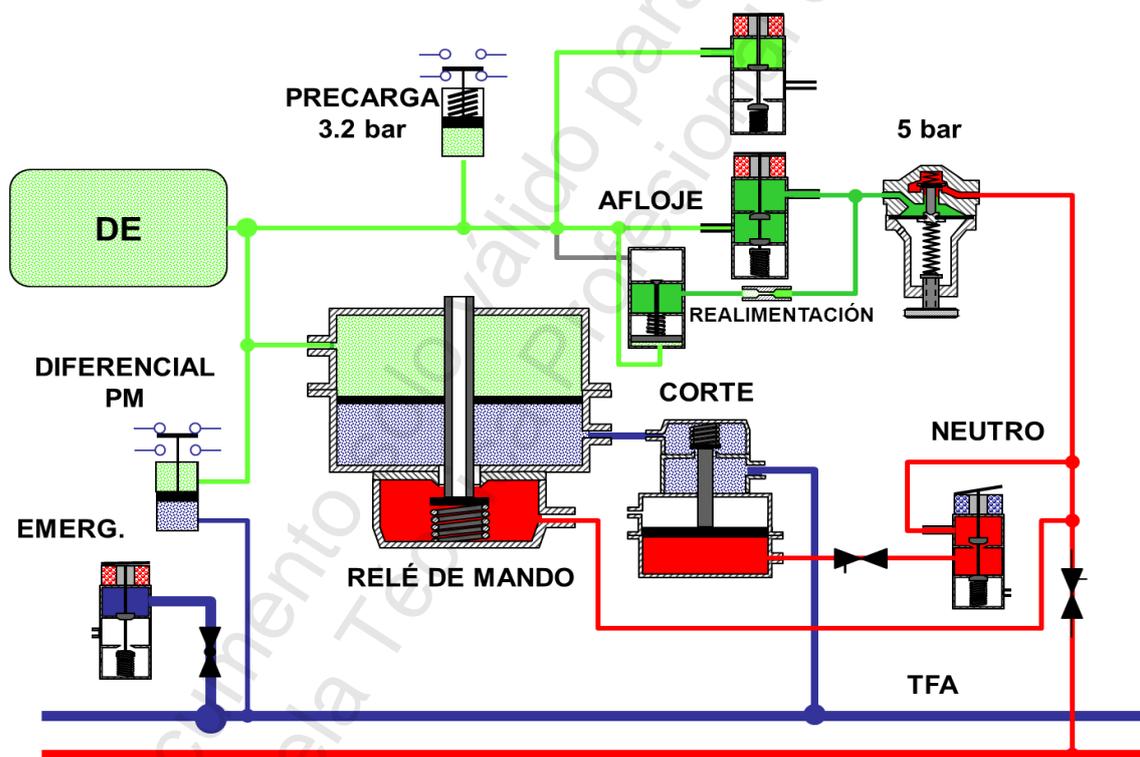


Figura 6-2. Plano de aplicación del freno indirecto.

Durante el proceso de carga del equipo, una vez que el maquinista toma los mandos del vehículo, se dan una serie de automatismos, como es la carga automática de la T.F.A. hasta 3,2 bar, gracias a la actuación del presostato "H" tarado a esta medida, que mantendrá automáticamente energizada la E.V. de Afloje para subir la presión en el Depósito de Equilibrio y por tanto en la T.F.A. gracias a la Relé Principal o Relé de Mando.

La E.V. de Freno permanecerá energizada durante este proceso evitando que la presión del D. Equilibrio se destruya a la atmósfera.

En esta situación de rearme automático controlado hasta 3,2 bar el vehículo permanece frenado y dependerá de la voluntad del maquinista o del operario de mantenimiento para comenzar el proceso de afloje voluntario de los frenos, para ello con el manipulador de freno automático se podrán dar órdenes eléctricas a la E.V. de Freno y a la de Afloje.

Cuando aflojamos mediante el manipulador, energizamos la E.V. de Afloje y llenamos el D. Equilibrio y por tanto llenamos la T.F.A. de forma fácilmente moderable hasta 4,85 bar, momento en el que se activa otro automatismo controlado por el manocontacto "G" ausente en la figura 1-39, subiendo de forma automática de 4,85 bar hasta 5 bar.

Durante la carga de TFA de un tren, la actuación del diferencial PM entre Equilibrio y TFA, se puentea con temporizados electrónicos evitando la destrucción de TFA, aun separándose más de 0,4 bar del D. de Equilibrio. En esta posición y gracias a la Válvula de Realimentación de la figura, mantenemos recubierto el D. Equilibrio compensando posibles fugas en caso necesario, siempre que el mismo se encuentre por encima de 4,85 bar. Al mantener recubierto el D. Equilibrio, la Relé Principal recubrirá de igual forma las posibles pérdidas de la TFA a lo largo de una composición, hasta un límite.

El sistema dispone de la E.V. de Neutro que es energizada cuando se utiliza la locomotora como conducida en mando múltiple o calzada de forma manual cuando queremos remolcar una locomotora sin batería. Esta electroválvula en cualquiera de los casos pilota la Válvula de Corte, la cual, en estas condiciones, aísla de TFA el panel de freno impidiendo recibir y construir TFA como medida de seguridad.

Todos los vehículos ferroviarios disponen de un circuito eléctrico conocido con el nombre de circuito lazo, donde están intercaladas todas las vigilancias que tienen que ver con el funcionamiento seguro de dicho vehículo.

Estas vigilancias que pueden ser Hombre Muerto, ASFA u otros bloqueos LZB o ETCS, corte de tren detectado por diferencial PM, F. de Emergencia por mando de tracción, F. de Urgencia, etc. cuando se desencadenan, producen la rápida destrucción de la TFA gracias a la actuación de las válvulas de Emergencia pilotadas por electroválvulas de vigilancia que se des-energizan cuando se abren estos circuitos lazo.

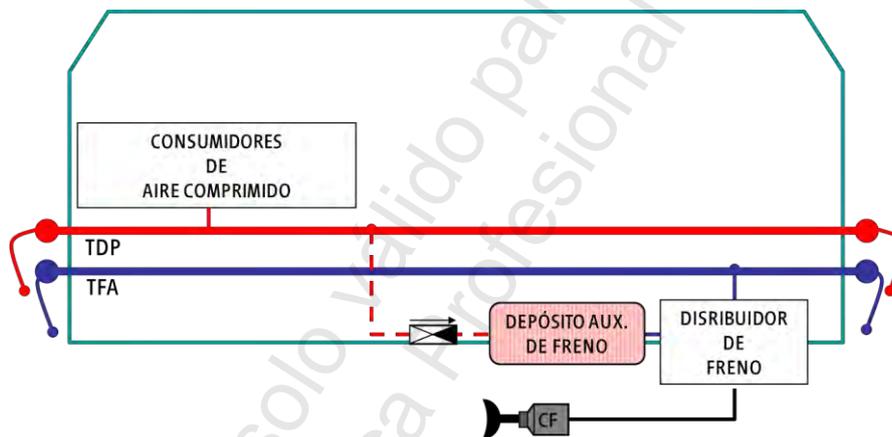


Figura 6-3. Distribución de los circuitos de freno en un coche.

Durante todo el proceso descrito nos hemos ocupado de la manipulación de la TFA y de sus automatismos, resumiendo de alguna forma: el maquinista sube o baja la TFA en función de si quiere aflojar o apretar el freno de la locomotora y del tren en el caso de estar acoplado al mismo.

En la imagen superior aparece el distribuidor ya explicado anteriormente y el cilindro de freno donde podemos comprender la influencia de la TFA en cualquier proceso de frenado y afloje de una composición.

Conviene distinguir entre coches alimentados de D. Principales y TFA y vagones alimentados solo de TFA, como muestra esta figura.

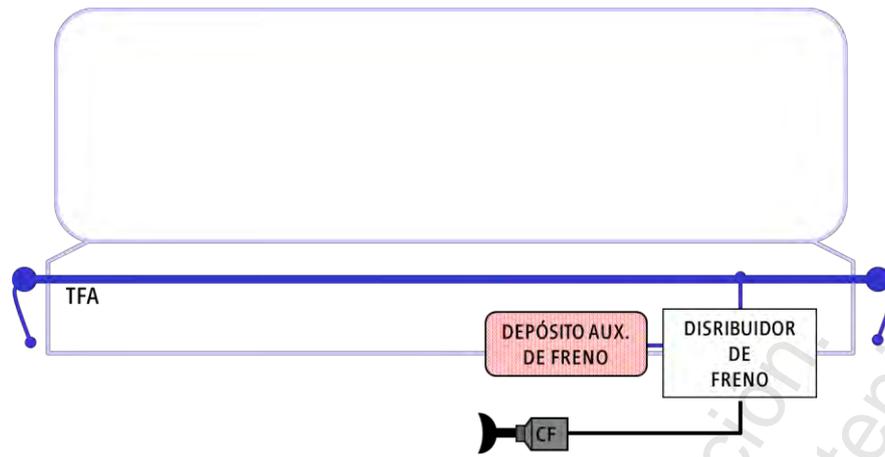


Figura 6-4. Distribución de los circuitos de freno en un vagón.

La diferencia radica en que los vagones sin alimentación de D. Principales, la carga del depósito auxiliar de freno se toma de TFA, al no disponer de tubería de D. Principales.

6.2.3 FRENO ESTACIONAMIENTO.

En el freno de estacionamiento con bloques de freno, el frenado de estacionamiento es producto de la fuerza ejercida por un muelle.

Estos bloques de freno que combinan las posibilidades de freno por F. Directo, freno por F. Indirecto o automático y freno por freno de estacionamiento, necesitan para esta tercera posibilidad de un aparellaje o dispositivos de mando.

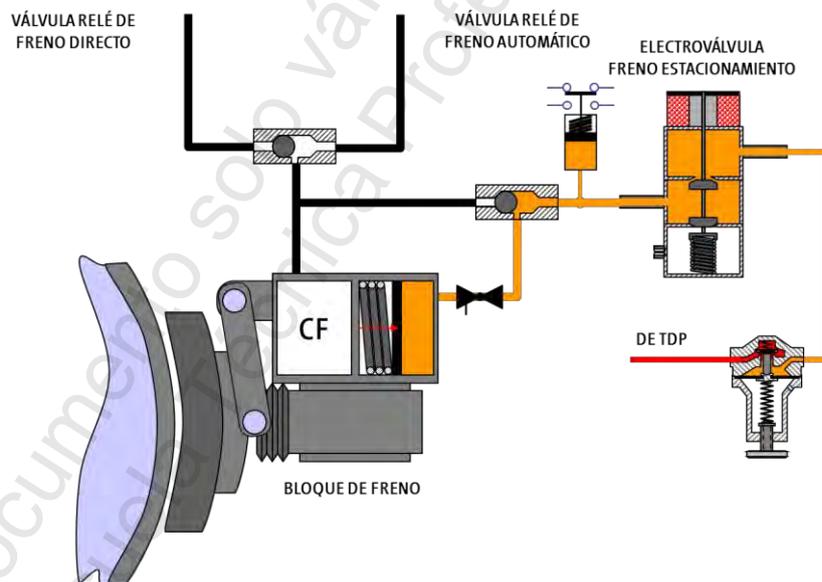


Figura 6-5. Plano de aplicación y afloje del freno de estacionamiento.

Para el funcionamiento del bloque de freno que contempla la posibilidad de freno de estacionamiento por muelle acumulador, necesitamos una reguladora que ajusta la presión de D. Principales a 6 bar aproximadamente (dependiendo de los vehículos) que alimentará una electroválvula directa y que cuando se energice eléctricamente o se calce manualmente, meterá aire en la cámara rindiendo el muelle acumulador y aflojando el Freno de Estacionamiento.

Es por esto fácilmente deducible que en la medida que el vehículo se queda sin aire el freno de estacionamiento se aplica, al distenderse el muelle acumulador.

En la imagen 1-42 se puede observar una válvula de doble efecto también conocida por el nombre de válvula anti-suma o anticompound que evita la suma de esfuerzos de freno resultantes del freno neumático y el del muelle acumulador, aplicando la fuerza del muelle acumulador en la medida que desaparece el freno neumático. Dispone también de unos presostatos de vigilancia que informan de la aplicación o no del freno estacionamiento a la electrónica de control, pudiendo desencadenar frenados de emergencia ante situaciones de aplicación indebida del F. de Estacionamiento o simplemente no permitir la tracción si el F. de Estacionamiento está aplicado.

6.2.4 FRENO AUXILIO.

Cuando las ordenes eléctricas que manejan las electroválvulas de afloje, freno y otros componentes de control del freno, no son posibles por avería, es necesario recurrir al freno de auxilio. Este freno de auxilio, gracias a las llaves de cuatro vías o conmutadores neumáticos en locomotoras más actuales, permite el manejo de la presión del D. Equilibrio con la válvula del F. Directo.

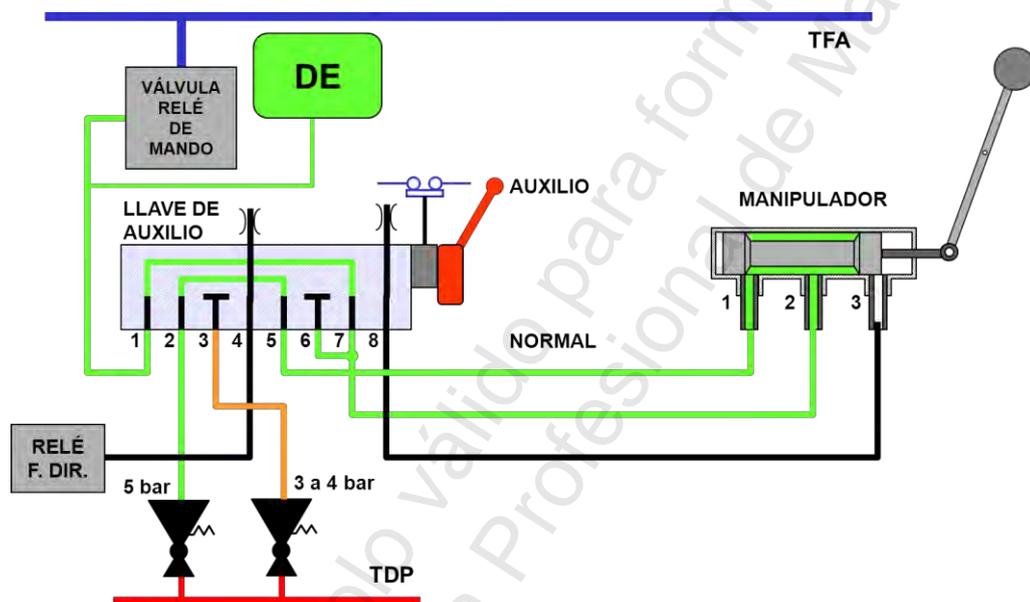


Figura 6-6. Plano de aplicación y afloje del freno de auxilio.

Esta representación se acerca a la que funciona en locomotoras 252, con el conmutador posicionado en auxilio podemos manejar la presión del D. Equilibrio de forma manual con un elemento puramente neumático como es el mando para F. Directo.

6.2.5 FRENO URGENCIA.

En la figura, 1-44 podemos ver la representación de una válvula para el F. de Urgencia.

Estas válvulas cuando son accionadas a voluntad por el maquinista, destruyen de forma rápida la TFA ordenado freno máximo.

Disponen de enclavamientos eléctricos que entre otras funcionalidades pueden abrir el circuito lazo, des-energizar electroválvulas de vigilancia que desencadenan la apertura de la TFA a la atmósfera por válvulas de emergencia, informar a los procesadores de control del vehículo de su actuación, etc.

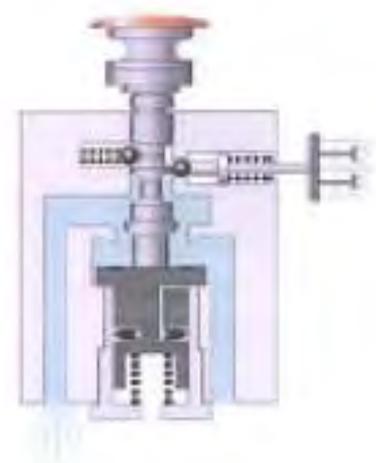


Figura 6-7. Válvula de urgencia.

6.2.6 ANTIBLOQUEO.

Durante los procesos de frenado es muy importante controlar la adherencia rueda carril, evitando deslizamientos que pueden dañar las ruedas de forma considerable, al mismo tiempo que se optimizan las distancias de frenado.

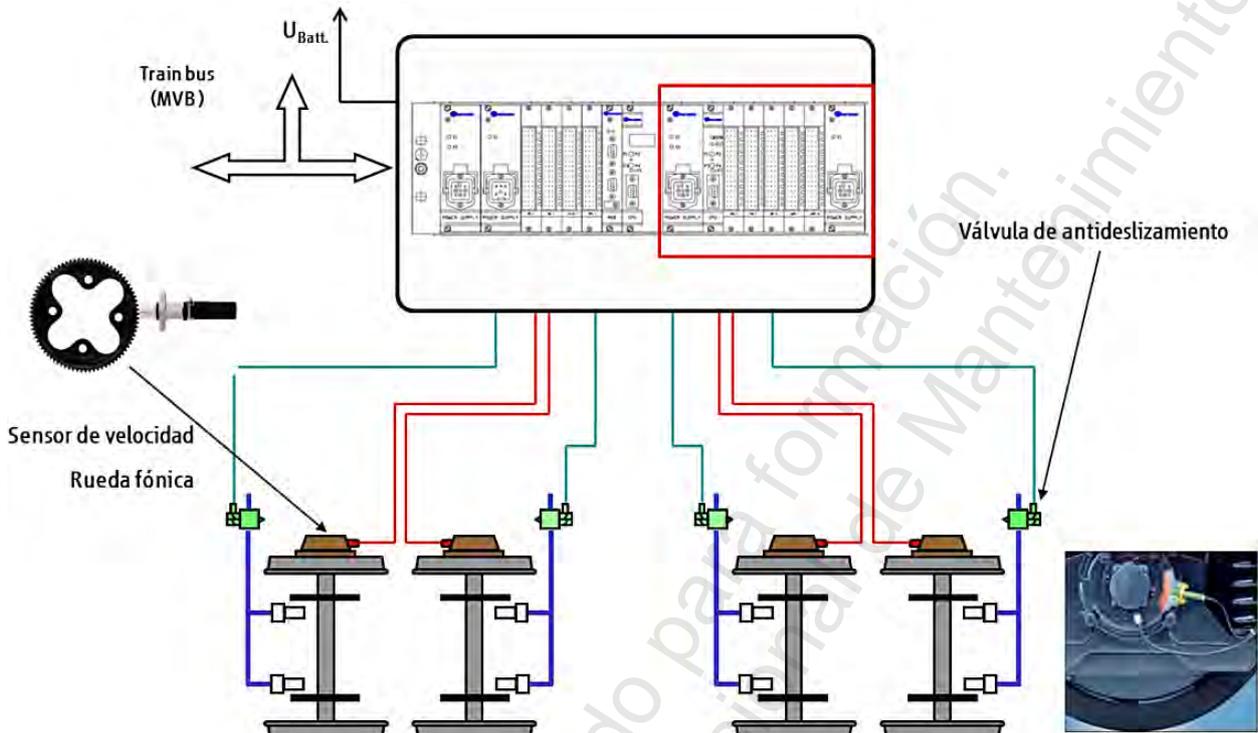


Figura 6-8. Plano funcional genérico del equipo antibloqueo.

Básicamente el equipo consta de una electrónica de control, donde se procesan las señales de velocidad recibidas de los sensores (ópticos o inductivos) calados en las cajas de grasa sobre ruedas fónicas, repartidos en los diferentes ejes y de unas electroválvulas controladas por la electrónica de control, capaces de controlar el llenado y vaciado de los cilindros de freno.

La electrónica compara cada una de las lecturas de los ejes y si alguna se desfasa sobre el resto, controla las electroválvulas de ese eje que se retrasa cortándole la alimentación de freno, incluso destruyendo parte de la presión recibida, siendo restablecida a valores normales, cuando cesa la diferencia de velocidad de ese eje con el resto.

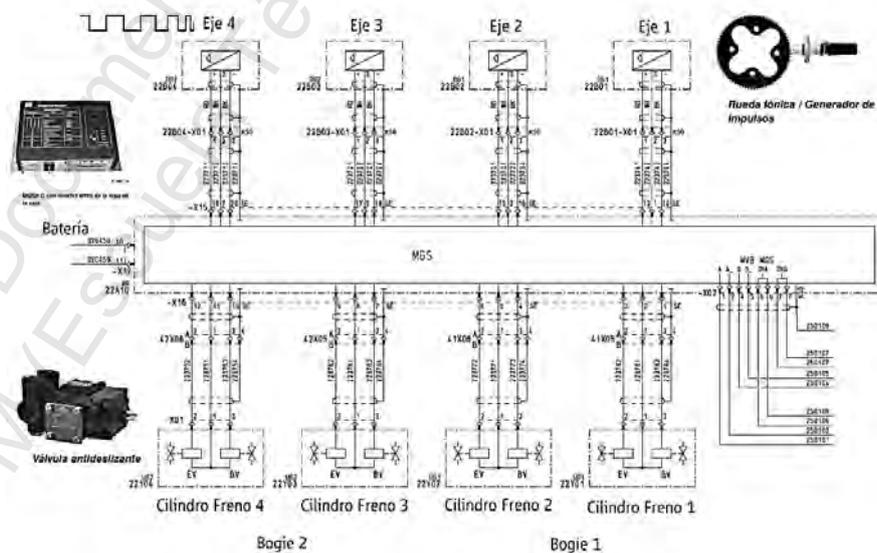


Figura 6-46. Plano funcional del equipo antibloqueo locomotora 253.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Material Motor Ferroviario - Ed. 2012_ETP – Renfe Operadora
Material Remolcado Ferroviario – Ed. 2012 – ETP – Renfe Operadora
Frenado_Ferroviario_1 2012_ETP_Renfe.
NTM 33.00.00.....33.10.00 de la locomotora 333.3
Electrotecnia RENFE - Escuela Técnica Profesional - Edición 2011
Anatomía del tren de rodadura
NTM Panel de mando PBL 3 de Faiveley. 33.02.00.
NTM.33.03.01 Distribuidor SW4-3 (descripción y manual de mantenimiento)

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)
Documento solo válido para formación.



renfe

Fabricación y Mantenimiento S.A.
Gerencia de Área de Organización y RR HH.
Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

BOGIES, TRACCIÓN Y CHOQUE

Autores: Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe

Edita: © Renfe-Fabricación y Mantenimiento S.A

Gerencia de Área de Organización y Recursos Humanos.

Gerencia de la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

Edición 1ª febrero 2019

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL AUTOR.

ÍNDICE

1.	DESCRIPCIÓN DEL BOGIE	7
1.1	DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE BOGIE	7
2.	COMPONENTES DEL CONJUNTO DEL BOGIE	9
2.1	BASTIDOR DE BOGIE	9
2.2	TIPOS DE BASTIDORES	10
2.3	EJE MONTADO.....	10
2.3.1	Rueda	12
2.3.2	Eje.....	20
2.4	CAJA DE GRASA.....	20
2.5	REDUCTOR/TRANSMISIÓN.....	23
2.5.1	Transmisión directa.....	23
2.5.2	Transmisión indirecta por coronas dentadas	23
2.5.3	Transmisión indirecta elástica con engranajes.....	24
2.5.4	Transmisión indirecta por eje Cardan	24
2.6	SUSPENSIÓN.....	25
2.6.1	Suspensión primaria	25
2.6.2	Suspensión secundaria.....	25
2.6.3	Tipos de elementos de suspensión	26
2.7	APOYO Y GUIADO	35
2.7.1	Placa central plana.....	36
2.7.2	Bowl esférico central	36
2.7.3	Pivote central	36
2.7.4	Unión tipo Watts	37
2.7.5	Unión de péndulo.....	38
2.7.6	Conexión sin cabezal	38
2.7.7	Barra de tracción-compresión	39
2.7.8	Barras o bielias de guiado	39
2.8	ELEMENTOS DE FRENO	40
2.8.1	Zapatas, portazapatas y timonería de freno	40
2.8.2	Discos de freno.....	41
2.8.3	Cilindros de freno	42
2.8.4	Tuberías de circuito neumático y depósitos de aire.....	43
2.8.5	Patines electromagnéticos de freno	44
2.9	OTROS ELEMENTOS	45
2.9.1	Odometría.....	45
2.9.2	Acelerómetros.....	45
2.9.3	Sondas de temperatura	46
2.9.4	Engrase de Pestañas.....	46
2.9.5	Areneros	46
2.9.6	Retornos eléctricos en cajas de Grasa.....	46
2.9.7	Quitapiedras y quitarreses.....	47

2.9.8	Captadores.....	48
2.9.9	Equipos de Propulsión (Motores).....	48
3.	TIPOS DE BOGIES	51
3.1	SEGÚN SU FUNCIÓN	51
3.1.1	Bogies Motores	51
3.1.2	Bogies Portantes	51
3.2	SEGÚN EL NÚMERO DE EJES	52
3.2.1	De dos ejes	52
3.2.2	De tres ejes.....	52
3.3	SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS	53
3.3.1	Vehículos Autopropulsados.....	53
3.3.2	Locomotoras	54
3.3.3	Rodales	55
3.3.4	Bogie de mercancías tipo Y-21	56
4.	SISTEMAS ESPECIALES.....	59
4.1	RODADURA DESPLAZABLE	59
4.1.1	Sistemas de ancho variable	60
4.2	SISTEMAS PENDULARES / BASCULANTES	62
4.2.1	Sistemas de basculación pasiva (pendulación)	62
4.2.2	Sistemas de basculación activa.....	63
5.	SISTEMAS DE TRACCIÓN Y DE CHOQUE.....	65
5.1	CONJUNTO DE TRACCIÓN	65
5.1.1	Gancho de tracción.....	65
5.2	CONJUNTO DE CHOQUE.....	70
5.2.1	Topes	70
5.3	ACOPLAMIENTOS AUTOMÁTICOS.....	72
5.3.1	Sistema mecánico con acoplamiento neumático y eléctrico. Scharfenberg	72
5.3.2	Enganches mecánicos con acoplamiento neumático	76
5.3.3	Enganche mecánico	77
5.3.4	Sistema de enganche auxiliar para socorros y maniobras.	77
5.4	SISTEMAS DE ABSORCIÓN DE IMPACTOS	78

Este libro ha sido elaborado por la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Es propiedad de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización expresa del propietario.

1. DESCRIPCIÓN DEL BOGIE

1.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE BOGIE

Se entiende por Bogie al conjunto-estructura que soporta un número determinado de ejes, normalmente dos o tres, conectado de manera articulada al bastidor de un vehículo ferroviario y que puede ir equipado con un variado número de sistemas o elementos accesorios.

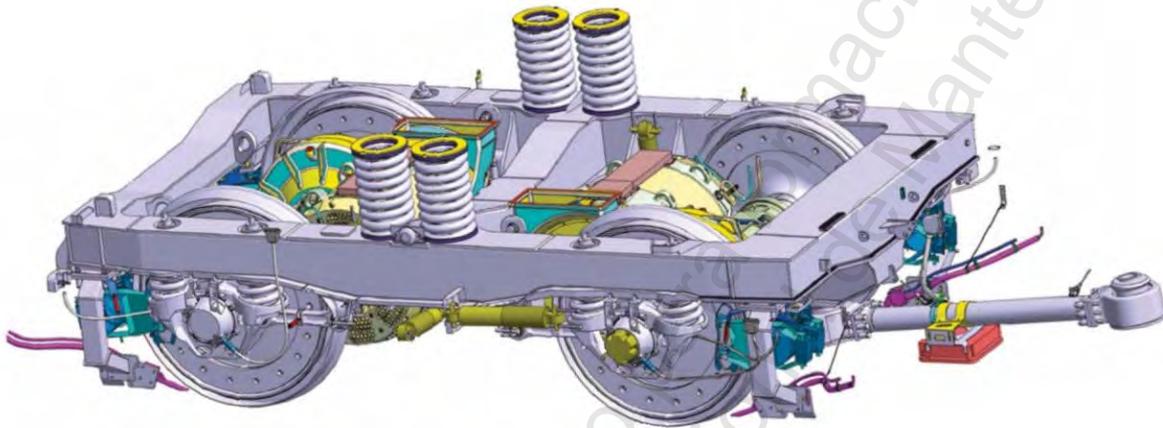


Figura. 1-1 Bogie

El elemento básico del bogie es el sistema de rodadura cuya diferencia principal entre un vehículo ferroviario y cualquier otro tipo de vehículos de transporte terrestre, radica en el sistema de guiado.

Los carriles por donde circulan las rodaduras del vehículo no solo tienen la misión de apoyo a las ruedas, sino que también les proporciona el guiado lateral.

Los carriles y las agujas cambian la dirección de las ruedas y de esta manera determinan la dirección en la que se desplazará el vehículo ferroviario.

El tren de rodadura proporciona el movimiento seguro del vehículo a lo largo de las vías, en este sistema se incluyen una serie de elementos o equipos como el bastidor, ejes montados, cajas de grasa, suspensiones, sistemas de frenado, sistemas de tracción y una serie de dispositivos que se encargan de transmitir los esfuerzos de tracción y freno al conjunto del vehículo.

Las principales funciones de los bogies o de los sistemas de rodadura son:

1. **Transmitir y distribuir la carga** del vehículo sobre los carriles.
2. **Guiar al vehículo** a lo largo de la vía.
3. **Controlar las fuerzas dinámicas** producidas por irregularidades de la vía, las producidas en las curvas y en los cambios de vía del mismo modo que las que se generan por el impacto entre vehículos que componen un tren.
4. **Amortiguación** eficaz de movimientos oscilatorios.
5. **Aplicación** de forma **segura** de los esfuerzos de **tracción y freno**.
6. Permitir la **ubicación de otros elementos** que forman parte de su conjunto.

No todos los vehículos van equipados con bogies, por ello podemos distinguir dos tipos según su sistema de rodadura:

- **Provistos de bogies**
- **No provistos de bogies**

En los vehículos "No provistos de bogies" los elementos señalados con anterioridad (tracción, freno, etc.) se sitúan en el bastidor del propio vehículo y la posibilidad de flexibilidad de movimientos rodadura/caja o bastidor no existen por la falta de articulación. Esta circunstancia limita la longitud de estos vehículos.



Figura. 1-2 Vehículo no provisto de bogie

En los vehículos modernos, en el diseño de los bogies se tiene en cuenta las características de las líneas donde van a prestar servicio, así como las condiciones climáticas y de explotación. Así mismo cumplen las prestaciones solicitadas en cuanto a condiciones de resistencia y calidad de marcha.



Figura. 1-3 Vehículo con bogies

Se pone especial atención a su simplicidad, accesibilidad y a que presente unas necesidades de mantenimiento reducido, así como unas óptimas características de estabilidad de marcha, reparto de cargas entre ruedas, alta adherencia, buena inscripción en curva y baja agresividad de vía.

A fin de conseguir un mantenimiento reducido se suelen utilizar elementos de caucho libre de mantenimiento, en los puntos o articulaciones donde el diseño lo ha permitido, con lo que se consigue reducir al mínimo los puntos de engrase que requieren especial atención y mayor mantenimiento.

2. COMPONENTES DEL CONJUNTO DEL BOGIE

Como se expuso con anterioridad, los bogies pueden estar compuestos de una gran diversidad de equipos, elementos o subconjuntos. Esta variedad de elementos dependerá del tipo de bogie y del tipo de vehículo sobre el que va dispuesto. Los principales elementos que se distinguen y que trataremos más profundamente en lo sucesivo serán:

- Bastidor de bogie
- Eje montado
- Cajas de grasa
- Sistema reductor y transmisión
- Suspensión
- Sistemas de apoyo y guiado
- Elementos de freno
- Otros elementos

Entre los que destacaremos:

- Sistemas de odometría
- Acelerómetros
- Sistemas de engrase de pestañas
- Areneros
- Retorno de corriente
- Quitapiedras
- Captadores de sistemas de seguridad
- Sistemas de propulsión

2.1 BASTIDOR DE BOGIE

El bastidor del bogie es una estructura rígida totalmente soldada y que puede ser de diversas formas, dependiendo del vehículo y del número de ejes que sustenta y que en la mayoría de los bogies de dos ejes suelen tener forma de H o de 8, constituida por la unión soldada de dos largueros y una o varias traviesas o travesaños.

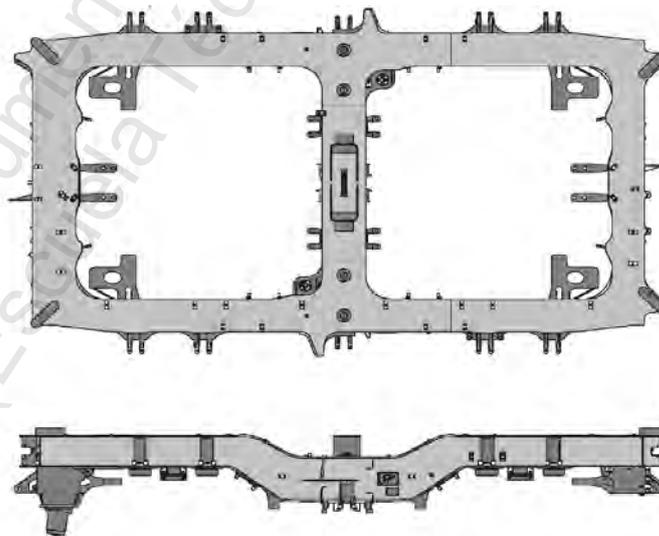


Figura. 2-1 Bastidor de bogie

Existen notables diferencias entre los bastidores de los bogies de vehículos autopropulsados, de vagones, de locomotoras o de coches. Esto se debe a las diferentes características de cada uno de estos vehículos, no solo en cuanto a sus prestaciones sino también a las diferencias entre longitudes y masas propias de los mismos.

Los largueros y las traviesas están contruidos con chapa de acero de alto límite elástico. Las traviesas suelen estar formadas por dos cajones de sección rectangular reforzados entre sí, para aportar la rigidez precisa en las zonas de las fijaciones de los motores de tracción y del enlace caja-bogie. Entre ambos cajones queda un espacio para permitir el paso del pivote de enlace caja-bogie.

En el bastidor se fijan (por medio de tornillería o soldadura) los soportes necesarios para el montaje de todos los elementos que van integrados en el bogie.

Después del proceso de soldado y antes de mecanizar, el bastidor del bogie es sometido a un proceso de recocido en un horno, para eliminar tensiones. Este proceso garantiza las características apropiadas de robustez, elasticidad, tenacidad, etc., necesarias para soportar las solitudes a las que estará sometido en condiciones normales de funcionamiento.

2.2 TIPOS DE BASTIDORES

Como hemos visto anteriormente, el tipo de bastidores de bogie es muy variado y dependerá esencialmente del número de ejes que soporta y de las características particulares del vehículo donde va montado.

Dependiendo de la ubicación de las traviesas, los bastidores pueden ser:

- **Abiertos**
- **Cerrados**

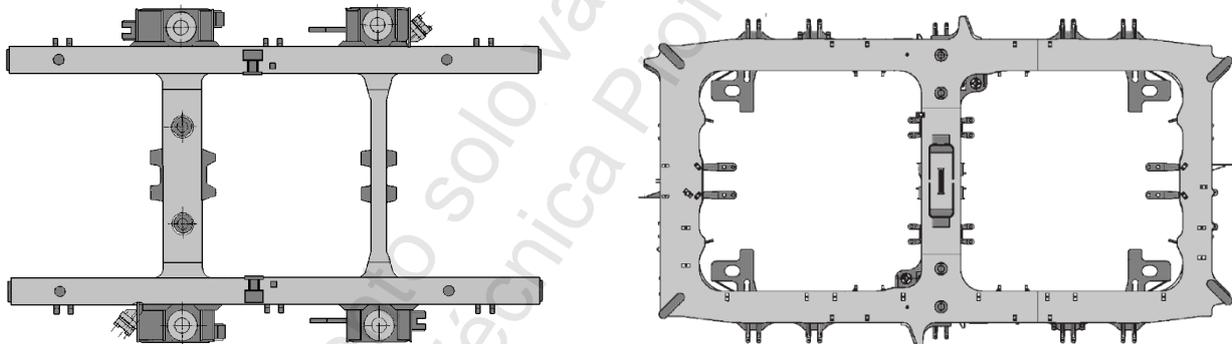


Figura. 2-2 Bastidor abierto (izquierda) y cerrado (derecha)

testeros. Podemos encontrarlos con una traviesa central (comúnmente denominadas en H) o con dos traviesas centrales (denominadas de doble H)

Los bastidores **cerrados** disponen de traviesas tanto centrales como en los testeros. Los bastidores cerrados sin traviesa central existieron en el pasado, pero fueron sustituidos por los que disponen de traviesas centrales por sus mejores características. Actualmente no existe ningún vehículo en el parque activo de RENFE con este tipo de bastidor.

Comúnmente se denomina los bastidores con una traviesa central como bastidores en 8 y a los de dos traviesas interiores como de doble 8.

2.3 EJE MONTADO

Se entiende por **eje montado** al conjunto de rodadura formado por dos ruedas unidas fijamente por un eje común, lo que implica que ambas ruedas tengan la misma velocidad angular y mantengan una distancia constante entre ellas. Las ruedas del eje

montado comienzan su vida con unas bandas de rodadura puramente cónicas. Estas bandas de rodadura se desgastan rápidamente en servicio, de forma que pasan a tener una curvatura en dirección transversal.

El eje montado proporciona:

- La distancia necesaria entre el vehículo y la vía.
- El movimiento de lazo que determina el movimiento dentro de la vía, incluyendo las curvas y agujas.
- Los medios de transmisión de las fuerzas de tracción y de frenado a los raíles para acelerar y decelerar el vehículo.

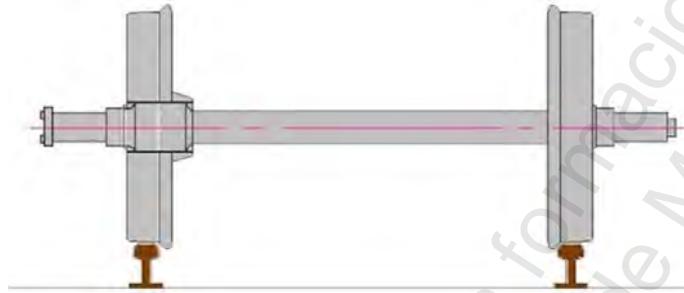


Figura. 2-3 Eje montado

El diseño del eje montado depende de:

- El tipo del vehículo (si ejerce tracción o arrastre).
- El tipo de sistema de frenado utilizado (freno de zapata, disco del freno en el eje, o disco del freno en rueda).
- La construcción del centro de la rueda y la posición de cojinetes respecto al eje (interior o exterior).
- El deseo de limitar fuerzas de una frecuencia más alta usando elementos elásticos entre el centro de la rueda y la llanta.

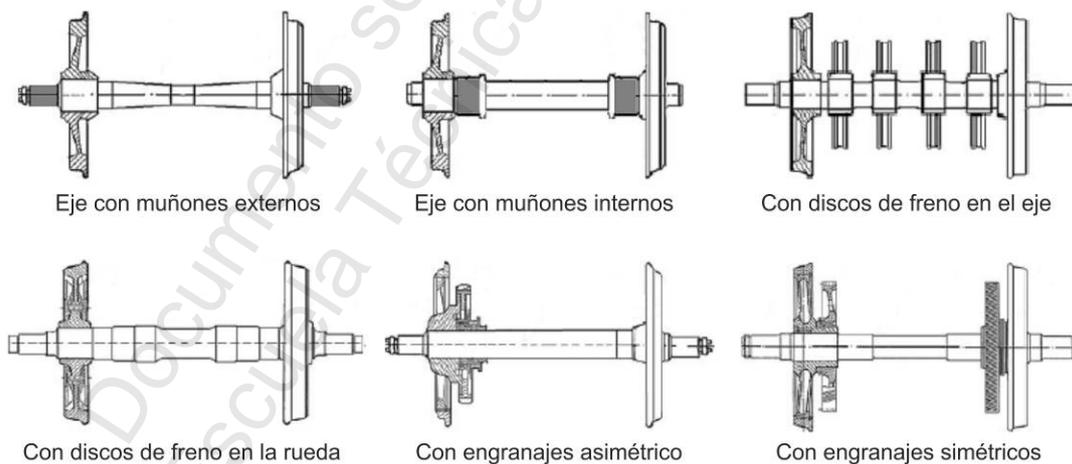


Figura. 2-4 Tipos de ejes montados

Además del eje propiamente dicho y las ruedas, los ejes montados pueden tener otros elementos instalados como pueden ser discos de freno y coronas dentadas para la transmisión de la tracción. La aparición de estos elementos dependerá del tipo de vehículo donde el eje montado se encuentre instalado y, por lo tanto, de sus características particulares.

2.3.1 Rueda

Las ruedas y los ejes de transmisión son las partes más críticas del material rodante ferroviario. Un fallo mecánico o un exceso en las dimensiones del diseño pueden causar el descarrilamiento.

Las ruedas se clasifican como macizas o con llanta.

- ✓ Las ruedas **macizas** tienen tres elementos importantes:
 - la llanta
 - el disco o velo
 - el cubo
- ✓ Las **ruedas con llanta** tienen puesta una llanta unida al disco de rueda que puede ser quitada y sustituida cuando alcanza su límite de torneado.

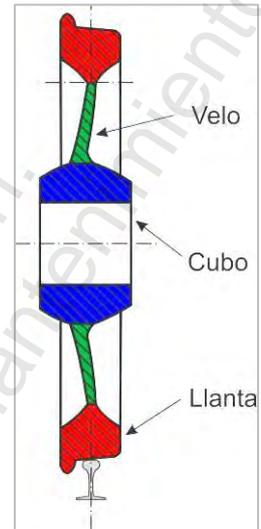


Figura. 2-5 Rueda

2.3.1.1 Cubo

Es la parte central de la rueda donde se encuentra el orificio para ser calada sobre el eje.

2.3.1.2 Llanta

Es la parte exterior de la rueda que entra en contacto con el rail y donde se encuentra el "perfil de rodadura".

En dicho perfil de rodadura se pueden distinguir tres zonas:

- Pestaña
- Banda de rodadura
- Chaflán

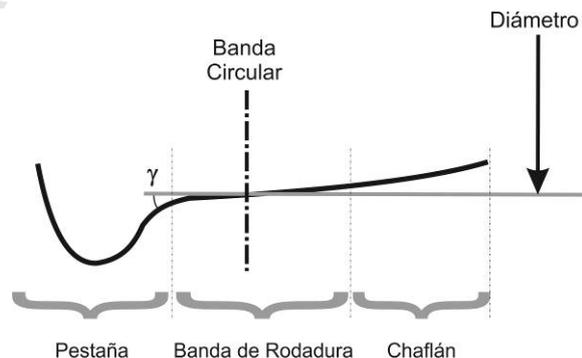


Figura. 2-6 Perfil de rodadura

La **Pestaña** es un resalte de mayor diámetro que el resto de la rueda y que se encuentra en la parte interior del perfil de la misma con respecto a su colocación en el vehículo. Evita que la rueda se salga del rail y proporciona el guiado del vehículo.

El **chaflán** es la parte de menos diámetro de la rueda y se encuentra en su parte exterior.

La **banda de rodadura** se encuentra en la parte central del perfil de rodadura. Su forma es cónica y es la zona que apoya en el rail. Es la zona (junto con la pestaña) que sufre mayor desgaste. El punto medio aproximado de la banda de rodadura con respecto a la superficie de contacto del carril se denomina **Banda Circular**, este se encuentra a 70 mm de la superficie de la cara interna de la rueda. En punto de encuentro entre la banda circular y la banda de rodadura se denomina **punto de rodadura**. En este punto es donde se mide el diámetro de la rueda y desde el que se toma referencia para el resto de los parámetros del perfil de rodadura.

2.3.1.3 Disco o Velo

El disco o velo es la parte existente entre el cubo y la llanta. Puede adoptar variados tipos de formas. Las ruedas se pueden diferenciar por la forma del disco.

El velo puede adoptar varios tipos según sus secciones transversales:

- Recto
- Cónico
- Con forma de S
- Con radios
- Ondulados.

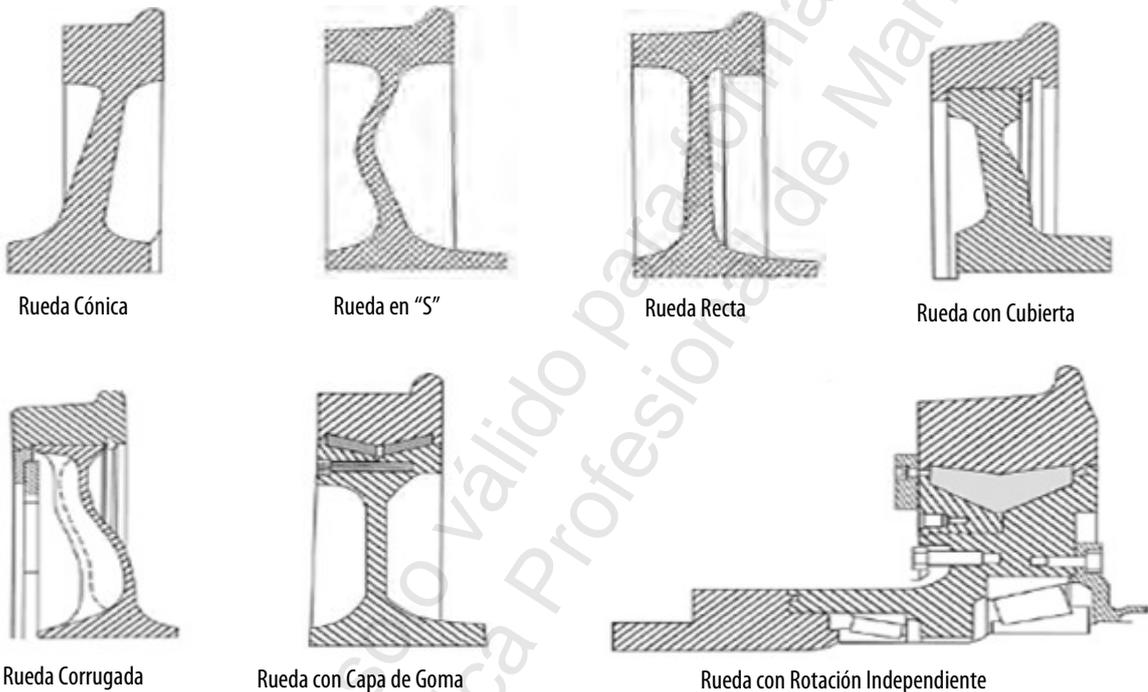


Figura. 2-7 Tipos de rueda por su velo

Un disco recto reduce el peso de la construcción y puede ser formado tal que el espesor del metal corresponda al nivel de la tensión local que soporta.

Los discos cónicos y con forma de S sirven para aumentar la flexibilidad de la rueda, por lo tanto, reducen las fuerzas de la interacción entre las ruedas y los raíles.

Los discos ondulados tienen mejor resistencia a la flexión lateral.

Para reducir las fuerzas de interacción rueda-raíl, reduciendo la masa no suspendida, ha llevado al desarrollo de las ruedas elásticas que incorporan una capa de material con un módulo interno de elasticidad (caucho, poliuretano). Éstos ayudan a atenuar las fuerzas y vibraciones que actúan entre la rueda y el raíl.

Por otra parte, la mejora de la fiabilidad de los rodamientos permitió la aparición de las ruedas que rotan independientemente. Estas proporcionan importantes reducciones en la masa no suspendida debido a la eliminación del eje. Por desacoplamiento de las ruedas, el eje montado que rota independientemente elimina la mayoría de las fuerzas de guiado en el eje. Tales ejes han encontrado aplicaciones, ya sea en material de rodadura variable que permite una transición rápida de un ancho de vía a otro, o en transporte urbano sobre raíles donde un bajo nivel de suelo es necesario.

2.3.1.4 Banda de rodadura

¿Por qué las bandas de rodadura son cónicas?

En curvas, el rail exterior tendrá un radio más grande que el rail interior. Esto significa que una rueda cilíndrica tiene que recorrer más distancia en el rail exterior que en el interior. Las ruedas que se mueven en los railes interiores y exteriores adquieren el mismo número de revoluciones por unidad de tiempo, al estar fijas y solidarias al eje, esto impedirá su circulación libre y fluida en curva. Para que las distancias recorridas por las dos ruedas sean iguales, una o las dos "deslizarán" aumentando así la resistencia a rodadura, y producirán desgaste entre rueda y rail. La solución es fabricar la superficie de rodadura de las ruedas con un perfil cónico cuyo ángulo de inclinación sea variable con respecto al eje montado.

Un eje montado libre con perfiles cónicos se moverá lateralmente en una curva de tal forma que la rueda externa esté rodando en un radio más grande (debido al ángulo del cono) que el interno. Puede verse que para cada radio de la curva solamente existe un valor de la conicidad que elimina el deslizamiento. Como diferentes vías ferroviarias tienen diferentes poblaciones de radios de curvatura, la forma del perfil de rueda que provee el deslizamiento mínimo depende de las características de la vía. Las administraciones ferroviarias especifican normalmente los perfiles permisibles de la rueda para su infraestructura y el grado de desgaste permitido antes de que sea requerido un reperfilado.

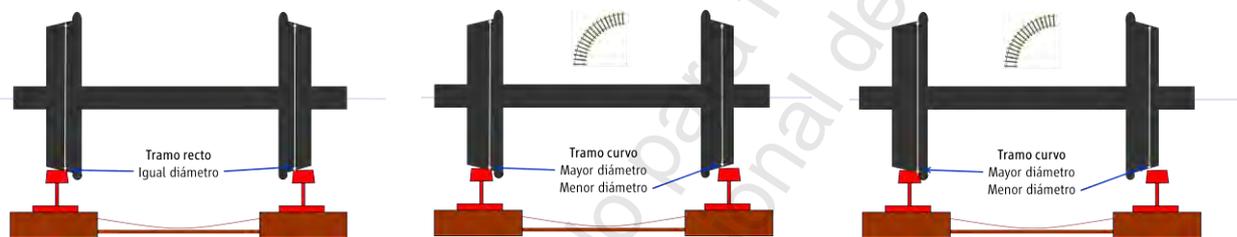


Figura. 2-8 Dinámica del eje montado en curva



Figura. 2-9 Dinámica de eje montado en curva

Mientras que la rueda se desgasta, la forma del perfil se puede alterar perceptiblemente dependiendo de un gran número de factores. Entre otros pueden destacarse: el perfil de curvatura de la ruta, el diseño de la suspensión, el grado de las fuerzas de tracción y frenado aplicadas, la forma del perfil medio del raíl y el régimen de lubricación. El desgaste de la banda de rodadura incrementará la altura del chaflán, y eventualmente ocasionará que golpee en el raíl. Si el desgaste de zona de contacto hace que el perfil llegue a ser excesivamente cóncavo, tensiones dañinas pueden surgir en el lado externo de la rueda y el raíl, hecho conocido como “falso daño de reborde”. El desgaste del chaflán puede conducir al aumento de su ángulo y a la reducción de su espesor.

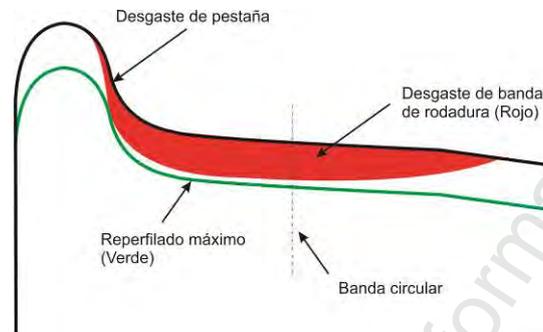


Figura. 2-10 Desgaste del perfil de rodadura

En condiciones extremas, esto podría aumentar el riesgo de descarrilamientos por separación de aguja. Los perfiles de la rueda son restaurados generalmente a su forma de diseño mediante torneados periódicos. Esto se puede realizar normalmente sin la necesidad de quitar el eje montado del vehículo.

Las condiciones del contacto variarán considerablemente en función de la forma de la rueda y del perfil de la vía. Estas pueden ser de contacto en un punto, en dos puntos, o de contacto conforme.

El **contacto en un punto** (1) se produce entre los perfiles cónicos o de banda de rodadura de la rueda y el perfil redondeado del raíl. Las ruedas se desgastan rápidamente a la forma local del raíl.

Con el **contacto en dos puntos** (2) la rueda toca además el raíl con su reborde. En este caso, el contacto de rodadura tiene dos diferentes radios que producen deslizamiento intensivo y desgaste rápido del reborde.

El **contacto conforme** (3) aparece cuando el perfil de la rueda y el lado del ancho de vía de la cabeza del raíl se desgastan hasta el punto de que sus radios en los alrededores de la zona de contacto se vuelven muy similares.

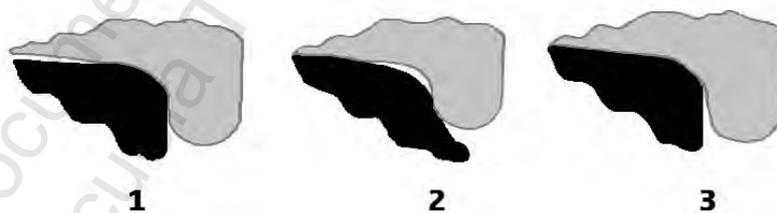


Figura. 2-11 Condiciones de contacto rueda-carril

2.3.1.5 Principales cotas del perfil de rodadura

Para un perfecto control dimensional del perfil de rodadura, del diámetro de la rueda y de la distancia entre ruedas de un mismo eje, es necesario determinar cuáles son las cotas indispensables para el control, como se determinan estas cotas y que aparatos de medida se deben utilizar para ello.

Para medir el perfil de la rueda y según dictan las NTM es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Limpiar puntos de medición en las almas de rueda.
2. Controlar el perfil de rodadura.
 - a) Verificar la forma del perfil de rodadura de acuerdo con plantilla teórica de perfil y determinar los posibles errores.
 - b) Medir y protocolizar las dimensiones S_d , S_h y Q_r .
 - c) Medir y protocolizar dimensiones A_R y diámetro.

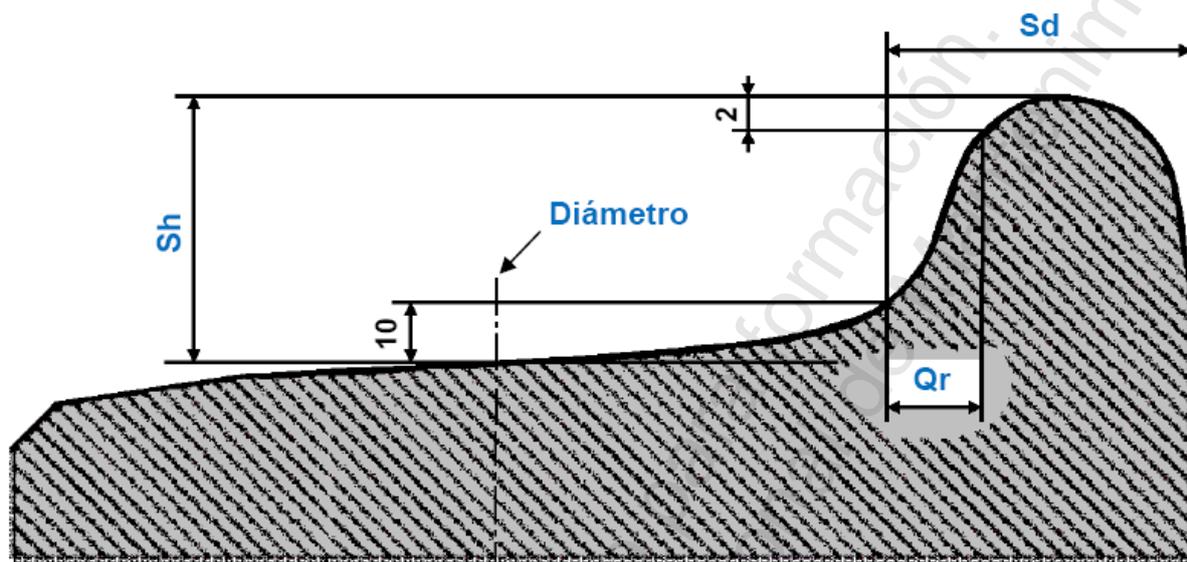


Figura. 2-12 Parámetros del perfil de rueda

Siendo:

Sh: Altura de pestaña (distancia vertical desde el punto de medida del diámetro hasta el punto más alto de la pestaña).

Sd: Grosor de pestaña (distancia horizontal a 10 mm en vertical del punto de medida del diámetro).

Qr: Distancia horizontal desde el punto de medida del grosor de pestaña hasta 2 mm por encima del punto más bajo de la pestaña. También se puede entender como el ángulo existente entre estos dos puntos con respecto a la línea horizontal de encuentro entre la banda de rodadura y la banda circular. Este ángulo debe ser de aproximadamente 70°.

AR: Distancia entre caras internas de ruedas.

Diámetro: Diámetro de rodadura (desde el centro de la zona de rodadura).

Para efectuar la verificación dimensional de todos estos parámetros, será necesaria la utilización de distintos aparatos de medida. Los más utilizados son:

Para el control y medición de los parámetros del Perfil de rodadura podemos utilizar.

Plantilla de visitador, Calibre especial, MiniProf y Calipri láser o sistema por láser similar.

Para la medición del Diámetro de rueda.

Calibre Sagita, Sagita digital y Calipri láser o sistema por láser similar.

Para medir la Distancia entre caras internas de las ruedas de un mismo eje.

Micrómetro de interiores y Calipri láser o sistema por láser similar.

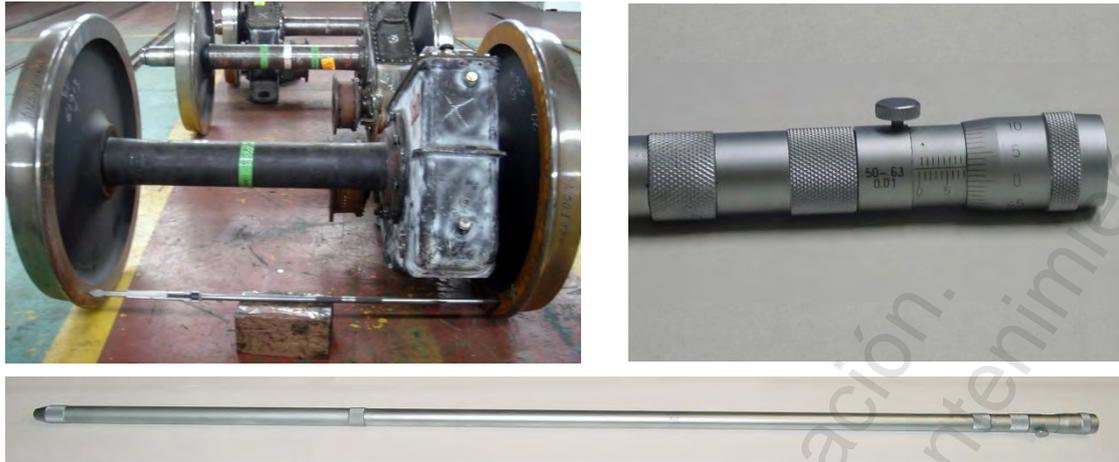


Figura. 2-15 Micrómetro de interiores para medir distancia entre caras internas de ruedas

Para la medida del diámetro de rueda se utilizará el **medidor sagita**, este instrumento consiste en un armazón con dos salientes donde en cuyos extremos se encuentran sendos puntos de apoyo. En el centro existe un reloj comparador que nos medirá la flecha del arco de circunferencia que se describe en la rueda teniendo la limitación de los dos puntos de apoyo del instrumento.



Figura. 2-16 Medidor sagita

En geometría, se entiende por flecha o sagita (f) de un arco de circunferencia (s) a la distancia existente entre el centro de dicho arco y el centro de la cuerda (c).

La fórmula matemática correspondiente nos permite saber el diámetro de rueda sabiendo la longitud de la flecha que en este caso nos la indicará el reloj comparador del medidor sagita.

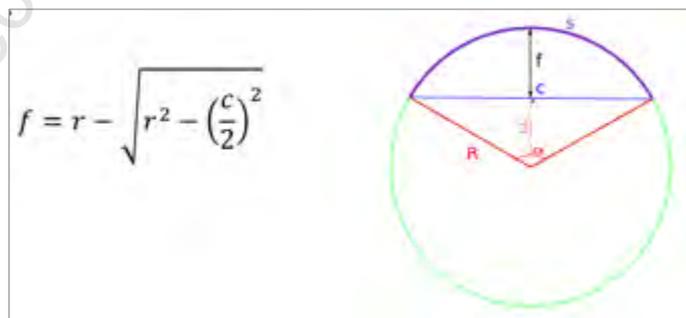


Figura. 2-17 Flecha y cálculo de la misma

Se dispondrá de tablas comparadoras donde aparecerán las medidas de flecha y los diámetros correspondientes, de esta manera se hace más fácil la interpretación de la medida del aparato.

En la actualidad se dispone de instrumentos más modernos y versátiles que facilitan al operador la recogida de datos y la propia realización de la medición. Entre otros se encuentran:

SAGITA DIGITAL:

Instrumento digital que mediante un sensor determina directamente, en el display del que dispone, de la medida de diámetro de rueda



Figura. 2-18 Sagita digital

MINIPROFF:

Sensor de superficie que, por contacto y mediante una sonda unida a un mecanismo articulado, permite seguir la superficie del perfil de rueda y que traslada dicho recorrido a un sistema informatizado donde se representa la superficie recorrida y todos los parámetros de la misma en una pantalla de un PC o un dispositivo tipo Tablet.

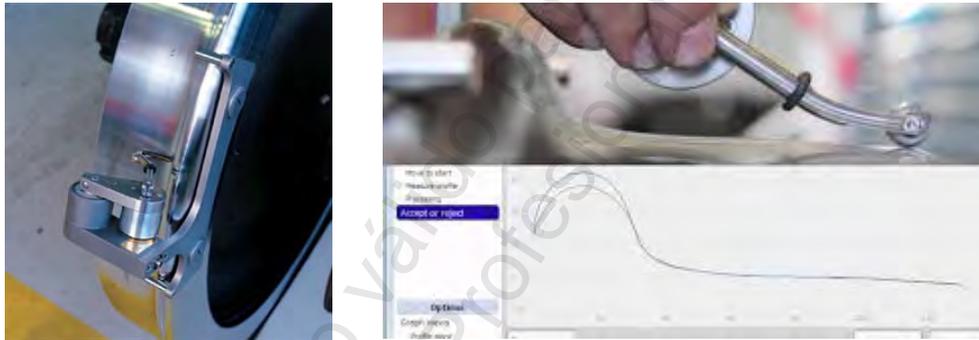
CALIPRI LASER:

Figura. 2-19 MiniProf

Se trata de un sistema de medida sin contacto para la medida de perfiles de rueda. Tiene la capacidad de adaptarse a un variado número de necesidades. El módulo CALIPRI "Perfil de rueda" evalúa el desgaste y la precisión dimensional de los vehículos ferroviarios con baja posibilidad de errores humanos en la medición. Los dispositivos de medición sin contacto se basan en la tecnología mediante haces de luz láser, lo que garantiza datos medidos de alta precisión y reproducibles. En cuestión de segundos, las variables medidas más importantes aparecen en el sensor y se comparan automáticamente con los valores límite individuales introducidos anteriormente en el sistema. Los contornos reales, los contornos límite y las medidas se muestran en la pantalla de la que dispone el dispositivo a modo de Tablet. El sistema dispone de la posibilidad de conexión a PC de manera que facilita la producción de dossieres y el almacenaje de los datos.



Figura. 2-20 Calipri Láser

2.3.2 Eje

Vástago de acero de forma cilíndrica con diferentes secciones que pueden ser cilíndricas y tronco-cónicas donde van caladas las ruedas y que soporta a los demás elementos que constituye a un eje montado.

Genéricamente está constituido por las siguientes partes bien diferenciadas:

Cuerpo de eje.- Zona central donde se suelen disponer las coronas dentadas para tracción y los discos de freno.

Centro de eje.- Puntos o taladros cónicos y ciegos dispuestos en el centro de la sección circular de los dos extremos utilizados para la sujeción del eje en un torno para su mecanización.

Manguetas o muñones.- Encargadas de soportar la carga del vehículo por intermedio de las cajas de grasa y que pueden ir situadas en las proximidades de las zonas de calado, bien en la parte exterior o en la interior del eje dependiendo del tipo de apoyo de las cajas de grasa.

Zona de obturadores.- Sobre estas zonas se calarán los anillos obturadores que son los encargados de permitir la estanqueidad necesaria para la retención de los lubricantes de las cajas de grasa.

Anillo de retención.- Zona cilíndrica situada entre las zonas de calado y las manguetas y que sirven de tope o retención de los elementos calados pertenecientes a la caja de grasa (obturadores o pistas de rodamientos).



Figura. 2-21 Eje y sus partes

2.4 CAJA DE GRASA

Se entiende por caja de grasa al elemento cuya misión es asegurar la unión entre los ejes y el bastidor del vehículo (en caso de vehículos sin bogie) o el bastidor del bogie (en el caso de vehículos con bogie) y facilitan la rodadura del eje montado. Este elemento irá ubicado entre las ruedas y el bastidor.

Permite la transmisión de los esfuerzos de tracción y frenado entre los ejes a la masa del vehículo y lubrica las partes metálicas disminuyendo el rozamiento y el calentamiento en las mismas. Sobre la caja de grasa se fijan unos sistemas de amortiguación que soportan al bastidor (del bogie o del vehículo), transmitiendo la carga a la parte final del eje montado o mangueta.

Es el elemento que permite que el eje montado rote al disponer en su interior de uno o varios cojinetes o rodamientos. Aloja la denominada suspensión primaria del vehículo y transmite fuerzas tanto longitudinales, como laterales y verticales del eje montado sobre el bastidor.

Las cajas de grasa se clasifican por:

- Su posición respecto al eje dependiendo si los cojinetes se encuentran en el exterior o en el interior con respecto a la rueda.
- El tipo de cojinetes del que disponga, ya sean lisos, de rodillos, de bolas o mixtos.

La forma de la caja de grasa es determinada por el método de conexión entre ella y el bastidor, y pretende conseguir una distribución uniforme de fuerzas en el cojinete. La construcción interna de la caja de grasa se determina por el cojinete y su sistema de sellado.

La caja de grasas con cojinete liso consiste en una carcasa (A), el propio rodamiento (B) que generalmente se hace de una aleación con bajo coeficiente de fricción (p. ej., bronce o metal blanco), la placa del cojinete (C) que transmite las fuerzas desde la carcasa de la caja de grasas al cojinete, y un dispositivo de lubricación (D) que lubrica el cojinete del árbol. Los sistemas de sellado delanteros y

traseros (E y F) protegen el interior de la caja de grasas de la suciedad y de cuerpos extraños. El sistema de sellado delantero (E) se puede quitar para supervisar el estado del cojinete y para agregar el lubricante

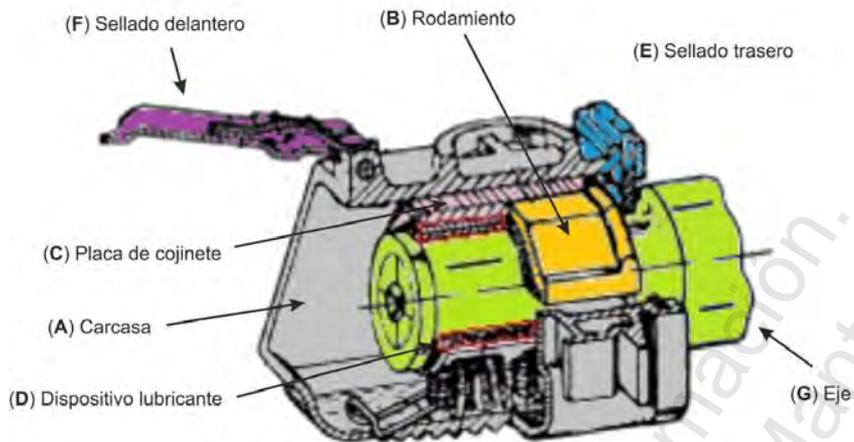


Figura. 2-22 Caja de grasa de cojinetes lisos

Las cajas de grasa de rodamientos por rodillos producen la reducción de caldeos, del coeficiente de rozamiento y de los costes de conservación y reparación necesarios.

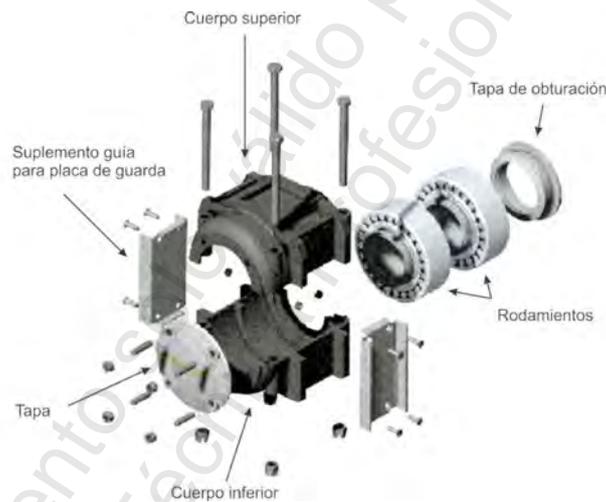


Figura. 2-23 Caja de grasa con rodamientos



Caja de grasa equipada con unidad de rodamientos para conjunto eje/rueda sensorizada para los últimos trenes Pendolino italianos



Modelo tridimensional de una caja de grasa con la unidad de sensores de odometría SKF Axletronic para vehículos de alta velocidad

Figura. 2-24 Ejemplos de cajas de grasa de vehículos modernos

2.4.1.1 Rodamientos

Se entiende por rodamiento al elemento que se sitúa entre dos piezas que pueden girar una con respecto a la otra a través de un eje común, teniendo como principal misión la de reducir, mediante la rodadura de sus elementos internos, la fricción que se produce entre las dos piezas al girar. El interior del rodamiento suele ir ocupado con un material lubricante (grasas especiales) que facilitará la rodadura de sus elementos móviles disminuyendo su rozamiento.

Están contruidos de aceros especiales de alta calidad y las zonas de contacto (pistas y elementos rodantes) aparecen con acabados de muy baja rugosidad.

Los elementos esenciales de los que se compone un rodamiento son:

Pistas, tanto exterior como interior.

Elementos circulares huecos en forma de anillo que van unidos por transferencia a las partes móviles susceptibles de giro y por donde rodarán los elementos rodantes.

Elementos rodantes.

Elementos susceptibles de rodar para eliminar fricciones entre las partes móviles.

Jaula separadora de elementos rodantes.

Elemento en forma de jaula o de celdas equidistantes que alojan en su interior a los elementos rodantes, y que permiten su giro, proporcionando un posicionamiento equidistante de todos ellos.

Anillo separador de pistas interiores.

Anillo de acero que proporciona una separación entre las pistas interiores manteniendo la posición relativa entre ellas.

Deflectores, tanto anteriores como posteriores.

Anillo dispuesto para la retención de los lubricantes.

Obturadores o laberintos, tanto anteriores como posteriores.

Anillos de forma laberíntica que proporcionan la retención de los lubricantes.

Anillos de apoyo, tanto anteriores como posteriores.

Anillos o suplementos que proporcionan el aseguramiento posicional del conjunto de elementos del rodamiento en las piezas donde van ubicados para permitir su rotación.

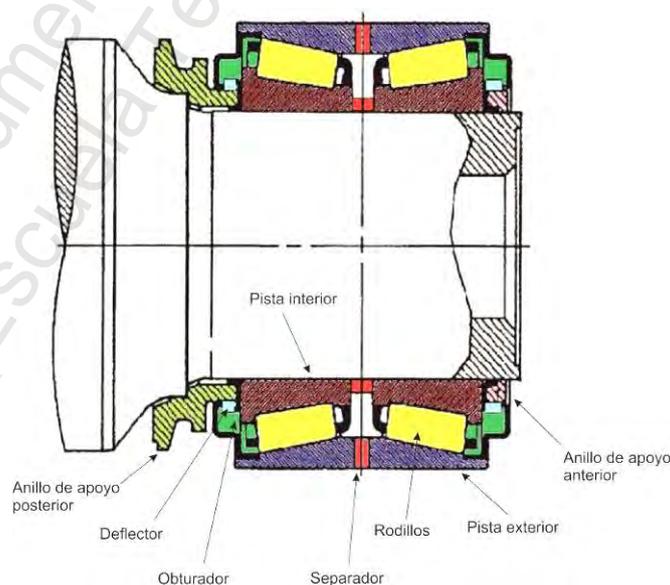


Figura. 2-25 Rodamiento y sus elementos

2.5 REDUCTOR/TRANSMISIÓN

Estos sistemas son los encargados de transmitir los esfuerzos de tracción y de freno motor a los ejes de las ruedas. Suelen consistir en una corona o rueda dentada acoplada al eje de la rodadura sobre la que se engarza directa o indirectamente los engranajes o ejes de los que disponen los motores de tracción para transmitir esfuerzos. También pueden aparecer elementos elásticos que permitan la rotación (entre ciertos límites) de los elementos a acoplar como pueden ser los sistemas WN.

Los principales sistemas utilizados son:

2.5.1 Transmisión directa

El piñón de ataque del eje del motor de tracción incide directamente sobre la corona dentada del eje montado sin ningún otro tipo de elemento intermedio.

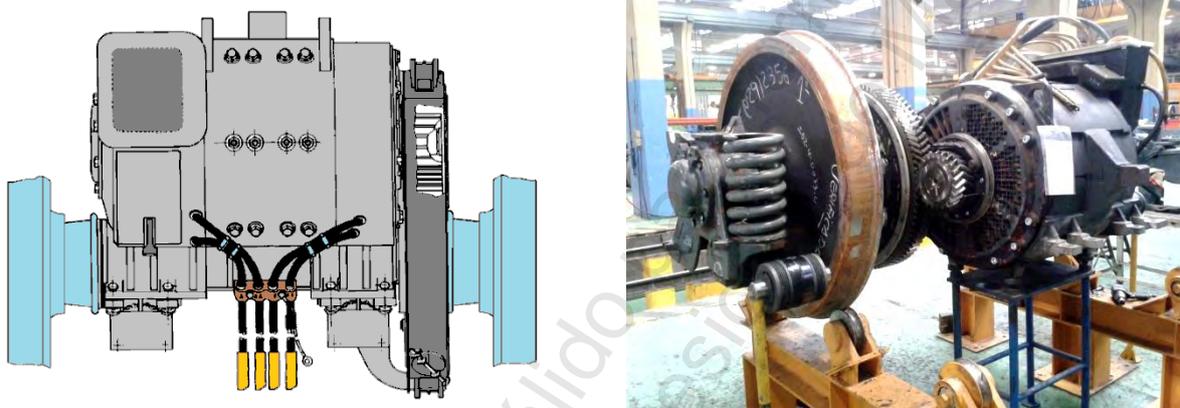


Figura. 2-26 Ejemplos de transmisión directa

2.5.2 Transmisión indirecta por coronas dentadas

El piñón de ataque del motor incide sobre un conjunto de engranajes que efectúan la multiplicación del esfuerzo (reductores) sobre la corona dentada del eje montado, en algunos casos, o distribuyen el esfuerzo (distribuidores) entre los diversos ejes del bogie en otros casos.



Figura. 2-27 Transmisión indirecta por coronas dentadas

2.5.3 Transmisión indirecta elástica con engranajes

Entre el piñón de ataque del motor y el reductor se encuentra un dispositivo elástico que permite cierta flexibilidad entre estos elementos, de esta manera se absorben los movimientos de desalineación existentes entre el motor y reductor en los arranques.

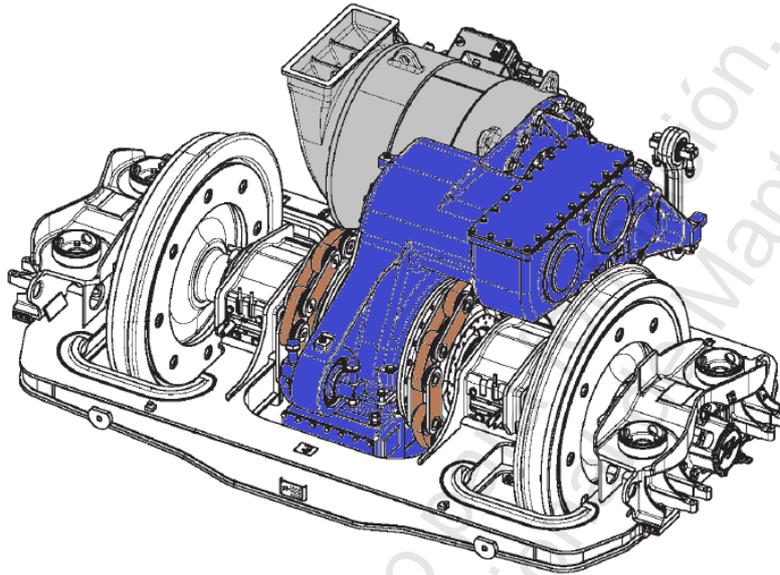


Figura. 2-28 Transmisión indirecta elástica con engranajes

2.5.4 Transmisión indirecta por eje Cardan

Entre el eje del motor y la reductora o transmisión aparece un sistema de conexión tipo "cardan" o "eje de transmisión". Este sistema de conexión consiste en una serie de componentes metálicos que permiten la unión de dos elementos rotatorios no colineales (los ejes de rotación no coinciden).

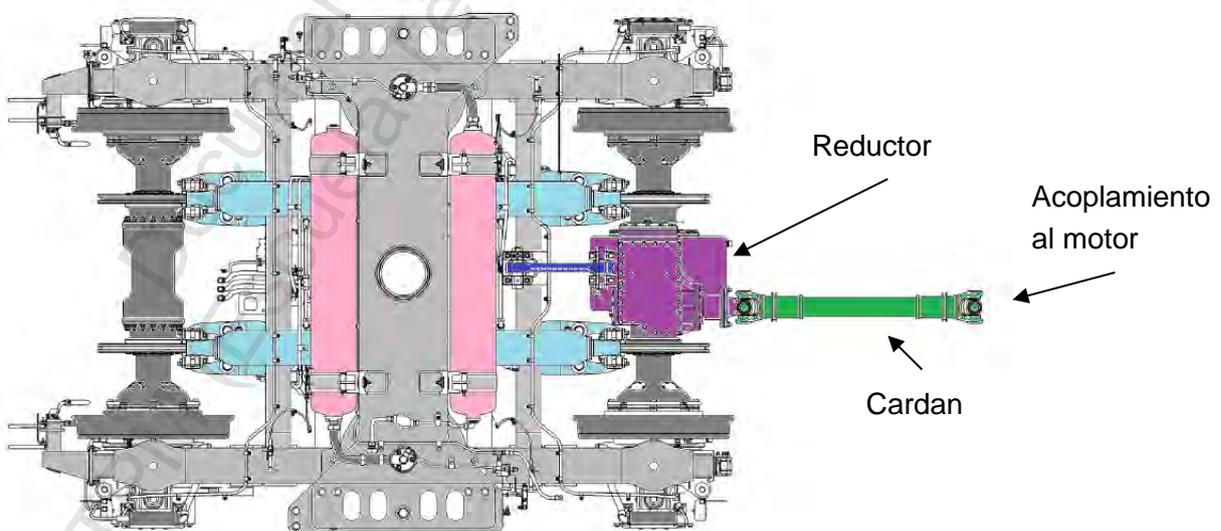


Figura. 2-29 Transmisión indirecta por eje Cardan

2.6 SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión de un vehículo ferroviario es el encargado de soportar su peso y permitir su movimiento elástico controlado sobre sus ejes. De la misma manera tiene la misión de absorber la energía producida por las irregularidades de la vía manteniendo la estabilidad del vehículo, proporcionando seguridad y aportando mayor confort a los pasajeros o carga que se transporta.

El sistema de suspensión suele estar ubicado en el vehículo entre el suelo y el bastidor y está constituido genéricamente por componentes comunes para todo tipo de vehículos. Las diferencias radicarán en el tipo, las dimensiones y prestaciones específicas del vehículo.

Podemos clasificar las suspensiones en dos clases:

2.6.1 Suspensión primaria

Se encuentra entre el conjunto del eje montado y el bastidor del bogie (bastidor del vehículo si se trata de uno no provisto de bogies). Es el primer órgano flexible entre dicho conjunto y el tren, se denomina suspensión primaria (1ª) y cumple dos funciones.

Por una parte, reduce el nivel de vibraciones que soporta el bastidor del bogie y los elementos montados sobre él.

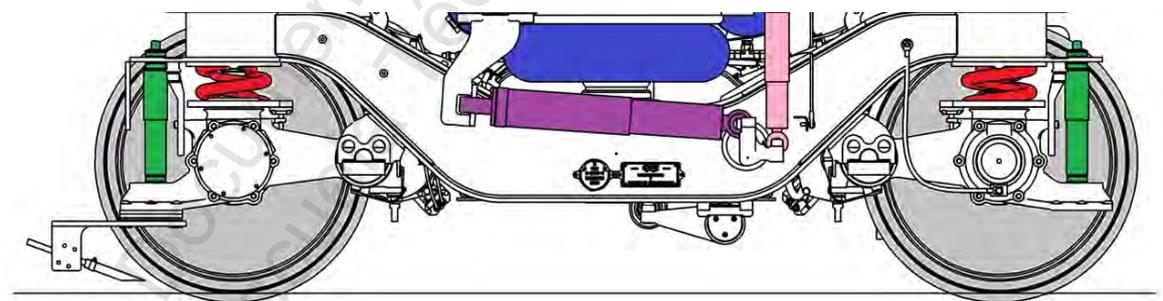
También asegura un reparto homogéneo de cargas sobre las ruedas, lo cual es fundamental de cara a las prestaciones de tracción y freno evitando el riesgo de descarrilamiento.

Además de asegurar la suspensión vertical, están relacionados con el guiado de los ejes en direcciones longitudinales y laterales. Las rigideces de guiado resultan determinantes para definir la estabilidad dinámica del vehículo y los esfuerzos rueda-carril que se producen al paso por la curva.

2.6.2 Suspensión secundaria

A su vez, entre la propia caja del coche ferroviario y el bogie, hay una segunda suspensión que, como tal, se denomina suspensión secundaria (2ª). La suspensión de los vehículos ferroviarios debe asegurar el filtrado de las vibraciones, no sólo en dirección vertical, sino también en dirección lateral. Este filtrado, en los vehículos guiados, es responsabilidad de la suspensión secundaria. Por este motivo, las suspensiones secundarias presentan una alta flexibilidad en ambas direcciones, vertical y lateral.

Los vehículos "no provistos de bogie" carecen de este tipo de suspensión.



PRIMARIA

- Muelles helicoidales
- Amortiguadores hidráulicos

SECUNDARIA

- Balonas neumáticas
- Amortiguadores hidráulicos

- Sistema de amortiguación anti-lazo

Figura. 2-30 Suspensiones de un bogie

2.6.3 Tipos de elementos de suspensión

Entre los principales sistemas de suspensión podemos señalar que los más comunes son:

- Por fricción
- Ballestas
- Muelles helicoidales
- Amortiguadores hidráulicos
- Balonas neumáticas
- Barras de torsión
- Resortes metal-caucho

2.6.3.1 Sistemas por fricción

• Placas de guarda

Los vagones de dos ejes están dotados de placas de guarda, entre las cuales van alojadas las cajas de grasa de los ejes, de forma que puedan tener lugar, entre ciertos límites, desplazamientos tanto transversales como longitudinales y verticales.

El conjunto está constituido por dos placas simétricas, unidas a los largueros del bastidor mediante cordones de soldadura o roblones. En los cantos interiores y con el fin de evitar el desgaste debido al deslizamiento de la caja de grasa, las placas van provistas de unas piezas en forma angular, unidas a ellas mediante cordones de soldadura. Estas piezas reciben el nombre de **resbaladeras** o guías de placa.

En la parte inferior las dos placas están unidas por una pieza llamada **ataguía**, que hace a las placas solidarias y evita que la caja de grasa pueda salirse en su desplazamiento vertical. La ataguía está unida a cada placa de guarda mediante dos tornillos con arandela y tuerca hexagonal.

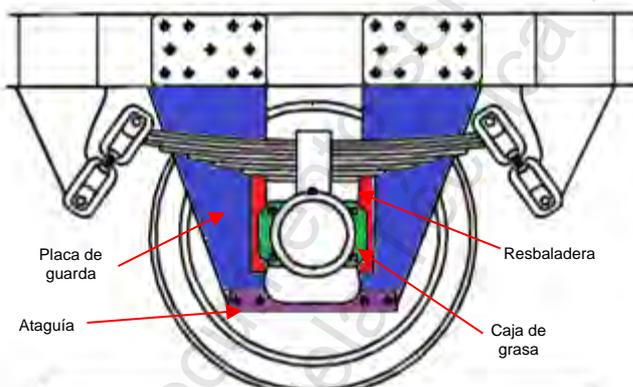


Figura. 2-31 Sistema por placas de guarda

Las **resbaladeras** o guías de placa son piezas angulares. En la parte inferior, cada placa tiene dos taladros para fijar la ataguía. Las placas están unidas al larguero, además del cordón de soldadura, por unas piezas denominadas bridas para placas, que van soldadas al larguero y a la parte posterior de la placa, y cuya misión es sujetar las placas de guarda a la altura del borde inferior del larguero evitando que se puedan despegar del larguero y se fisuren los cordones. También pueden ir sujetas mediante roblones.

Aunque este elemento tiene como principal cometido la guía y sujeción de la caja de grasa, además de transmitir los esfuerzos de

tracción y frenado de las ruedas al bastidor y viceversa, también proporciona cierta amortiguación a los movimientos producidos por los esfuerzos propios de la marcha y el frenado mediante el rozamiento de la placa de guarda y las resbaladeras. Por ello se debe de reconocer como elemento de amortiguación por **fricción** que se ve suplementado con la colocación de ballestas.

2.6.3.2 Ballestas

Este tipo de resorte se conoce también con el nombre de resortes de láminas. Está formado por una serie de láminas de acero de sección rectangular de diferente longitud, las cuales trabajan a flexión; la lámina de mayor longitud se denomina lámina u hoja maestra.

Las láminas que forman la ballesta pueden ser planas o curvadas en forma parabólica, y están unidas entre sí por el centro a través de un tornillo o por medio de una abrazadera sujeta por tornillos.

Las ballestas se utilizan como resortes de suspensión en los vehículos, realizando la unión entre el chasis y los ejes de las ruedas. Su finalidad es amortiguar los choques debidos a las irregularidades de la vía.

La ballesta es uno de los componentes de suspensión más antiguo y que todavía perdura debido a sus ventajas de:

- Economía.
- Amortiguamiento propio.
- Capacidad para soportar grandes cargas.
- Realización de funciones adicionales de guiado lateral y longitudinal.

Las láminas están ensambladas entre sí por un bulón central o capuchino. Las láminas generalmente son de anchura y grueso constante; sin embargo, la **lámina maestra** a veces es de mayor grosor que las otras, al tener que resistir esfuerzos de todas clases como consecuencia de los movimientos verticales, longitudinales y transversales de la parte suspendida con respecto a la no suspendida. Los extremos de las láminas de sostén son rectangulares o de forma trapezoidal o parabólica y a veces, progresivamente, adelgazadas en la longitud de la parte escalonada. La curvatura de las láminas crece a medida que la longitud disminuye, a fin de evitar divergencias entre los extremos de cada una de ellas. La diferencia de curvatura, sin embargo, no debe ser exagerada a fin de evitar fatigas excesivas en las láminas más alejadas de las maestras.

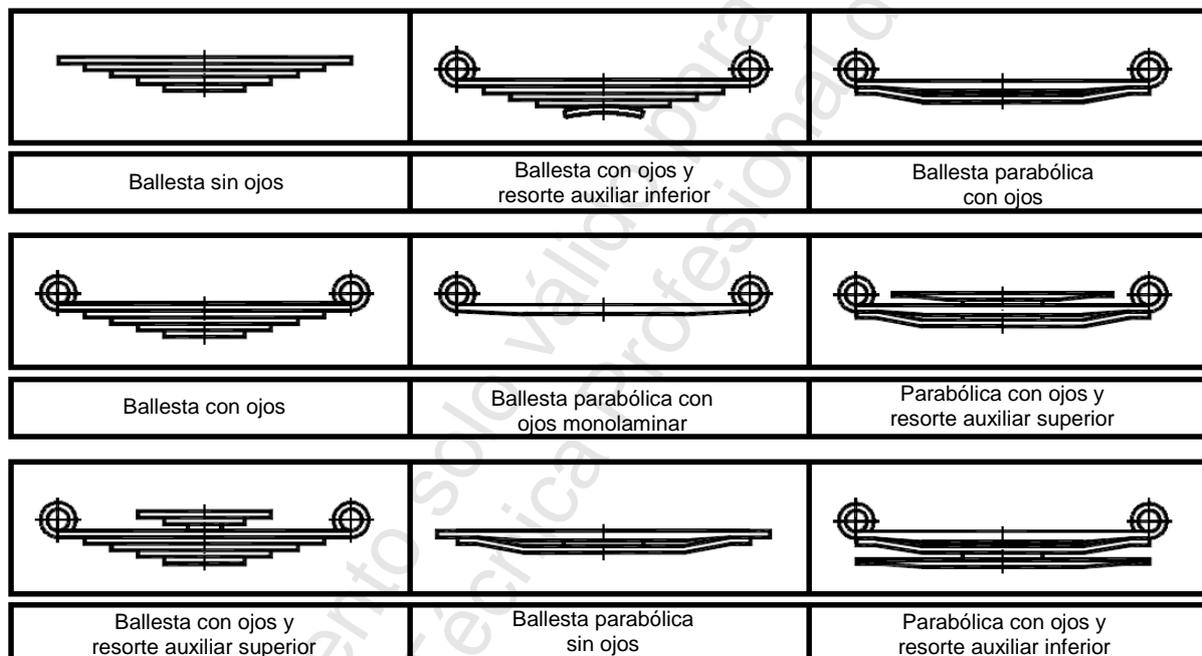


Figura. 2-32 Tipos de ballesta

El desplazamiento lateral de las láminas entre sí es impedido mediante **bridas** o abrazaderas, estando guiado el deslizamiento de las láminas de sostén, debido a la modificación de la flecha por nervaduras o **tetones** centrales.

En vehículos ferroviarios las ballestas se utilizan en trenes de mercancías debido a su gran capacidad de carga.

En este caso el montaje se realiza mediante una serie de **anillas y bulones**, colocados en cada extremo y que confiere cierta movilidad a la sujeción.

Se suelen utilizar ballestas de doble flexibilidad, en las que parte de las hojas comienzan a deformarse a partir de una determinada carga.

De esta forma, se consigue que la frecuencia natural de la suspensión no cambie demasiado entre las condiciones de tara y carga máxima y, por otra parte, en vehículos ferroviarios se asegura una deformación elevada hasta descarga completa de ruedas, lo cual es una condición necesaria para evitar riesgos de descarrilamiento.

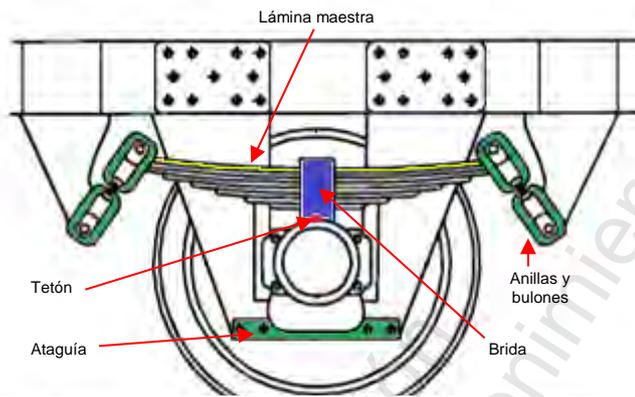


Figura. 2-33 Elementos de la amortiguación por ballesta

2.6.3.3 Muelles

Los resortes helicoidales o muelles, son unos operadores elásticos con la capacidad de **acumular energía** y desprenderse de ella sin sufrir deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que son sometidos. Los encontramos de materiales muy diversos, tales como acero al carbono, acero inoxidable, acero al cromo-silicio, cromo-vanadio, bronce, plástico, entre otros, que presentan propiedades elásticas y con una gran diversidad de formas y dimensiones. Son probablemente los elementos de rigidez más utilizados en las suspensiones de vehículos. Normalmente se utilizan trabajando en compresión y en torsión. Se fabrican a partir de varillas y/o barras de acero de alta resistencia. Su tensión inicial es obtenida, durante el arrollamiento en frío, por una deformación permanente.

La varilla o barra de acero de sección redonda o cuadrada va arrollada en forma de hélice cilíndrica a derecha con paso uniforme formando un sistema continuo helicoidal. Trabaja tratando de extenderse en la dirección de su eje, oponiéndose a una fuerza externa que lo comprima.

Para conseguir un buen apoyo y un funcionamiento correcto, los extremos del resorte han de presentar superficies de apoyo planas y perpendiculares a su eje; por este motivo, las dos espiras extremas (espiras de apoyo) están más próximas entre sí (disminución del paso) y esmeriladas.

Podemos encontrar diferentes variantes con formas y propiedades distintas entre las que podemos destacar:

- Muelles helicoidales cilíndricos
- Muelles helicoidales cónicos
- Resortes de lámina cónicos de sección rectangular
- Muelles helicoidales bicónicos
- Muelles helicoidales de torsión
- Muelles helicoidales de tracción

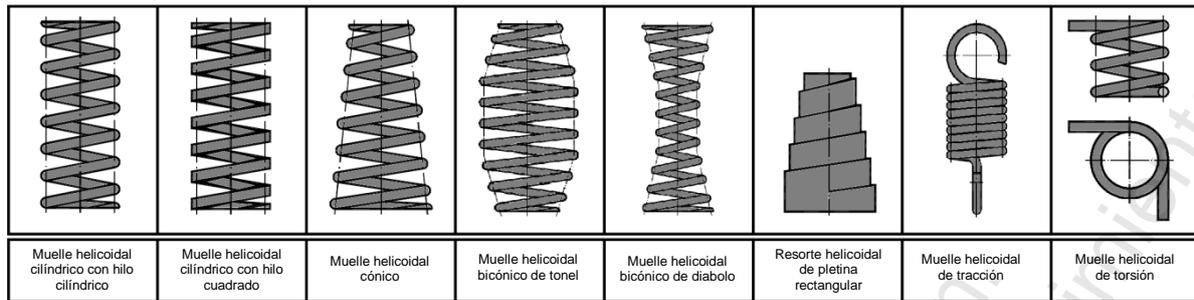


Figura. 2-34 Tipos de muelles

- **Muelles Dobles**

En algunos vehículos, en especial en suspensiones ferroviarias, es habitual utilizar resortes montados concéntricamente uno dentro de otro. Este montaje es equivalente a dos resortes en paralelo. El resorte interior suele ser de menor altura y por lo tanto actúa cuando el exterior ha sido deformado en parte. Esto confiere al sistema de dos muelles concéntricos en un sistema de suspensión de dos etapas.

Al muelle exterior se le denomina de **tara** puesto que actúa en solitario con el propio peso de la estructura. Al muelle interior se le denomina de **carga** puesto que comienza a actuar (en conjunto con el de tara) cuando el vehículo se encuentra cargado total o parcialmente.

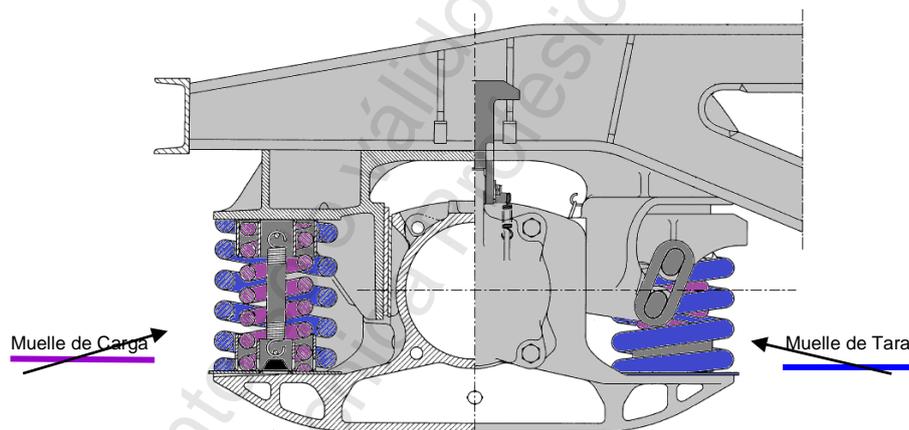


Figura. 2-35 Ejemplo de muelles doble en bogie Y-21

- **De espiral**

Es un resorte de torsión que requiere muy poco espacio axial. Está formado por una lámina acero de sección rectangular enrollada en forma de espiral. Se utiliza para producir movimiento en mecanismos de relojería, cerraduras, persianas, metros enrollables, juguetes mecánicos, etc.

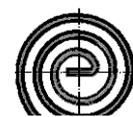


Figura. 2-36 Resorte en espiral

de

2.6.3.4 Amortiguadores

Estos elementos son los encargados de absorber las vibraciones de los elementos elásticos (muelles, ballestas, barras de torsión), convirtiendo en calor la energía generada por las oscilaciones. Por ello podemos definirlos como **disipadores de energía**.

Cuando la rueda encuentra una irregularidad, el muelle se comprime o se estira, recogiendo la energía mecánica producida por el choque, energía que devuelve a continuación, por efecto de su elasticidad, rebotando sobre el bastidor. Este rebote, en forma de vibración, es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar, el efecto de compresión y luego el de reacción del muelle actuando de freno en ambos sentidos; por esta razón reciben el nombre de los amortiguadores de doble efecto.

Los amortiguadores pueden ser "fijos" y "regulables", los primeros tienen siempre la misma dureza y los segundos pueden variarla dentro de unos márgenes. En los más modernos modelos este reglaje se puede hacer incluso desde el interior del vehículo (automoción).



Figura. 2-37 Amortiguadores

2.6.3.5 Tipos de amortiguadores

Los más empleados en la actualidad son los de tipo telescópico de funcionamiento hidráulico. Dentro de estos podemos distinguir:

- Los amortiguadores hidráulicos convencionales (monotubo y bitubo). Dentro de esta categoría podemos encontrar los fijos y los regulables.
- Los amortiguadores a gas (monotubo o bitubo). No regulables
- Los amortiguadores a gas (monotubo). Regulables

2.6.3.5.1 Hidráulicos

Son aquellos en los que la fuerza de amortiguación, para controlar los movimientos de las masas suspendidas y no suspendidas, se obtiene forzando el paso de un fluido a través de unos pasos calibrados de apertura diferenciada, con el fin de obtener la flexibilidad necesaria para el control del vehículo en diferentes estados.

Los más usuales vienen con tarados pre-establecidos (se montan habitualmente como equipo de origen).

2.6.3.5.2 De efecto simple

Son amortiguadores que sólo amortiguan en un sentido; es decir, cuando se produce el efecto de expansión o compresión (depende del sentido de amortiguación), el aceite situado en las cámaras no circula a través de los pasos calibrados; por tanto, no amortiguan en uno de los sentidos

2.6.3.5.3 De doble efecto

Los amortiguadores de doble efecto, hidráulicos y telescópicos, actualmente los más utilizados, se componen de dos tubos concéntricos (7 y 5), sellados por el extremo superior con el retén (2), a través del cual pasa el vástago (8), determinado en el extremo de fuerza por el anillo (1), que se une al bastidor, y que lleva un tercer tubo abierto (3), denominado *cubrebarros*. El vástago (8) termina en el pistón (4), con orificios calibrados y válvulas dentro del tubo interior (7). En el extremo del tubo interior (8) se encuentran las válvulas de amortiguación (6) en compresión. El amortiguador se une por (6) los extremos a los elementos de unión a amortiguar.

Los elementos más importantes son:

- El pistón (4), que sirve para controlar los esfuerzos de frenado en extensión.
- Las válvulas (a), que sirven para controlar los esfuerzos de frenado en compresión.
- El retén (2), que sirve para evitar la fuga del aceite.

Su funcionamiento es el siguiente: cuando el amortiguador se comprime, parte del aceite que se encuentra en la cámara intermedia (9) pasa a la cámara superior (10), a través de las válvulas (a) situadas en el pistón. El resto del aceite pasa a la cámara inferior (11), a través de las válvulas (b), que limitan el paso de aceite, amortiguando la compresión.

Cuando se produce el efecto de expansión, el aceite pasa de la cámara superior y de la cámara inferior a la cámara intermedia, a través de las válvulas (12). El paso por las válvulas (13) provoca el efecto de amortiguación en expansión.

Este tipo de amortiguadores es el más comúnmente utilizado en la suspensión de vehículos ferroviarios y pueden aparecer tanto en la suspensión primaria como en la secundaria. Su ubicación determina el tipo de esfuerzo sobre el que va a actuar, por ello los podremos denominar; **verticales** (en azul), **transversales** (en rojo) o **longitudinales** (en verde) dependiendo de la posición en la que se encuentren instalados.

También pueden aparecer como suspensión antilazo o en elementos que componen el bogie como pueden ser los motores de tracción eléctricos.

Los más utilizados son los amortiguadores de las casas Koni, Boge, Sack o Dispen. Todos ellos con la misma función, pero con diseño y características diferentes.

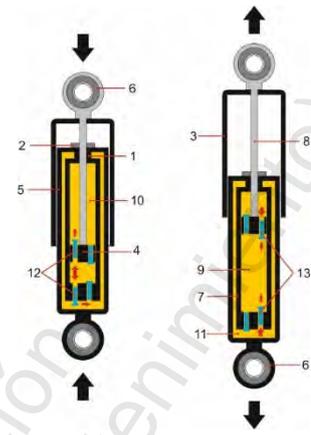


Figura. 2-38 Amortiguador de doble efecto

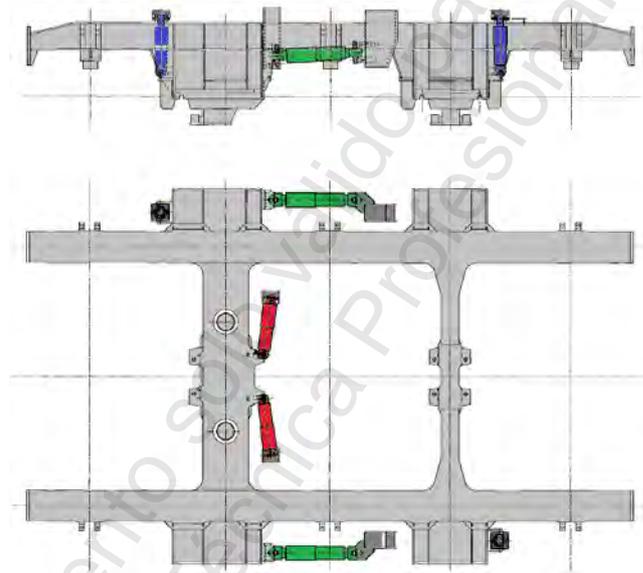


Figura. 2-39 Posición de amortiguadores en bogie

2.6.3.5.4 Neumáticos (de gas)

El amortiguador de gas se basa en el principio del movimiento de un pistón en un tubo lleno de aceite, que, en uno de los extremos, tiene una pequeña cantidad de nitrógeno a alta presión. Un pistón flotante separa el gas del aceite, evitando que ambos se mezclen.

El funcionamiento del amortiguador de gas es el siguiente:

Cuando el pistón desplaza el aceite durante la compresión, este aceite comprime un poco más el nitrógeno. El gas se ve, por tanto, sometido a variaciones de volumen, actuando como un muelle. La presión continua ejercida por el gas sobre el aceite, por medio del pistón flotante, asegura una respuesta instantánea y un funcionamiento más silencioso de las válvulas del pistón. Además, esta presión evita los fenómenos que provoca la aparición de espuma en el aceite, que pueden hacer, momentáneamente, ineficaz la amortiguación.

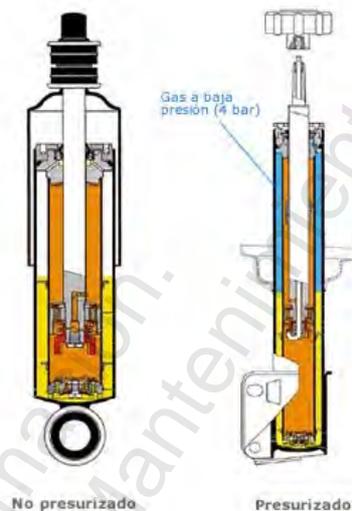


Figura. 2-40 Amortiguador neumático

2.6.3.6 Suspensiones Neumáticas

En este apartado veremos un ejemplo de suspensión neumática de vehículo ferroviario.

Los resortes neumáticos se encuentran en los bogies, tanto motores como remolques, constituyen el apoyo elástico entre el bogie y la caja, siendo los elementos básicos de la suspensión secundaria.

Suelen ser dos resortes neumáticos que soportan y transmiten las cargas verticales tanto estáticas como dinámicas entre el bogie y la caja. Para conseguir mayor flexibilidad, cada resorte neumático está comunicado con un depósito de aire adicional situado bajo el bastidor del coche o en el propio bogie. Además de la membrana de goma, el resorte neumático está complementado en su parte inferior con un resorte cónico, trabajando en serie que, en caso de falta de aire, proporciona la flexibilidad suficiente para conseguir una marcha en emergencia segura. En caso de pinchazo o penetración, la membrana resiste el reventón y la pérdida de presión es lenta y firme.

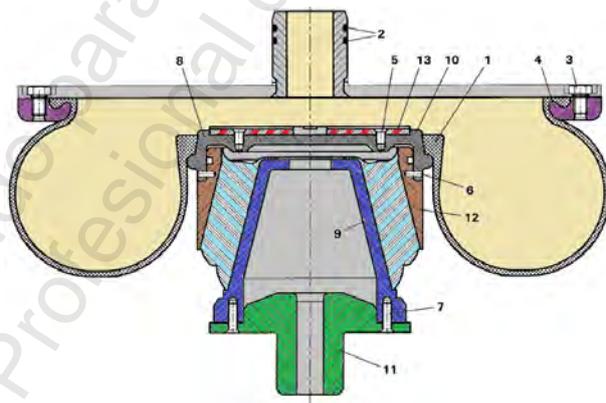


Figura. 2-41 Sistema de suspensión neumática por balonas

El resorte neumático está constituido básicamente por un plato de deslizamiento (13), una membrana (1) de caucho y un resorte cónico (9). El borde superior de la membrana (1) está sujeto por un anillo de amarre (4) fijado superiormente a una placa de apoyo mediante tornillos (3), mientras que el borde inferior está encajado en el soporte de membrana (10), apoyado sobre el resorte cónico (9) y retenido por pasadores cilíndricos (6). El resorte cónico (9) descansa sobre una base (11), fijada al mismo por tornillos avellanados (8), que presenta un pivote hueco para la inserción en el bastidor del bogie y la alimentación neumática de la membrana (1). Entre la base (11) y el bastidor del bogie pueden intercalarse calas de regulación, aseguradas mediante elementos de fijación. Sobre el soporte de membrana (10) está fijado un plato de deslizamiento (13), fijado mediante tornillos avellanados (5), sobre el que apoya la placa de apoyo en caso de falta de aire.

La membrana.

La estructura principal de la membrana está formada por los siguientes componentes:

- Núcleo metálico: consiste en un cable de acero a lo largo de cada borde, que garantiza un apoyo estable del mismo en el anillo con reborde del soporte correspondiente.
- Revestimiento exterior: es una capa de neopreno, altamente elástico al 100%, que sirve de protección contra la intemperie, materias fecales y en gran medida contra el aceite.
- Carcasa: está formada por tejido de poliamida y garantiza el buen funcionamiento, la seguridad contra reventones y la longevidad de la membrana.
- Revestimiento interior: es una capa de neopreno, altamente elástico al 100%, que garantiza la estanqueidad frente a la atmósfera.

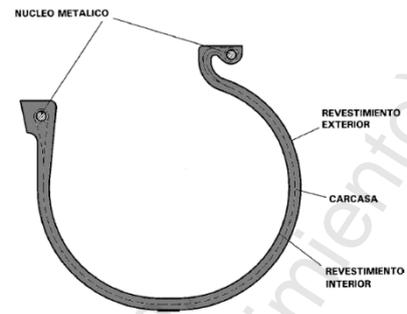


Figura. 2-42 Membrana

La membrana de aire del resorte neumático absorbe los movimientos transversales, mientras que los movimientos de torsión son absorbidos fundamentalmente por el resorte cónico. Ambos elementos trabajan en serie frente a las fuerzas verticales.

2.6.3.7 Barras de torsión

Las barras de torsión son dispositivos que, debido al ablandamiento de la suspensión vertical, se van incorporando a la suspensión de un gran número de vehículos ferroviarios.

Su misión consiste en disminuir el ángulo de balanceo experimentado por el vehículo cuando recorre una curva.

Las barras de torsión son esencialmente barras de metal que funcionan como un resorte. En un extremo, la barra de torsión está fijada firmemente en su lugar en el chasis o bastidor de un vehículo. El otro extremo de la barra puede estar unido al eje, brazo de suspensión, o cabezal, dependiendo de las características específicas de diseño del vehículo. Cuando este se mueve a lo largo de un recorrido, las fuerzas generadas por el movimiento del vehículo crean torsión en la barra, la cual se retuerce a lo largo de su eje, contrarrestando el par gracias a que la barra de torsión, de forma natural, quiere resistir el efecto de torsión y volver a su estado normal. De este modo, la suspensión proporciona un nivel de resistencia a las fuerzas generadas por el movimiento del vehículo. Esta resistencia es el principio clave detrás de un sistema de las barras de torsión.

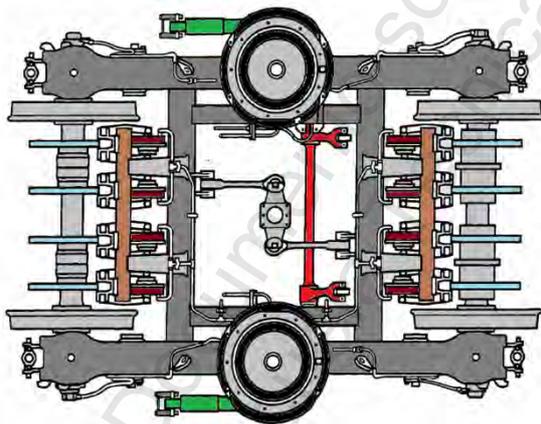


Figura. 2-43 Barra de torsión

2.6.3.8 Elastómeros

Los elastómeros son aquellos tipos de compuestos que están encuadrados como no metales y que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.

Cada uno de los monómeros que se unen entre sí para formar el polímero está normalmente compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno o silicio. Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea, de ahí esa considerable capacidad de deformación. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas y deformables. Los forman el caucho y derivados, los neoprenos, polietilenos y poliuretanos.



Figura. 2-44 Silentblock

Un ejemplo muy común de este tipo de resortes lo forman los llamados "Silentblock".

- **Goma/caucho-metal**

La utilización de resortes caucho-metal resulta muy frecuente como suspensiones de maquinaria, motores etc., en las que es necesario filtrar vibraciones de alta frecuencia asociadas con desplazamientos relativamente pequeños. La mejora de la tecnología de producción de estos elementos ha facilitado su utilización en suspensiones de vehículos. Fundamentalmente sus aplicaciones se centran en vehículos ferroviarios en elementos accesorios de las suspensiones secundarias. Su utilización se evidencia en suspensiones primarias de vehículos autopropulsados cuyas exigencias en cuanto a peso y deformaciones son las apropiadas para estos tipos de materiales.

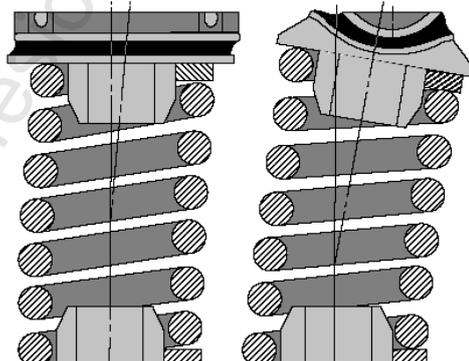


Figura. 2-45 Ejemplos de unión goma/caucho y metal

También aparece como componente principal en el interior de los topes de los vehículos ferroviarios en los denominados muelles "Batra-Estrella".

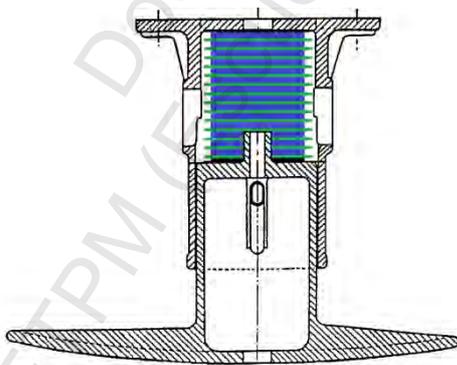


Figura. 2-46 Muelle Batra

2.6.3.9 Sistemas Antilazo

Se denomina movimiento de lazo al movimiento característico de auto guiado del eje montado, cuando se desvía lateralmente ante cualquier esfuerzo lateral o irregularidad de vía. Este movimiento característico de zigzag en los bogies es minorizado con un sistema auxiliar de amortiguación (generalmente mediante barras de torsión y amortiguadores) llamado sistema antilazo.

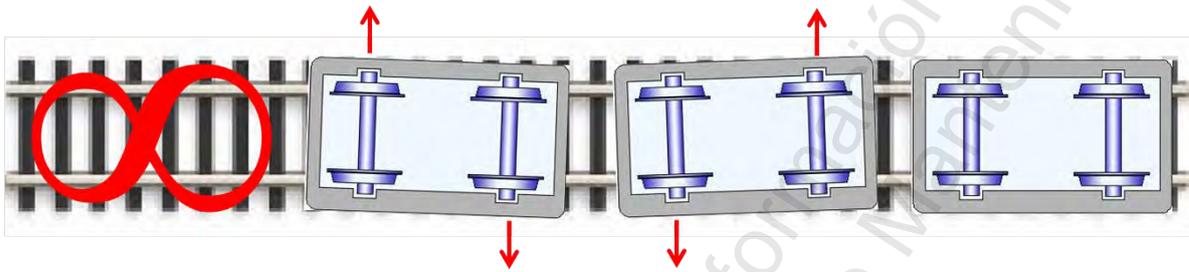


Figura. 2-47 Movimiento de lazo en un bogie en movimiento rectilíneo

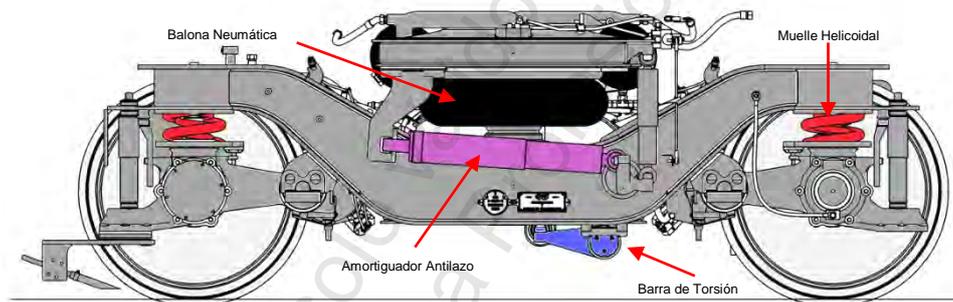


Figura. 2-48 Conjunto de suspensión con amortiguación antilazo

2.7 APOYO Y GUIADO

La conexión entre la caja y el bogie debe:

- Permitir que el bogie rote respecto a la carrocería del coche en curvas.
- Transmitir las fuerzas verticales, de tracción y de frenado.
- Proporcionar control adicional de las acciones laterales en la suspensión.
- Ayudar a mantener la estabilidad del bogie.
- Proporcionar la estabilidad longitudinal de los bastidores del bogie y la misma distribución de la carga sobre los ejes montados (para material rodante de tracción).

Estos problemas se solucionan de diferentes sistemas dependiendo del tipo de material rodante, sea de tracción o de arrastre, de viajeros o de carga, de alta velocidad o de velocidad normal. Si el vehículo es estable hasta la velocidad de diseño, entonces la introducción de resistencia adicional no es necesaria. Si la deformación estática de la suspensión es suficiente, entonces la flexibilidad vertical en la unión del cuerpo del coche al bogie puede no ser necesaria.

Los diseños apuntan generalmente a realizar la conexión del cuerpo del coche al bogie tan simple como sea posible usando una pequeña cantidad de elementos y reduciendo el número de elementos con superficies de fricción.

Entre los sistemas más destacables de apoyo y guiado del bogie podemos encontrar:

2.7.1 Placa central plana

En bogies de carga de tres partes la conexión más común es la placa circular central plana, fijada por el perno pivote en su centro. La placa transmite la mayoría del peso de la carrocería y las fuerzas de interacción longitudinales y laterales. El perno pivote tiene grandes holguras en el plano de la caja y solo proporciona restricción de desplazamiento en caso de emergencia. Cuando la carrocería oscila en la placa central plana, se produce un par de resistencia de característica suave. La placa central permite que el bogie rote en curvas y crea un par de fricción que resiste a la rotación del bogie. Por lo tanto, la placa circular del centro proporciona una conexión entre el bogie y la caja en todas las direcciones.

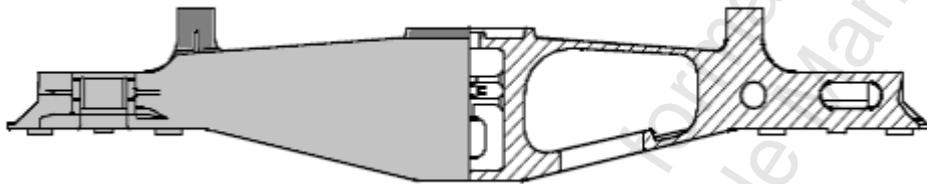


Figura. 2-49 Placa central plana

Un elemento así es de simple construcción, pero tiene varias desventajas:

- En primer lugar, existen separaciones en las direcciones laterales y longitudinales.
- En segundo lugar, el movimiento relativo ocurre bajo alta presión de contacto y por lo tanto las superficies sufren un desgaste significativo.
- En curvas, la carrocería se inclina del lado de soporte, creando un par de fricción adicional que resiste la rotación del bogie y aumenta las fuerzas rueda-carril. Cuando el cuerpo del coche balancea en vía recta, la superficie de contacto llega a ser muy pequeña y las altas presiones del contacto pueden conducir a grietas en la placa central.

Para combatir estos problemas, los diseños modernos utilizan una placa plana central combinada con soportes laterales elásticos que resisten el balanceo del cuerpo del coche y reducen la carga en el soporte central.

2.7.2 Bowl esférico central

En este caso, la caja se apoya sobre el Bowl (cuenco o cavidad) esférico y los portadores laterales elásticos. La ventaja de este diseño es la carencia de separación en el plano horizontal y ningún contacto del borde durante el balanceo del vehículo. Esto da lugar a niveles reducidos de tensión de contacto y aumenta la vida de servicio del Bowl esférico central.

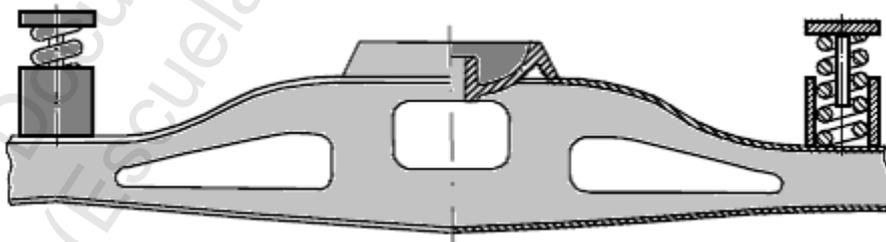


Figura. 2-50 Bowl central esférico

2.7.3 Pivote central

El deseo de disminuir lo máximo posible el contacto de borde y de aumentar el par de fricción para resistir la guiñada (del término náutico: giro de la embarcación sobre su eje vertical) del bogie ha llevado al desarrollo de los bogies con pivotes centrales. La mayoría de la masa del chasis es transmitida en este caso a los soportes laterales y el cuerpo del coche puede girar respecto al travesaño únicamente en relación con el cabezal sobre el eje vertical.

Este diseño ha sido ampliamente utilizado en coches de viajeros. Las desventajas incluyen los huecos en las direcciones longitudinal y lateral. El diseño sólo proporciona suficiente calidad de rodadura para los bogies que tienen baja rigidez lateral de suspensión secundaria.

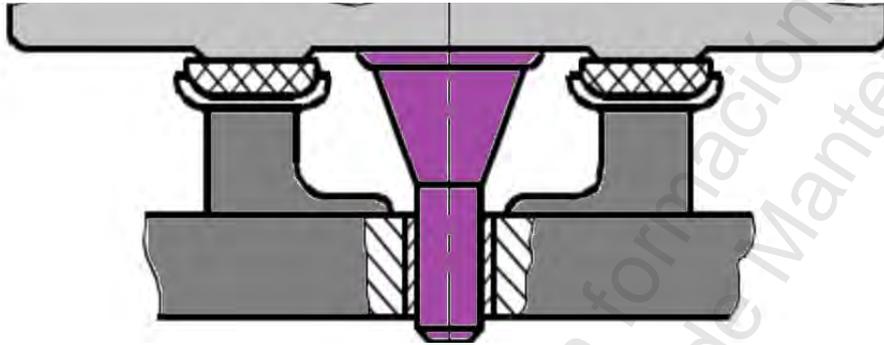


Figura. 2-51 Pivote central

2.7.4 Unión tipo Watts

Este sistema permite que el bogie pivote y se mueva lateralmente mientras que restringe el movimiento longitudinal. Por lo tanto, proporciona medios de transmisión de fuerzas de tracción y de frenado. Los pivotes de la unión están equipados con casquillos de caucho para prevenir la transmisión de vibraciones de alta frecuencia a través del mecanismo.

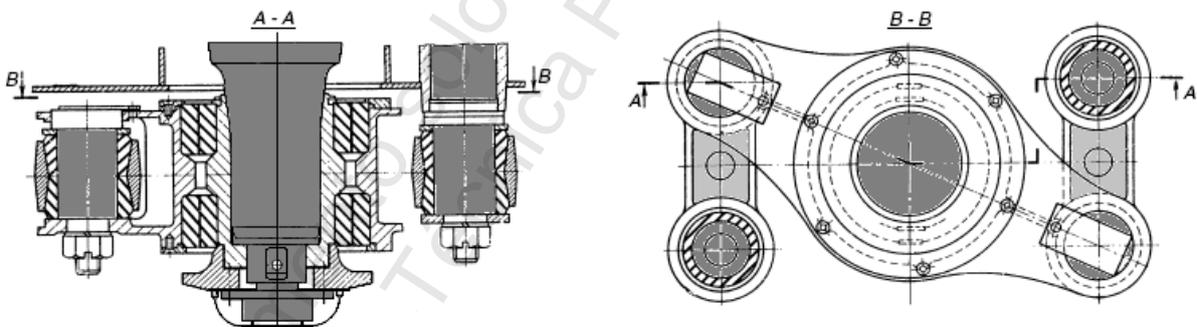


Figura. 2-52 Unión Watts

2.7.5 Unión de péndulo

La unión de péndulo consiste en una barra vertical conectada en sus extremos al bastidor del bogie y a la caja por medio de casquillos de goma de forma cónica. El mecanismo se mantiene en una posición central por la acción de dos resortes pre-comprimidos. Los soportes elásticos laterales proporcionan estabilidad lateral al cuerpo del coche. Para los pequeños desplazamientos, típicos del *penduleo* del bogie en vía recta, el soporte de péndulo proporciona enorme rigidez, determinada por la compresión inicial de los resortes.

Cuando se producen grandes desplazamientos en las curvas, el soporte proporciona una rigidez baja. Así, la ayuda del péndulo tiene una característica suave no lineal.

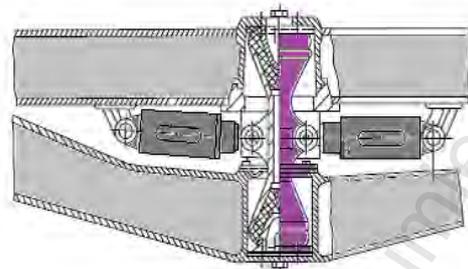


Figura. 2-53 Unión tipo péndulo

La desventaja de tal disposición es la conexión rígida con una holgura en la dirección longitudinal, los complejos requisitos de ajuste los resortes pre-comprimidos, y las fuerzas de fricción en los soportes adicionales de deslizamiento.

2.7.6 Conexión sin cabezal

La complejidad de los diseños arriba descritos implicó el desarrollo de modernos bogies sin cabezal usando resortes de tipo "flexicoil" o de tipo neumático. En estas suspensiones los resortes pueden alcanzar grandes deformaciones tangenciales que proporcionan desplazamientos longitudinales suficientemente grandes para permitir que el bogie rote en las curvas.

En el caso de los resortes de tipo "Flexicoil", su parte superior descansa sobre bloques elásticos de caucho para proporcionar una unión cilíndrica con el eje de rotación perpendicular al eje de la vía.

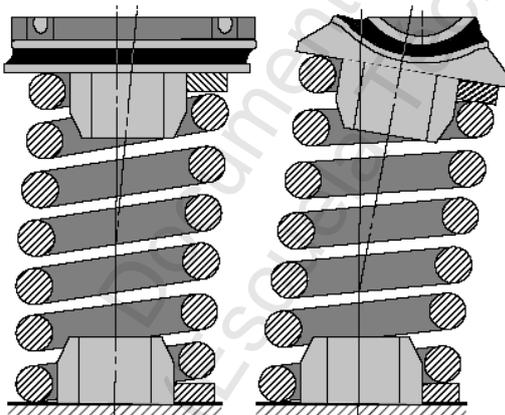
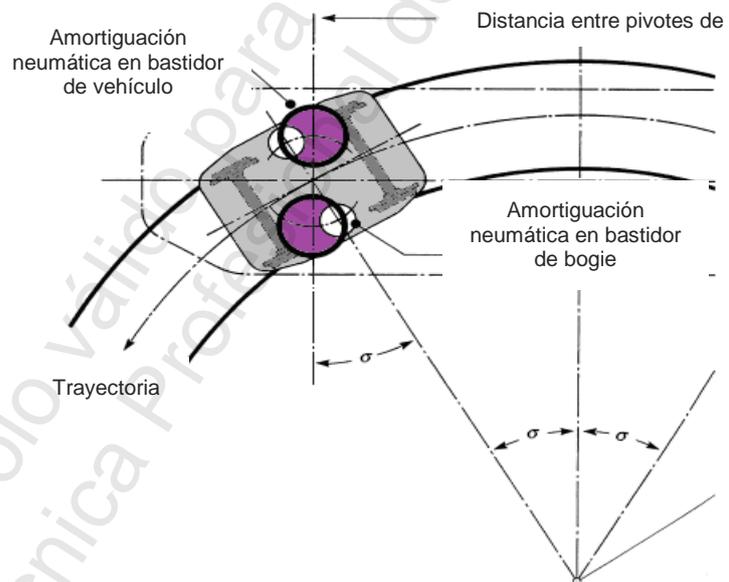


Figura. 2-56 Resortes Flexifloat



Figura. 2-55 Suspensión por balonas neumáticas

En los bogies modernos se suele utilizar varios de estos sistemas de forma conjugada aprovechando también la evolución continua de los mismos. De manera que podemos encontrar en bogies con suspensión secundaria neumática, además de los resortes de aire (balonas neumáticas) y en serie con ellos, unos resortes de caucho-metal para proporcionar una cierta suspensión en caso de que el

resorte de aire se desinflen. La transmisión de fuerzas longitudinales se hace a través del pivote central, uniones Watts, barras de tracción, o en el caso de un bogie Y32 (muy utilizado en Europa), a través de cables de anclaje. Los diseños de bogie sin cabezal alcanzan típicamente reducciones en masa del bogie de alrededor de 0.5 - 1.0 Tm.

2.7.7 Barra de tracción-compresión

Aunque en la mayoría de los casos encontramos estos sistemas de transmisión de esfuerzos entre bogie y bastidor del vehículo, existen algunos vehículos que disponen de otro tipo de sistema que realiza este cometido por medio de la denominada "barra de tracción".

Los bogies de algunas locomotoras modernas incorporan una o varias barras de Tracción-Compresión, la cual une mecánicamente la caja de la locomotora con el bogie. El objetivo de la barra de Tracción-Compresión es la transmisión del esfuerzo mecánico de tracción o de frenado del bogie a la caja de la locomotora. Este esfuerzo es más eficiente al encontrarse en un plano inferior al de los sistemas anteriormente expuestos y con ello consigue homogeneizar dichos esfuerzos al transmitirse desde un punto de gravedad más bajo.



Figura. 2-57 Barra de tracción de locomotora

2.7.8 Barras o bielas de guiado

Elementos de unión entre las cajas de grasa y el bogie que permiten el guiado de los ejes con respecto al bogie. Aparecen en algunos vehículos y suelen ir una por caja de grasa. La unión se realiza mediante elementos (esféricos o cilíndricos) de caucho que absorben las posibles vibraciones.

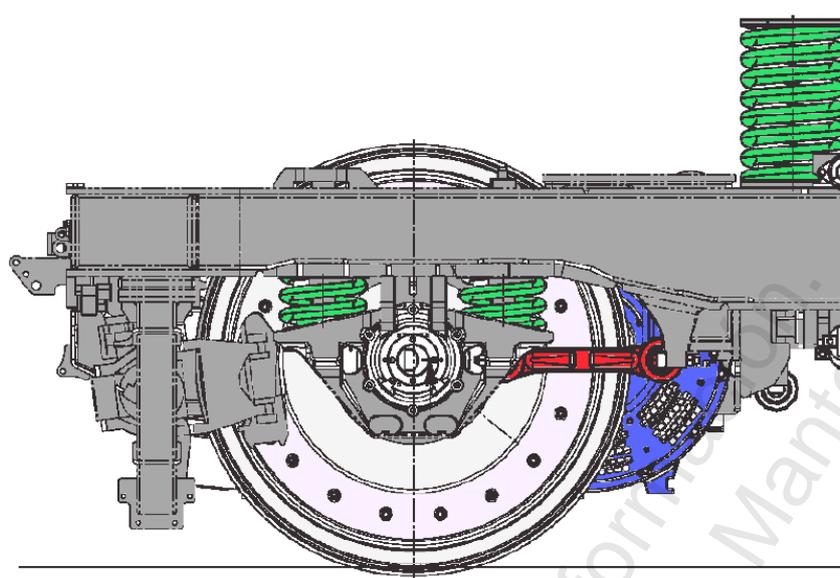


Figura. 2-58 Biela de guiado (en rojo)

2.8 ELEMENTOS DE FRENO

El sistema de rodadura (ejes o bogies) y el sistema de frenado del vehículo ferroviario están íntimamente ligados. El freno actúa sobre la banda de rodadura de las ruedas o sobre discos dispuestos en la zona central del eje montado o en el propio velo de las ruedas. En los vehículos con bogie, aparecen en estos mismos, otros elementos fundamentales de freno que en los vehículos no provistos de bogies suelen aparecer bajo el bastidor de la caja del propio vehículo.

Podemos distinguir varios componentes del sistema de freno que podemos encontrar en vehículos ferroviarios. La aparición de estos elementos dependerá del tipo de vehículo y del tipo de rodadura que posea. Su ubicación, disposición, tipo o tamaño dependerán también del tipo de vehículo de manera que veremos estos distintos elementos o no dependiendo de si nos referimos a un bogie motor o remolcado, si el vehículo es un vagón, un coche, una locomotora o un autopropulsado.

Los elementos que podemos encontrar en los sistemas de rodadura, componentes del sistema de freno son:

- Zapatas, portazapatas y timonería de freno.
- Discos de freno.
- Cilindros de freno.
- Tuberías de freno.
- Depósitos de aire.
- Patines electromagnéticos de freno.

2.8.1 Zapatas, portazapatas y timonería de freno

En vagones de mercancías y en vehículos de cierta antigüedad encontramos este sistema de freno que consiste en unas **zapatas** que en un principio se fabricaban de hierro colado (fundición) y en la actualidad se realizan con compuestos de fricción más adecuados, menos pesados y más eficientes.



Figura. 2-59 Tipos de zapatas. 1.- Portazapatas 2.- Zapata de fundición 3.- De compuesto 4.- Doble 5.- Espadín

Las zapatas inciden de manera directa sobre la banda de rodadura de la rueda. La presión que ejercen las zapatas produce el frenado de las ruedas. Su principal inconveniente es la producción de desgastes y deformaciones en la banda de rodadura que acortan la vida útil de la rueda.

Las zapatas se encuentran ubicadas en unos elementos llamados **portazapatas** (1) con una forma adaptada a alojarlas. Su fijación a los mismos se realiza mediante unos flejes de acero llamados espadines (5).



Figura. 2-60 Zapata

La presión de frenado es transmitida desde los cilindros de freno a los portazapatas mediante un sistema o conjunto de elementos compuestos por barras, cadenas, bulones y anclajes que transmiten los esfuerzos mediante un sistema de palancas y que pueden encontrarse bien en el bogie o bajo el bastidor del vehículo. A todo este conjunto se le denomina **timonería de freno**.



Figura. 2-61 Timonería de freno de locomotora con cadenas

2.8.2 Discos de freno

Este tipo de dispositivo es el usado casi en exclusiva en los vehículos modernos por su eficiencia y eficacia, por ello lo veremos tanto en coches, como en vehículos autopropulsados, como en locomotoras.

Estos elementos de acero pueden ir colocados en el interior del eje montado (entre las dos ruedas) o en el velo de las ruedas si el interior está ocupado por otros elementos (motores, transmisiones, etc.).

El cilindro de freno actúa sobre un mecanismo en forma de pinza donde van instaladas las pastillas de material compuesto. Estas pastillas son las que ejercen la fricción sobre las dos caras del disco de freno aportando de esta manera, una mayor superficie planificada de fricción que proporciona un frenado mucho más efectivo y que no influye en el desgaste de la banda de rodadura, como ocurre en el sistema de zapatas.



Figura. 2-62 Discos de freno de coche de viajeros (izquierda) y de autotren (derecha)



Figura. 2-63 Disco de freno en eje de rueda de locomotora

2.8.3 Cilindros de freno

Es el dispositivo neumático encargado de transformar la presión de aire del circuito de freno en esfuerzo de frenada sobre las zapatas o los discos de freno de las ruedas. Sus características y tamaño dependerán principalmente de:

- El número de elementos de frenada sobre los que reparte su actuación.
- Si actúa solo en freno de servicio o combinado en freno de servicio y de estacionamiento.
- Tipo y exigencias solicitadas dependiendo del vehículo.

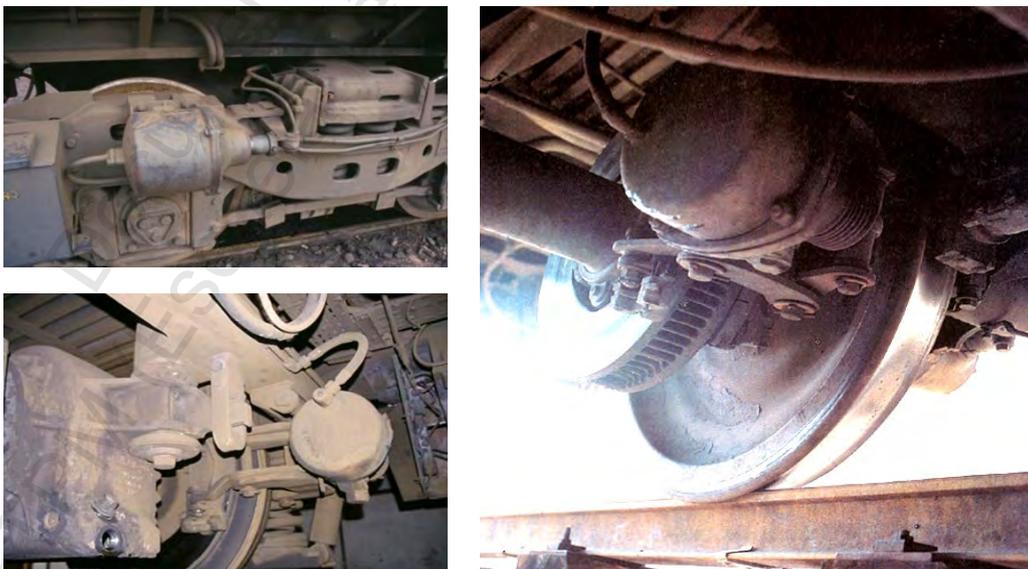


Figura. 2-64 Cilindros de freno de Locomotora (arriba izquierda), de autotren (abajo izquierda), de coche (derecha)



Figura. 2-65 Cilindros de freno sin y con sistema de freno de estacionamiento

2.8.4 Tuberías de circuito neumático y depósitos de aire

En todos los bogies con sistema de freno neumático se encontrarán tuberías o canalizaciones para el aire, bien en forma de tubos rígidos o como mangueras flexibles.

Lo que no es tan habitual es encontrar depósitos para el almacenamiento de aire, pero como en el caso del bogie de la figura inferior, vemos que aparecen dos depósitos (1) de aire en el propio bogie.

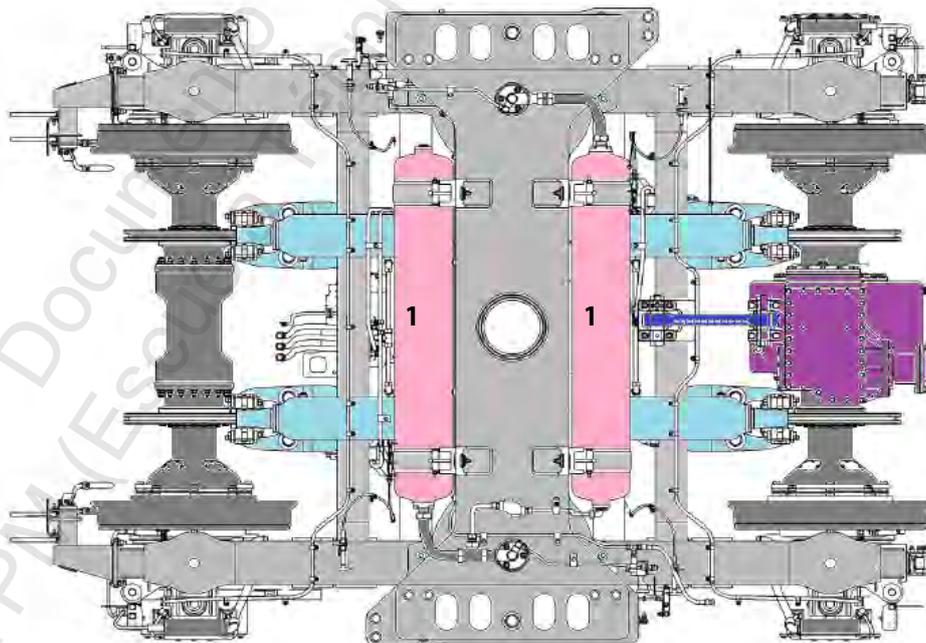


Figura. 2-66 Depósitos de aire en bogie

2.8.5 Patines electromagnéticos de freno

El freno electromagnético de patín es un sistema de freno que se utiliza para frenadas bruscas a baja velocidad y en freno de emergencia. Consiste en un patín metálico construido con electroimanes que se alimentan con tensión de batería (para que puedan utilizarse en caso de corte de suministro eléctrico) que se encuentra en los laterales del bogie alineados con los carriles. Al actuar sobre ellos unos pistones hacen descender el patín y lo alimentan de corriente dotándolo de un doble efecto de freno. Un primero por fricción sobre el carril y un segundo por atracción electromagnética sobre el carril.

Su utilización en la actualidad queda reducida en RENFE a los vehículos de las series 440, 444, 448 y 470, además de en algún tipo de tranvía urbano.

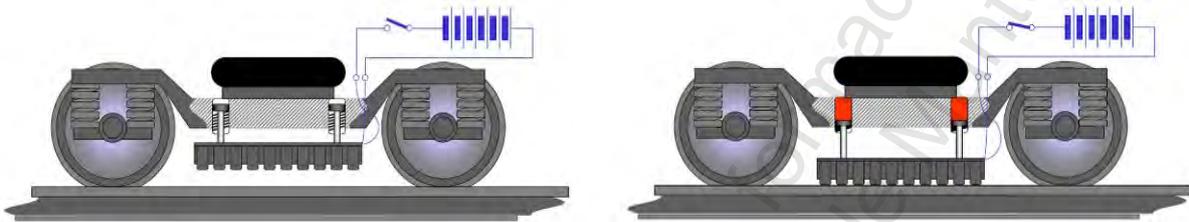


Figura. 2-67 Freno por patín electromagnético



Figura. 2-68 Patín electromagnético de UT de cercanías

No confundir el “freno de patín electromagnético” con el “freno lineal por corrientes de Foucault” que, aunque sus aspectos son muy similares, su funcionamiento es distinto. El primero utiliza la fricción sobre carril además de la atracción electromagnética. El segundo se basa en el principio electromagnético únicamente de manera que no se producen desgastes ni en patín ni en carril por rozamiento. Se comenzó a utilizar en los años 70 en los prototipos del TGV francés, pero se desestimó por la aparición de interferencias con los sistemas de seguridad. Reapareció con el ICE-3 alemán posteriormente.

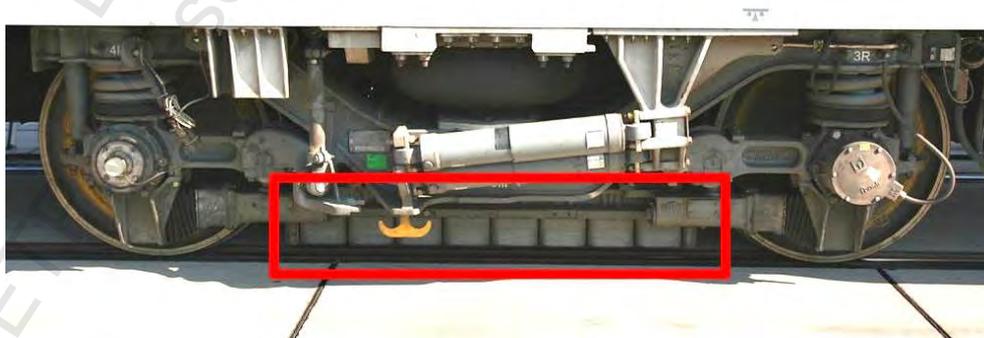


Figura. 2-69 Freno lineal por corrientes de Foucault

2.9 OTROS ELEMENTOS

Además de los sistemas y elementos descritos anteriormente, también encontraremos en los bogies y rodaduras elementos que describimos a continuación y que consideramos de relevancia.

2.9.1 Odometría

El sistema de odometría en un vehículo es el encargado de medir la velocidad del mismo cuando se encuentra en movimiento a la vez del espacio recorrido por el mismo.

Los odómetros suelen ir colocados en los extremos de los distintos ejes en los vehículos motores de manera que transmiten información sobre su velocidad de rotación y de las posibles diferencias que puedan existir entre ellas. De esta manera se detectan posibles embalamientos o patinajes, para que los equipos de control de la tracción o el freno actúen en consecuencia.

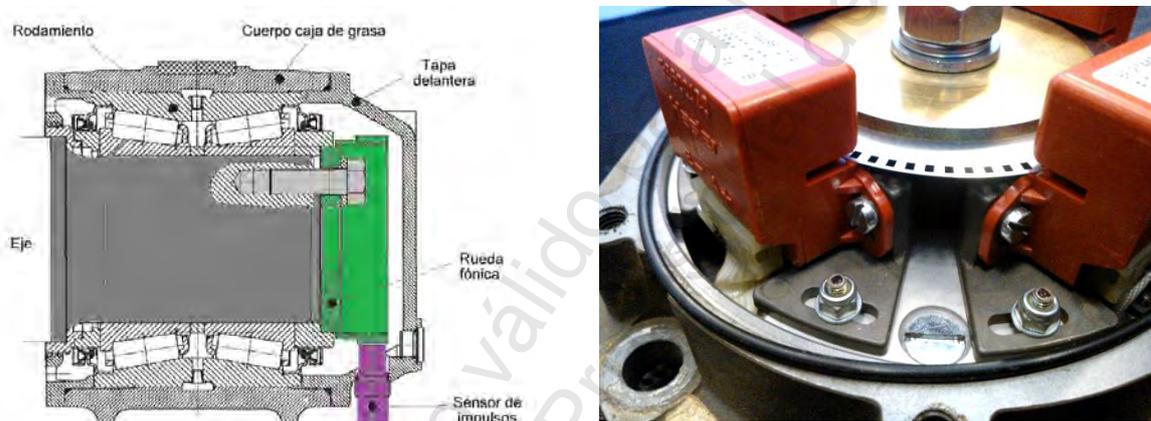


Figura. 2-70 Odómetros. Inductivo (izquierda) y óptico (derecha)

Los odómetros más usuales son los de tipo inductivo. Suelen estar compuestos por una rueda fónica (rueda dentada o almenada) y un sensor inductivo que capta las variaciones de inducción producida por los dientes de la rueda fónica en comparación con los huecos existente entre los mismos.

Otro tipo más evolucionado es el que utiliza células ópticas para la detección de un disco perforado.

2.9.2 Acelerómetros

Los bogies montados en las cabezas motrices o en vehículos autopropulsados de última generación, sobre todo los de alta velocidad, posee un sistema de sensores y acelerómetros, los cuales proporcionan a la cabina toda la información necesaria para el perfecto control y seguimiento del estado de la rodadura del bogie. Son esencialmente útiles en sistemas de rodadura desplazable.

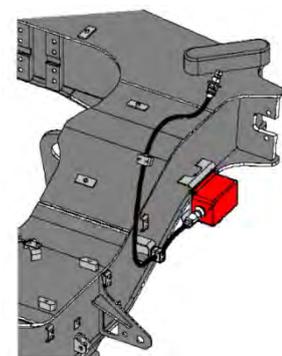


Figura. 2-71 Acelerómetro

2.9.3 Sondas de temperatura

Existen vehículos que disponen en cada caja de grasa de una sonda de temperatura con dos termoelementos (PT100). De esta manera, los sistemas de control del vehículo, monitorizan la temperatura de los rodamientos. También pueden aparecer estas sondas o similares en las transmisiones para conocer la temperatura del aceite lubricante de las mismas.

2.9.4 Engrase de Pestañas

El equipo de engrase de pestañas tiene la función de disminuir el desgaste de las pestañas, motivado por el rozamiento seco de las ruedas durante la traslación en curvas. El primer eje de los coches extremos está provisto de un sistema de engrase de pestaña. El bogie correspondiente está dotado de las toberas de inyección por aire, que pulverizan sobre el acuerdo pestaña-llanta, una pequeña cantidad de grasa especial cada cierto espacio recorrido. La posición de las boquillas pulverizadoras es regulable a fin de orientarlas convenientemente. El resto del equipo está montado en la caja.

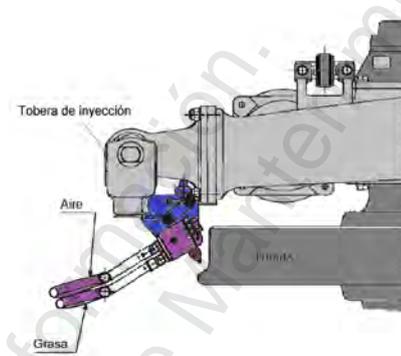


Figura. 2-72 Sistema de engrase de pestaña

2.9.5 Areneros

El **arenero** es un dispositivo instalado en los vehículos ferroviarios para mejorar la adherencia entre las ruedas motrices y el rail mediante el empleo de arena. Es especialmente útil en el momento del arranque en circunstancias adversas de adherencia como puede ser la lluvia, el hielo o en rampas pronunciadas, puesto que aumenta el esfuerzo de tracción; no obstante, puede utilizarse siempre que el vehículo ferroviario pierda adherencia.

Los ejes delanteros de los bogies extremos y algunos bogies compartidos (según composición y vehículo), disponen de areneros. Actúan combinados con la dirección de marcha del tren, es decir, sólo se accionan los situados en cabeza de los bogies según el sentido de marcha. Cada arenero está compuesto por una tolva dotada en su parte inferior de un eyector de accionamiento neumático que envía la arena contra la zona de carril. Esta tolva está situada en la parte delantera del bogie o montada en la caja (una a cada lado). Los tubos de los areneros se encuentran dirigidos al punto de contacto de la rueda con el carril. La altura del tubo de arena respecto al carril es regulable. El funcionamiento puede ser automático (patinaje de rueda, freno de urgencia, etc.) o manual desde el pupitre del maquinista.

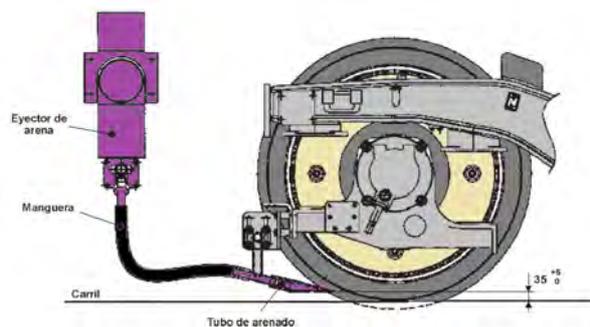


Figura. 2-73 Sistema de arenado rueda- carril

2.9.6 Retornos eléctricos en cajas de Grasa

El dispositivo de retorno de corriente y puesta a tierra permite el paso de la corriente de retorno al carril, a través de escobillas, evitando que dicha corriente pase por los rodillos de los rodamientos de la caja de grasa, lo que provocaría que se dañasen.

Además, asegura una correcta puesta a tierra del tren. Es un elemento fundamental en todos los vehículos, esencialmente en los vehículos de tracción eléctrica pues de este elemento depende la correcta puesta a tierra de dicho vehículo, elemento esencial para la seguridad y para el buen funcionamiento de los distintos equipos eléctricos que lo componen.

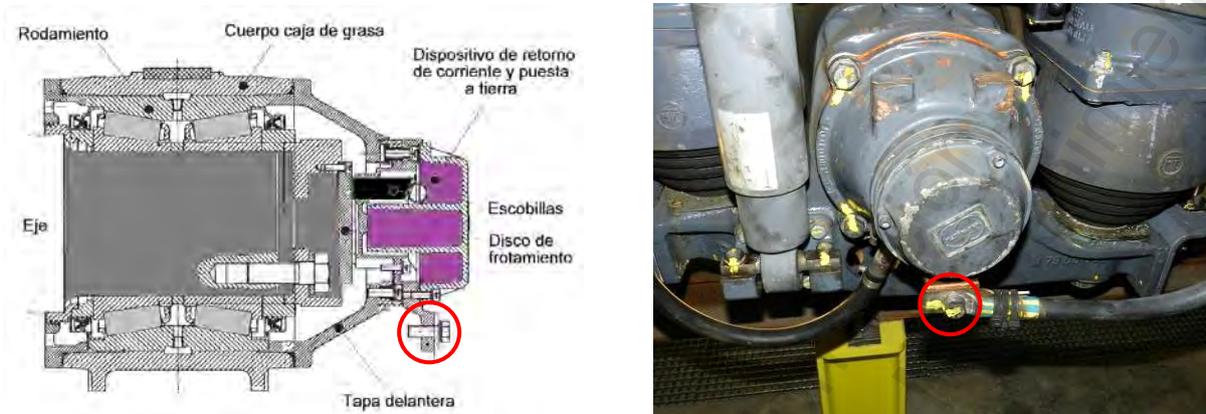


Figura. 2-74 Puesta a masa o retorno de corriente

2.9.7 Quitapiedras y quitarreses

Elemento de los vehículos motores encargado de retirar pequeños obstáculos de la vía (piedras de pequeño tamaño) para evitar daños en la rodadura o en otros elementos del bogie que por rebote de las mismas pudieran verse afectados. Los ejes de cabeza del material motor y autopropulsado deberán estar protegidos por quitapiedras cumpliendo el apartado 6 de la ficha UIC 615-1.

Suele consistir en unas placas metálicas sujetas al bastidor del bogie, delante de los ejes exteriores, por medio de tornillería y que forman un conjunto unido por un vástago o eje común, o bien un armazón compacto con una forma determinada que facilite la expulsión de los objetos fuera de la vía. En ocasiones el quitapiedras y el eyector de arenoso forman un solo conjunto.

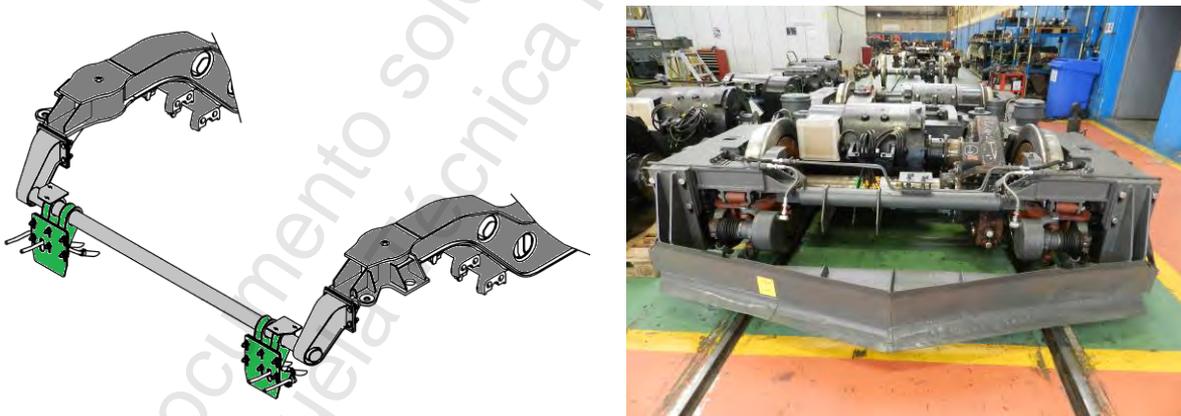


Figura. 2-75 Quitapiedras (en verde a la izquierda) y aparta objetos o quitarreses (derecha)

Los quitarreses cumplen un objetivo similar solo que se encargan de retirar de la vía objetos de mayor tamaño (reses y animales salvajes).

Suelen formar parte en la caja del vehículo (locomotoras) aunque también podemos encontrarlos en la parte exterior de los ejes exteriores de algunos bogies.

2.9.8 Captadores

Los vehículos motores y autopropulsados van provistos de sistemas de seguridad, como el ASFA, ERTMS, LZB, etc., en cuyos equipos embarcados aparecen elementos de captación de señales en vía (captadores) y que suelen ir instalados en los bogies extremos. Van instalados sobre soportes que permiten su regulación tanto en altura como en posición transversal.

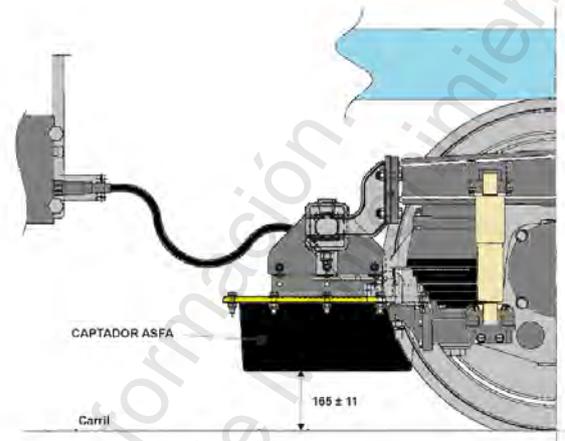


Figura. 2-76 Captadores de ASFA bajo vehículo autopropulsado

2.9.9 Equipos de Propulsión (Motores)

Los bogies motores (en vehículos de tracción eléctrica), llevan motores de tracción suspendidos del bastidor del bogie, que accionan cada eje por medio de un acoplamiento y un reductor calado en el eje. El conjunto de la motorización es el encargado de proporcionar los esfuerzos de tracción y frenado eléctrico a los ejes motores. Está constituido por los siguientes elementos, algunos de ellos ya tratados con anterioridad:

- Motor de tracción, suspendido del bastidor del bogie.
- Acoplamiento entre el motor de tracción y el reductor de transmisión.
- Reductor con corona calada en el eje.

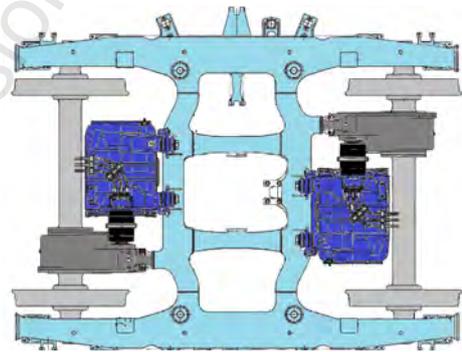


Figura. 2-77 Motor de tracción asociado a un solo eje

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

3. TIPOS DE BOGIES

Como se comentó con anterioridad, la diversidad de bogies es casi tan extensa como los vehículos existentes. Cada vehículo se diseña para unas prestaciones específicas y sus bogies o sistemas de rodadura se ajustan a estas especificaciones. Por ello clasificaremos los tipos de bogie atendiendo a las siguientes pautas:

3.1 SEGÚN SU FUNCIÓN

Esta clasificación diferencia los bogies atendiendo a su función motriz o simplemente portante.

3.1.1 Bogies Motores

Son los bogies en los que todos o alguno de sus ejes proporcionan tracción al vehículo, bien sea eléctrica o diésel, portando motores y transmisiones o mediante transmisiones indirectas como el tipo *Cardan* sin ubicación de motores en bogie.

Este tipo de bogies los encontraremos en todos los vehículos motores, tanto en locomotoras, donde todos sus bogies son motores, como en autopropulsados o de alta velocidad que pueden tener la tracción distribuida en todos o en algunos de sus bogies.



Figura. 3-1 Bogie de vehículo autopropulsado (izquierda) y de locomotora (derecha)

3.1.2 Bogies Portantes

Estos bogies no proporcionan tracción al vehículo, solo proporcionan la sustentación de la caja y el guiado de la misma, junto con otros aspectos como puede ser la amortiguación, sistema de freno, elementos auxiliares, etc.

No son bogies característicos de locomotoras. Aparecen en coches, vagones y en vehículos autopropulsados con tracción distribuida en alguno de sus bogies.



Figura. 3-2 Bogie portante de vagón de mercancías (izquierda) y de vehículo autopropulsado (derecha)

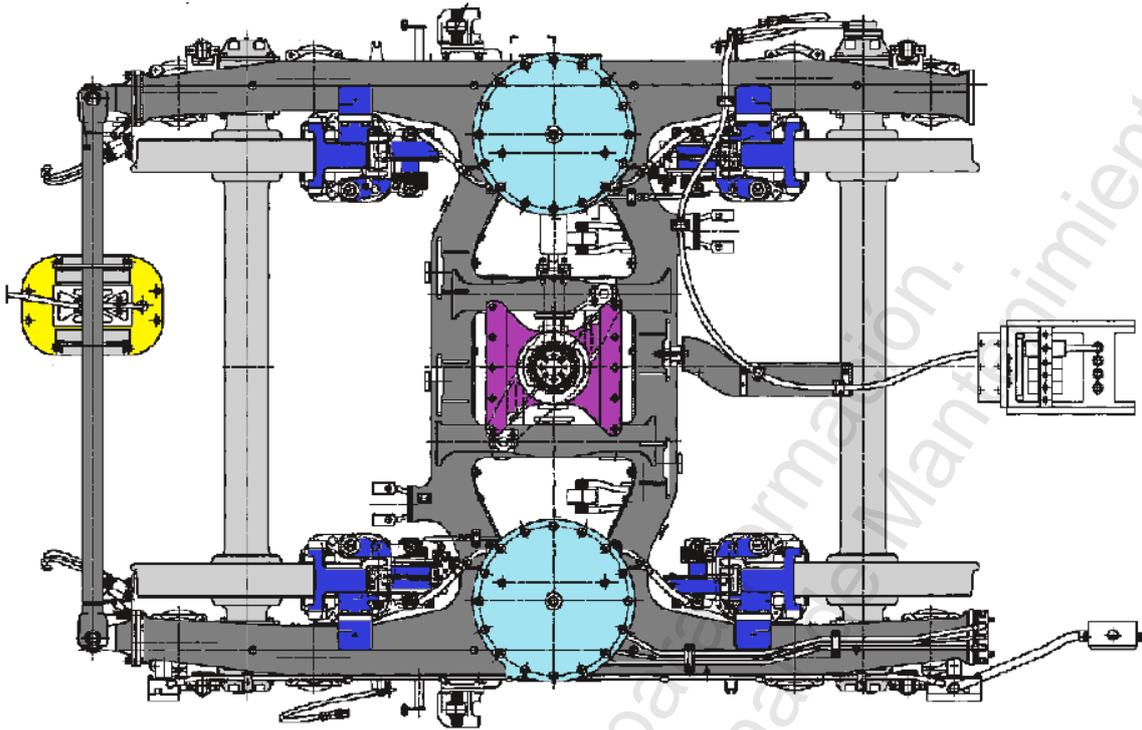


Figura. 3-3 Vista superior de bogie portante de vehículo autopropulsado

3.2 SEGÚN EL NÚMERO DE EJES

3.2.1 De dos ejes

En el parque de vehículos de RENFE, todos los bogies en vagones, coches, vehículos autopropulsados y de alta velocidad van provistos de dos ejes, adaptándose con esta configuración a las necesidades de explotación de todos ellos.



Figura. 3-4 Bogies de dos ejes

3.2.2 De tres ejes

La configuración generalizada en locomotoras es de dos bogies por vehículo. La necesidad de ampliación de potencia propició la aparición de bogies motores con tres ejes en vez de con dos. Ello permitía un aumento de dos ejes más por vehículo y por lo tanto de

dos motores más de tracción. Fue una configuración muy extendida en locomotoras de tipo Diésel-eléctrica, no tanto en locomotoras eléctricas.



Figura. 3-5 Bogies de tres ejes

3.3 SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS

En este punto se muestran gráficamente algunos ejemplos de bogies atendiendo al tipo de vehículo en el que van instalados, haciendo referencia a los más significativos y usuales.

3.3.1 Vehículos Autopropulsados

La totalidad de los vehículos autopropulsados de la flota actual de RENFE se sustentan con bogies de dos ejes. Algunos bogies son motores con dos propulsores por bogie (un motor por eje), todos ellos con tracción eléctrica. Los automotores diésel suelen portar bogies, también de dos ejes, pero solo uno de ellos es motor (unido al propulsor por medio de eje tipo Cardan) y el eje restante es portante.

También encontramos ciertos vehículos en los que algunos de sus bogies no van motorizados, es decir, que son enteramente portantes.



Figura. 3-6 Bogie de vehículo autopropulsado

Un caso particular es el de los bogies compartidos que aparecen en las unidades de cercanías CIVIA y en los autopropulsados serie 449.

3.3.1.1 Bogies Compartidos

Son bogies que sustentan dos cajas consecutivas de un mismo vehículo. Es una solución adoptada para reducir el peso total de la composición y conseguir con ello, mejores prestaciones tanto en trenes para servicios tanto de corta distancia, media distancia o alta velocidad. Es un sistema utilizado en vehículos articulados.



Figura. 3-7 Bogie compartido de vehículo autopropulsado



Figura. 3-8 Disposición de bogies compartidos en vehículo autopropulsado

3.3.2 Locomotoras

Como se expuso con anterioridad, la mayoría de las locomotoras presentan la configuración de dos bogies con dos ejes cada uno. Las locomotoras *diésel-eléctricas* suelen configurarse con dos bogies de tres ejes cada uno. Mención especial merece la locomotora eléctrica serie 251 que se compone de tres bogies de dos ejes cada uno.



Figura. 3-9 Bogies en locomotoras. De dos ejes (izquierda) y de tres ejes (derecha)



3.3.3 Rodales

Actualmente es el sistema más utilizado en este tipo de vehículos. Fueron patentados por la firma Talgo.

Su característica principal es la independización de las rodaduras utilizando un eje por rueda en vez del eje común de los ejes montados. Su evolución ha conseguido un sistema de rodadura variable y un sistema de suspensión con pendulación de la caja del vehículo. Existen ramas de estos vehículos que pueden ser remolcadas por locomotoras convencionales y otras ramas que, como las utilizadas por el consorcio Talgo-Bombardier, conforman las composiciones de las series 102, 112, 130 y 730 de RENFE. Todas estas series portan bogies en las cabezas motrices y sistema de rodales en los coches de viajeros.



Figura. 3-11 Tren AV con rodajes en los coches

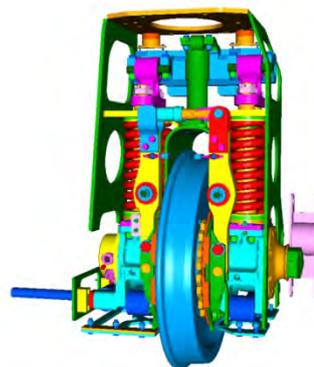
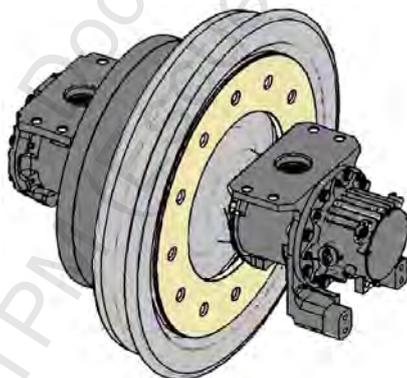
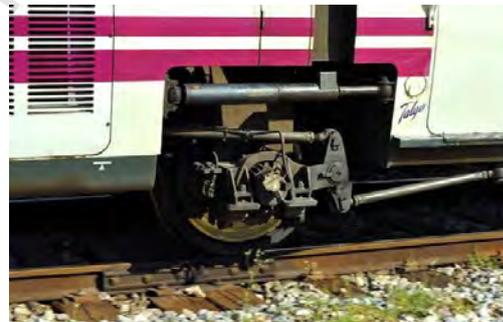


Figura. 3-12 Distintas vistas de rodajes tipo Talgo

3.3.4 Bogie de mercancías tipo Y-21

La mayoría de los vagones, independientemente de su tipo, van sustentados por bogies de tipo Y-21.

El bogie Y-21, de aplicación en vagones de mercancías deriva del Standard U.I.C. Y-25 adaptado para el ancho de vía español y para tráfico internacional, por lo cual, los portazapatas de freno son desplazables para que puedan actuar en ambos anchos de vía (ibérico e internacional).

Presenta características que lo diferencian de otros tipos de bogies empleados anteriormente entre los que cabe destacar:

- El bastidor descansa sobre las cajas de grasa, provistas de dos robustos platos laterales, por medio de grupos de dos resortes helicoidales, concéntricos y de distinta altura. En cada grupo de resortes trabaja al principio -con poca carga- el muelle exterior y no empieza a trabajar el interior hasta un cierto valor de la carga, con lo cual se obtiene de forma simple una suspensión con dos etapas de flexibilidad.
- Para amortiguar los movimientos inherentes a este tipo de resortes, se emplea un dispositivo tipo SNCF-LENOIR que actúa por fricción variando su acción en función de la carga y evita, además, juegos longitudinales de las cajas en su alojamiento, lo cual favorece la estabilidad de la marcha.
- Para disminuir el movimiento de lazo y mejorar la estabilidad, va provisto de resbaladeras elásticas con una placa superior de material sintético que, al rozar con la resbaladera fija al bastidor del vagón, crea un par de frotamiento cuyo papel es preponderante en vacío y donde la importancia relativa se reduce en carga.
- Igualmente, y para conseguir un par de frotamiento más propicio, se emplea un forro de material sintético interpuesto entre *quicionera* y pivote que elimina las dificultades debidas (en caso de contacto acero-acero) a las degradaciones de las superficies en contacto y a la variación, con el tiempo, del estado de engrase. Por lo indicado en los tres párrafos anteriores es muy **IMPORTANTE** que las superficies de rozamiento-placas de fricción de cajas y del amortiguador, de las resbaladeras y de pivote **ESTEN SIEMPRE EXENTAS DE GRASA**.
- El frenado se consigue mediante una timonería colgada de una serie de soportes soldados al bastidor y accionada por un conector que la une a la de caja del vehículo.



Figura. 3-13 Bogie tipo Y-21 para vagones de mercancías

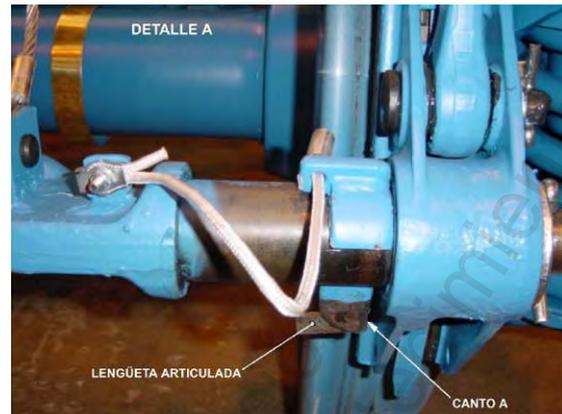
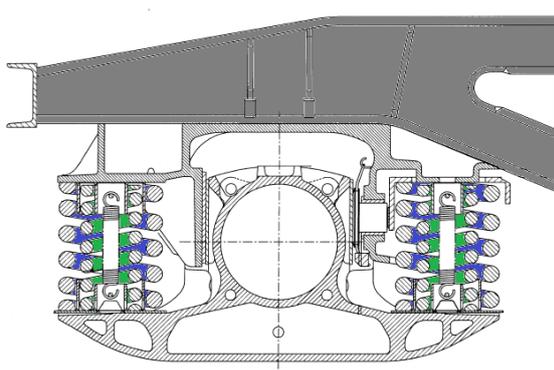


Figura. 3-14 Detalle de la suspensión (izquierda) y del sistema de cambio de ancho (derecha) en bogie Y-21

Existen varias variantes de este tipo de bogie, Cse, Lse/Lsse y Pse. En estos dos últimos, el bogie Y21 está dotado de una válvula neumática de pesada que informa del estado de la carga del vehículo.

Los vagones de mercancías disponen de un mecanismo que informa al distribuidor de freno del estado de la carga del vehículo (Tara si se encuentra vacío o poco cargado y Carga si se encuentra cargado). De esta manera el distribuidor comandará una disposición de frenado, a los cilindros de freno, distinta en cada una de estas situaciones (tara o carga), en presión de aplicación de freno. De esta manera se consigue un frenado más eficiente y seguro.



Figura. 3-15 Bogie y-21 con válvula de pesada

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

4. SISTEMAS ESPECIALES

Denominamos sistemas especiales a aquellos que aparecen con ciertas singularidades de los estándares de sistemas de rodadura o bogies que utilizan los vehículos ferroviarios con más asiduidad.

Estos sistemas pueden referirse de manera directa al sistema de rodadura, como son los sistemas de rodaduras desplazables o variables, o se pueden referir a sistemas que están íntimamente ligados a las suspensiones, como pueden ser los sistemas de basculación y de pendulación.

4.1 RODADURA DESPLAZABLE

El ancho de vía característico de la red ferroviaria española (ancho RENFE) es de 1668 mm. Este ancho es diferente al que se utiliza en la mayoría de los países europeos (ancho estándar o internacional) que es de 1435 mm.

Para que los vehículos ferroviarios pudieran cruzar las fronteras entre España y Europa, fue necesario buscar soluciones para posibilitar el intercambio de circulaciones con el menor coste económico y de tiempo posible.

Además, a partir de 1988 se decide la construcción de nuevas líneas de Alta Velocidad en nuestro país, con ancho internacional.

El gobierno español viene realizando la ampliación de la red de ancho estándar y sustituyendo algunas líneas de ancho RENFE. Esta decisión ha supuesto el aumento de puntos de transición entre los dos tipos de ancho de vía. Para la agilización de los tráficos ferroviarios se han ido ensayando y adoptado, en diversas épocas, algunas soluciones puntuales que se reducen a:

- Facilitar y hacer más económico y sencillo el traspaso de los viajeros y mercancías y los cambios de vehículos.
- Emplear vías de tres o cuatro carriles para que cualquier vehículo, con independencia de su ancho de vía, puedan circular por la misma línea.
- Aplicar sistemas que permitan a los vehículos ferroviarios cambiar de ancho de ejes.



Figura. 4-1 Tercer carril

Este último sistema es el más eficiente de todos, pero a su vez dispone de tres variantes significativas:

1. Intercambio de ejes de vagones o coches y utilización de cabezas tractoras de distinto ancho. Este modelo suele utilizarse principalmente para vagones de mercancías puesto que los coches de viajeros suelen ir dotados de bogies. En nuestro país existen instalaciones de este tipo en Portbou e Irún, y también se han utilizado de manera provisional en la construcción de nuevas líneas de ancho UIC para permitir el paso de trenes de trabajo.
2. Intercambio de bogies en coches de viajeros utilizando infraestructuras preparadas para este fin.



Figura. 4-2 Instalaciones para cambio de bogies de diferente ancho

3. Sistema de cambio automático de ancho mediante instalaciones que lo permiten, en marcha y sin la necesidad de sustitución de ejes ni bogies. Se varía de forma automatizada la distancia entre caras internas de las ruedas. Estos sistemas se utilizan en España desde 1969.



Figura. 4-3 Sistema de cambio automático de ancho de vía

4.1.1 Sistemas de ancho variable

En nuestro país coexisten dos tecnologías diferentes e incompatibles de intercambio automático de anchos de vía:

- **Tecnología TALGO de Rodadura Desplazable**

Es la que cuenta con más experiencia en el mundo. Viene funcionando desde 1969 y en un principio solo se utilizaba para coches Talgo. Actualmente también se utiliza en cabezas tractoras y en vagones de viajeros y mercancías.

Sus principales características son:

- Permite coche de viajeros.
- Permite vagones de carga.
- Permite vehículos motores.
- No permite cambio con carga en rueda.
- Encerrojamiento por cerrojo ascendente.

Los vehículos que utilizan esta tecnología son todos los coches *Talgo* y las composiciones Serie 130, y 730.



Figura. 4-4 Sistema Talgo de rodadura desplazable

El sistema de rodadura de ancho variable de Talgo es característico por disponer de elementos de rodadura individuales. La rueda dispone de un pequeño eje sujeto por medio de rodamientos al bastidor y que la mantiene independiente al resto de los rodales. Este pequeño eje tiene la particularidad de poder desplazarse longitudinalmente permitiendo así la posibilidad de modificar su distancia para adaptarse a distintos tipos de ancho de vía.

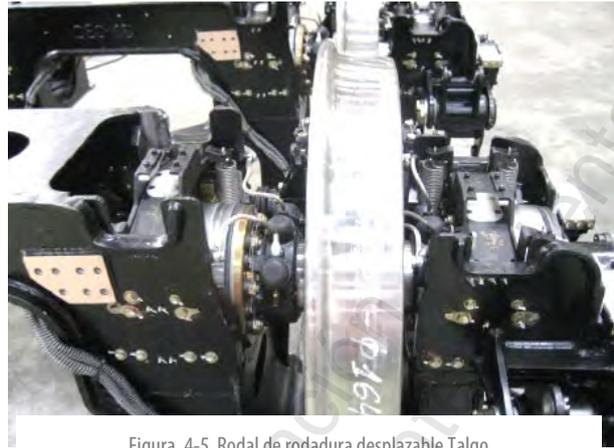


Figura. 4-5 Rodal de rodadura desplazable Talgo

- **Tecnología CAF "Brava"**

Aplicada en trenes autopropulsados. Viene funcionando desde el año 2003 y sus principales características son:

- Permite coches de viajeros.
- No permite vagones de carga.
- Permite vehículos motores.
- No permite el cambio con carga en rueda.
- Encerrojamiento tipo rodadura ascendente.

Los vehículos dotados con esta tecnología son los de las series 120, 121 y la subserie 594.200 compuesta por dos unidades, aunque los de las series 449 y 599 vienen preinstalados para poder disponer de este sistema.



Figura. 4-6 Sistema BRAVA de rodadura desplazable

El Sistema BRAVA consiste en dos conjuntos de ruedas (bogíe) que tienen la posibilidad de desplazarse lateralmente, de forma preestablecida sobre un eje no móvil.



Figura. 4-7 Sistema BRAVA

Otros sistemas tecnológicos de cambios de ancho de rodadura a nivel internacional son:

- **Sistema polaco SUW2000** aplicable tanto a coches de viajeros como a vagones de mercancías.

- **Sistema alemán DBAG/Rafia "Typ V"** experimental sin aplicación comercial.
- **Tecnología Japonesa** probada desde mediados de los años 90.

4.2 SISTEMAS PENDULARES / BASCULANTES

4.2.1 Sistemas de basculación pasiva (pendulación)

Desde los principios del ferrocarril, ha existido el problema que supone a los vehículos ferroviarios la transición de tramos de vía rectos a tramos en curva. Al ingresar en curva, los vehículos experimentaban una serie de bandazos, provocados por las fuerzas centrífugas, que se traducen en deformaciones o rotura de carriles, desgaste de pestañas, incomodidades a los viajeros e incluso descarrilos. Para solventar este problema sin tener que efectuar múltiples e incómodas limitaciones de velocidad, se introdujeron en la infraestructura soluciones como el peraltado de la vía y la introducción de curvas de transición. Posteriormente y aprovechando los avances tecnológicos, empezaron a desarrollarse la inclinación de los vehículos ferroviarios en su paso por curva para incrementar su velocidad y confort sin que existiera una disminución de la seguridad. En España utilizamos dos términos para referirnos a las tecnologías de trenes con cajas inclinables que son "pendulación" y "basculación".

Cuando la inclinación de la caja es natural, es decir que se aprovecha la propia inercia de la caja para inclinarla, nos estamos refiriendo a **basculación pasiva** o **pendulación**.



Figura. 4-8 Sistema de basculación Talgo

La tecnología de vehículos pendulares la desarrolló TALGO. Los principales vehículos dotados de esta tecnología, como podemos suponer, son los fabricados por Talgo, coches de viajeros desde el modelo Talgo IV en adelante, y trenes de las series 102, 112, 130 y 730.



Figura. 4-9 Vehículos pendulares Talgo

4.2.2 Sistemas de basculación activa

Entendemos que son trenes “basculantes” aquellos que disponen de tecnología de basculación activa o forzada, es decir que utilizan mecanismos que fuerzan la inclinación de la caja en su recorrido por curva. El principal sistema de basculación es desarrollado por la empresa CAF cuya denominación se identifica con las siglas SIBI aunque existen modelos con tecnología italiana FIAT (ahora Alstom-Italia).

Este tipo de tecnología se aplica generalmente a autopropulsados. Los fabricados con tecnología de basculación italiana FIAT Ferroviaria son la actual serie 490, este sistema va equipado con sensores, giróscopos y acelerómetros. Los de la serie 443, conocido como Platanito, fueron diseñados por FIAT pero con tecnología de basculación de CAF.

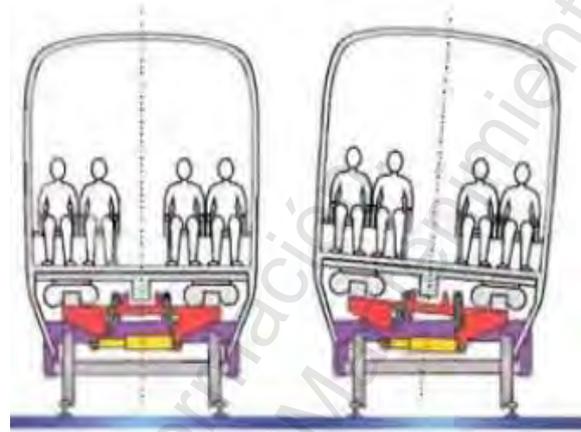


Figura. 4-10 Sistema basculante SIBI

Los dotados con la tecnología SIBI (Sistema Inteligente de Basculación Integral) de CAF son los de las series 594, 598 y 599.



Figura. 4-11 Vehículos con sistema de basculación FIAT-ALSTOM



Figura. 4-12 Vehículos con sistema SIBI (CAF)

El sistema SIBI memoriza el trazado de la línea por donde circula el tren por lo que conoce la situación de las curvas antes de encontrarse en ellas. El SDP (Sistema de detección de posición de tren) calcula su posición exacta en el trazado y realiza un ajuste continuo de la posición calculada y las compara con los datos memorizados. Para ello se sirve de unos sensores montados en el propio equipo y en el bogie. Actualmente el SDP utiliza el sistema de localización GPS para comprobar la coherencia de la posición calculada.

Las principales ventajas de este sistema con respecto a otros similares son:

- Actúa anticipándose a las curvas.
- Conoce las características del trazado.
- No actúa sobre defectos puntuales del trazado (golpes de vía).
- Informa al maquinista de la velocidad máxima en paso por curva.

Estas ventajas proporcionan más confort en los viajeros al paso por curva y posibilita el aumento de velocidad en las mismas acortando los tiempos de viaje.

Este sistema de basculación es susceptible de ser anulado bien manualmente por decisión del maquinista o bien de manera automática si el sistema detecta fallos, en este estado, el vehículo circulará por curva como tipo A.



Figura. 4-13 Actuador de sistema SIBI



Figura. 4-14 Detalle de actuador de pupitre del sistema SIBI

5. SISTEMAS DE TRACCIÓN Y DE CHOQUE

Los vehículos ferroviarios cuando se encuentran en movimiento, se hallan sometidos a continuos esfuerzos de tracción y de compresión. Estos esfuerzos son producidos en situaciones como la de tracción, la de frenado o las de deriva.

Estos esfuerzos deben de ser transmitidos y soportados por los distintos vehículos que componen un tren o composición ferroviaria.

Los órganos encargados de transmitir y soportar estos tipos de esfuerzos son los denominados de tracción y choque y suelen ir ubicados en los testeros de los vehículos.

5.1 CONJUNTO DE TRACCIÓN

Es el conjunto de elementos destinado a la transmisión de esfuerzos de tracción entre un vehículo y otro que pertenecen a una misma composición.

Para el enganche, debe conseguirse, además de una unión mecánica, la continuidad del circuito neumático y del eléctrico entre vehículos.

Existen dos tipos de enganche:

- Enganche manual o convencional (gancho de tracción).
- Enganche automático

5.1.1 Gancho de tracción

La unión mecánica de los enganches manuales o convencionales se efectúa mediante un conjunto de elementos denominado gancho de tracción y que está compuesto de los siguientes elementos:

1	Gancho de tracción
2	Biela
3	Manija
4	Husillo o tensor
5	Brida
6	Gancho de apoyo
7	Bulones y pasadores
8	Resbaladera

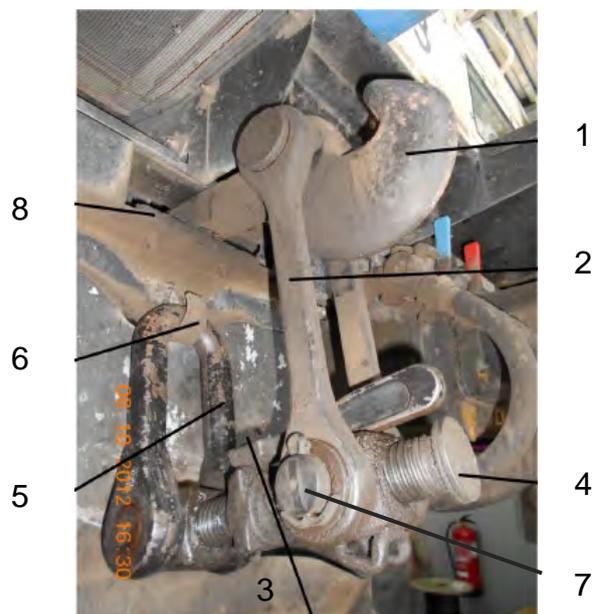


Figura. 5-1 Gancho de tracción

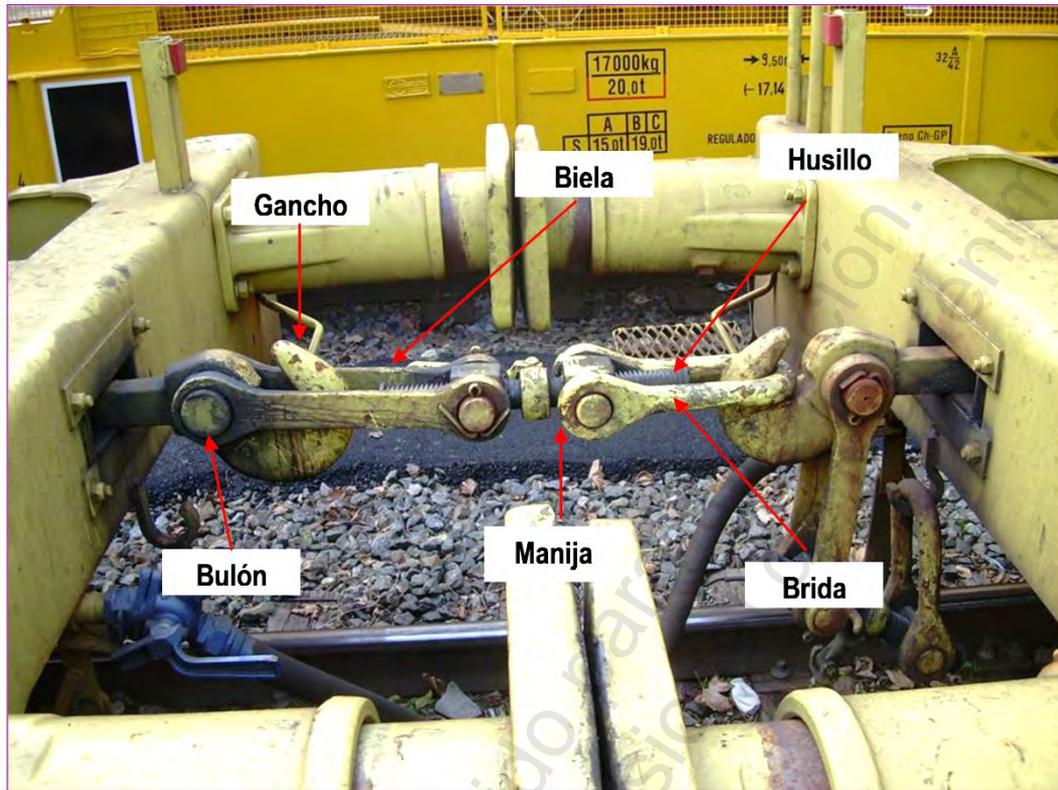


Figura. 5-2 Conjunto de tracción. Elementos.

forma manual mientras que en los sistemas automáticos no es necesaria la participación directa (según el tipo) de un operario.

5.1.1.1 Gancho de tracción

La misión de estos ganchos elásticos es la de transmitir el esfuerzo de tracción generado por el vehículo tractor, hacia la unidad remolcada.

Este elemento se encuentra unido al bastidor del vehículo por medio de unos resortes que actúan de sistema amortiguador de los esfuerzos de tracción. Actualmente estos resortes suelen estar formados por anillos elásticos, aunque en vehículos más antiguos aparecían muelles helicoidales. También podemos encontrar sistemas de resorte tipo goma/caucho-metal como los muelles tipo Batra.

Los anillos correspondientes al elemento elástico de fricción situados en el equipo, están diseñados de forma que, al alcanzarse el máximo recorrido elástico, las caras frontales de los anillos interiores llegan a establecer contacto entre sí, conformando de esta forma una columna rígida.

Los esfuerzos de tracción son transmitidos a través del gancho de tracción al bastidor de la locomotora.

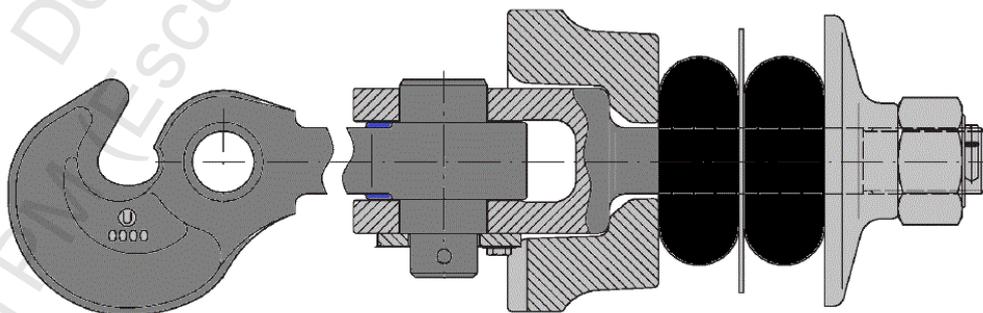


Figura. 5-3 Gancho de tracción con anillos elásticos



Figura. 5-4 Gancho de tracción desmontado

5.1.1.2 Biela

El elemento biela está formado por dos bielas unidas por bulones asegurados por pasadores. Una parte de la biela está unida al propio gancho de tracción y la otra al bloque roscado por donde avanza el husillo.

Este conjunto articula parte del conjunto de enganche gracias a la movilidad que proporcionan las uniones por orificio y bulón.

5.1.1.3 Husillo

Este elemento está formado por un esparrago roscado en sus dos extremos por roscas contrapuestas, es decir, una rosca a derechas y la otra a izquierdas. En el centro del esparrago se encuentra un maneral articulado denominado manija que facilita el esfuerzo de giro del husillo.

El husillo se encuentra roscado sobre dos bloques roscados, uno de ellos fijado a la biela mediante bulón y pasador y el otro a la brida fijado con el mismo sistema.



Figura. 5-5 Biela

Al tratarse de roscas contrapuestas supone que al girar el husillo sobre su eje en un sentido producirá la separación de los dos bloques roscados y girando en sentido contrario producirá el efecto contrario, es decir, la aproximación de los bloques roscados.

Esta funcionalidad confiere al conjunto de enganche de la posibilidad de cambiar su longitud al efectuar el propio giro del husillo, aumentando si se gira en un sentido y disminuyendo en el otro.

Esta particularidad confiere al conjunto, una vez que se encuentra acoplado, la capacidad tensora que se necesita a la hora de ajustar su dimensión después de realizarse un enganche entre dos vehículos ferroviarios.

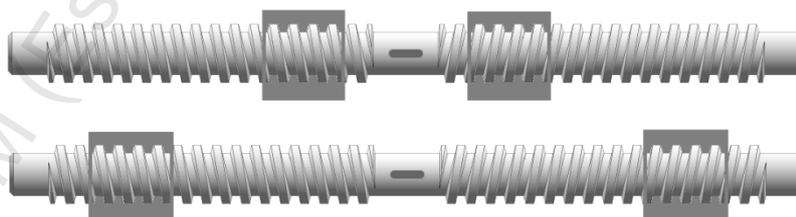


Figura. 5-6 Funcionalidad del husillo

5.1.1.4 Brida

Elemento con forma de U en cuya parte abierta se encuentra fijado mediante bulón y pasador un bloque roscado donde rosca el husillo y su parte cerrada se utiliza para introducirse sobre el gancho de tracción del vehículo contiguo.



Figura. 5-7 Brida

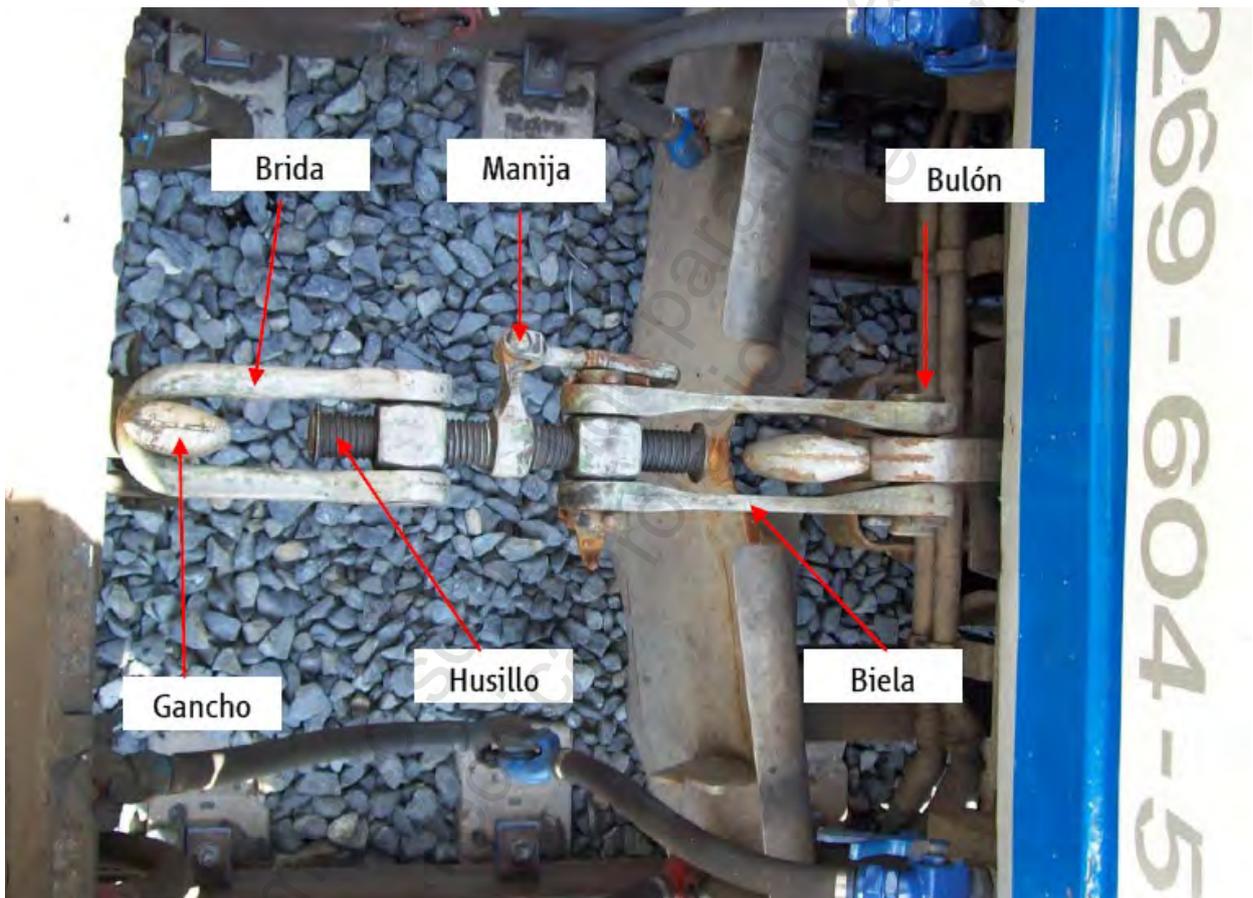


Figura. 5-8 Conjunto de tracción

5.1.1.5 Bulones y pasadores

El conjunto es articulado gracias a las uniones de sus elementos (gancho-biela-bloque roscado y brida-bloque roscado) mediante bulones que van sujetos mediante pasadores de aletas.

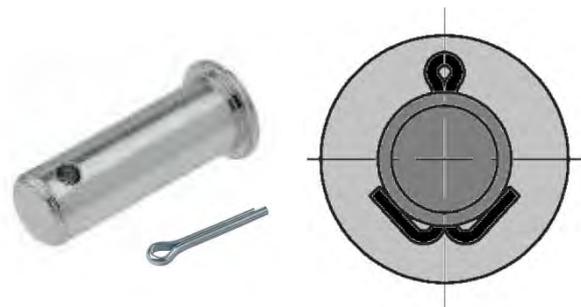


Figura. 5-9 Bulón y pasador de aletas

5.1.1.6 Gancho de apoyo

Este elemento, aunque no se encuentra propiamente dicho en el conjunto de gancho de tracción y enganche, es un elemento sumamente importante para el conjunto.

Se encuentra sujeto al bastidor del vehículo, en su testero frontal, generalmente mediante soldadura y su misión es la de proporcionar una sujeción al conjunto, mediante la brida, cuando el sistema de enganche no es utilizado.

Es importante que el mecanismo de enganche no quede suelto pues con los movimientos producidos al circular el vehículo puede golpear en otros elementos o equipos del vehículo y producir en estos y en sí mismo algún tipo de desperfectos.



Figura. 5-10 Gancho de apoyo

5.1.1.7 Conexiones neumáticas y eléctricas

Este tipo de sistema de enganche manual o convencional necesita de la actuación de una persona para efectuar todo tipo de conexiones, tanto la mecánica como la neumática como la eléctrica.

La conexión neumática se efectúa por medio de semiacoplamientos neumáticos.

Estos semiacoplamientos consisten, habitualmente, en dos juegos de mangueras neumáticas especiales conectadas al circuito de freno mediante dos conectores provistos de llaves de aislamiento que se encuentran situadas en el testero del vehículo a ambos lados del conjunto de tracción.

En sus extremos dispondrán de conectores que serán diferentes si se trata de TDP (en rojo) o TFA (en azul)

Las conexiones eléctricas de efectuarán también de forma manual por medio de mangueras y conectores de acoplamiento de mando múltiple.



Figura. 5-11 Semiacoplamientos



Figura. 5-12 Conector eléctrico de mando múltiple

5.2 CONJUNTO DE CHOQUE

Los vehículos dotados del sistema de enganche manual o convencional, van dotados del aparato de choque denominado tope, cuyo objeto es amortiguar los impulsos que se producen en el contacto entre topes de vehículos consecutivos durante la marcha, en el frenado o en las maniobras.

Van situados simétricamente al eje del vehículo y, cada uno de ellos, está constituido por un contratope, un tope y un muelle interpuesto entre ambos. El tope desliza dentro del contratope y el muelle tiene por misión absorber la energía del choque. La sujeción al bastidor del vehículo se realiza por medio de cuatro tornillos sujetos por medio de tuercas almenadas. En la ficha UIC 526, se regulan las características técnicas de este elemento

Los órganos de choque y enganche se montan a una altura del carril de 1060 mm., con una tolerancia de + 5 mm. -20 mm, permitiéndose una diferencia de altura entre los topes de un mismo testero de 10 mm. En determinados vehículos, se puede variar la compresión mecánica de los topes, formando éstos parte del sistema de guiado del vehículo.

5.2.1 Topes

Esencialmente los topes están constituidos por los siguientes elementos:

- Tope
- Contratope



Figura. 5-13 Conjunto de choque

5.2.1.1 Tope

El tope es el elemento directo que soporta los choques y a su vez se pueden distinguir dos zonas bien definidas:

Plato:

Parte exterior plana que puede aparecer de diferentes formas; redonda, cuadrada, rectangular e inespecifica (como aparece en la imagen).

Caña:

Zona cilíndrica hueca que va unida al plato mediante soldadura y en cuyos laterales aparecerá una zona rasgada para la circulación y tope de la chaveta.

Esta parte se ubicará en el interior del contratope.



Figura. 5-14 Tope

5.2.1.2 Contratope

El contratope es el otro elemento del conjunto de choque. Está constituido por un cilindro hueco en cuya base se encuentra una placa plana con taladros en sus esquinas. Son los puntos de fijación al testero del vehículo por medio de tornillería.

En su interior se encuentra el resorte para la absorción de impactos que puede ser de diversas formas y materiales. Desde cojinetes lisos a elastómeros pasando por muelles helicoidales o amortiguador hidráulico.

En sus laterales suelen parecer hasta dos orificios dependiendo del modelo. Uno de ellos es para el alojamiento de la chaveta y el otro es una ventana de visita para inspeccionar el estado del resorte interior.



Figura. 5-15 Contratope

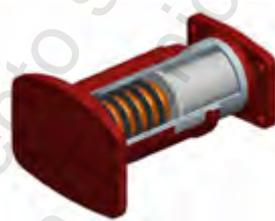
La chaveta engarza el tope y el contratope de manera que en los estados de tracción o descompresión del resorte interior impide la salida o desmontaje del tope sobre el contratope. Se asegura por medio de un pasador de aletas y se encuentra ubicada con un ángulo de 45° con respecto a la vertical.



Figura. 5-16 Chavetas. Ubicación.



Por fricción



Con elastómero



Hidráulico



Mixto

Figura. 5-17 Tipos de tope según elemento resorte

En los vehículos modernos con enganche convencional, se disponen de un tipo de topes conocidos como topes deformables de absorción de impactos, que pueden ir montados indistintamente sobre el bastidor o en una traviesa. Este tipo de tope actúa a modo de amortiguador de colisión, en caso de superar el límite de amortiguación, absorbiendo parte del impacto mediante su propia deformación. Una flecha de color indica el estado del tope. Cuando se produce un impacto que puede ser amortiguado por el mecanismo interno, este se recupera volviendo a estar dispuesto, pero si no se recupera, la flecha o parte de ella quedará oculta en el contratope, pudiendo incluso darse el caso de que se deforme la caña del tope o contratope.

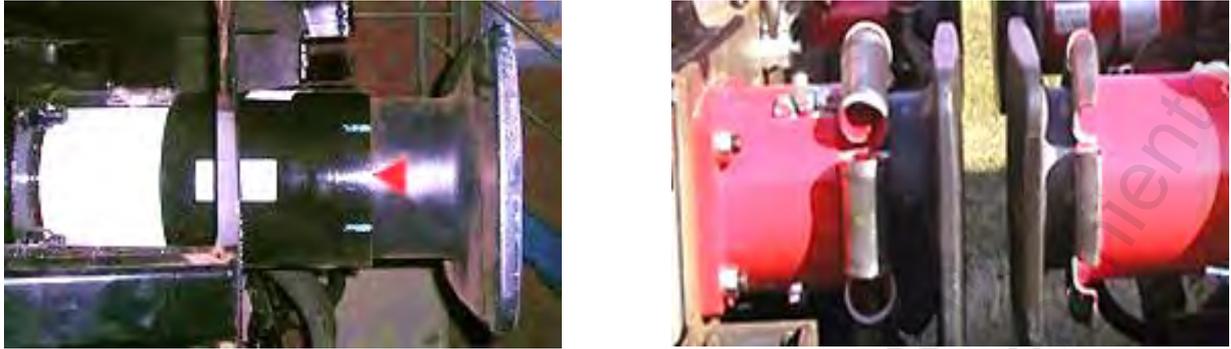


Figura. 5-18 Topes deformables

5.3 ACOPLAMIENTOS AUTOMÁTICOS

Los enganches automáticos, surgen como una evolución del convencional, resolviendo necesidades de operatividad, de resistencia y de agilidad a la hora de poder efectuar el acoplamiento de una manera automática de dos vehículos (generalmente autopropulsados).

Los vehículos dotados de enganche automático, normalmente carecen de topes convencionales, su función es asumida por propio enganche. Se pueden dividir en:

- Enganche mecánico, con los acoplamientos neumáticos y eléctricos.
- Enganche mecánico, con acoplamiento neumático.
- Enganche mecánico.
- Enganches auxiliares para socorros y maniobras.

5.3.1 Sistema mecánico con acoplamiento neumático y eléctrico. Scharfenberg

El enganche automático SCHARFENBERG está diseñado para acoplar automáticamente dos coches motores de distintas unidades de tren siempre y cuando ambas estén dotadas del mismo tipo de enganche. Existe por tanto un enganche automático en el cabecero frontal de cada coche extremo.

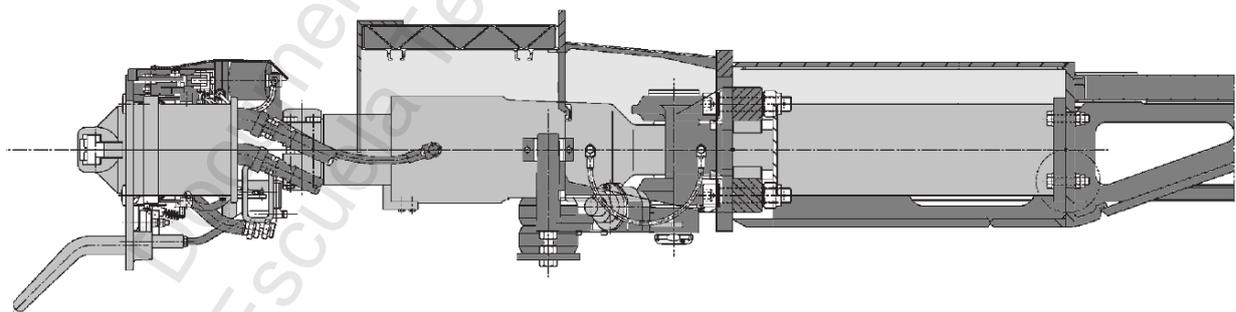


Figura. 5-19 Sistema de acoplamiento automático Scharfenberg

Al aproximar entre sí dos unidades de tren, a baja velocidad se produce automáticamente un acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático a la vez.

El desacoplamiento de los enganches automáticos es también completamente automático y se acciona desde cualquiera de las dos cabinas de conducción mediante el pulsador de desacople, situado en el panel del pupitre de conducción. No obstante, y por razones de seguridad y de funcionalidad, está incorporado un sistema manual de desacoplamiento.

Cuando el sistema no está acoplado, el enganche automático suele estar protegido por una capota de accionamiento automático que protege el sistema y proporciona una superficie aerodinámica al vehículo.

En algunos vehículos el sistema puede disponer de un mecanismo retráctil, quedando posicionados para el enganche al realizar la apertura del carenado.



Figura. 5-20 Scharfenberg y trampilla de enganche

Dispone de llaves para el aislamiento de las conexiones neumáticas, así como de un enclavamiento mecánico o neumático para impedir que se realice el acoplamiento eléctrico cuando sólo se precise enganchar mecánicamente. Las conexiones eléctricas pueden estar indistintamente situadas en la parte superior, en los laterales y en algunos casos en el inferior, no disponiendo en este caso de guía. Las conexiones eléctricas vienen dispuestas en una botonera con tapa retráctil

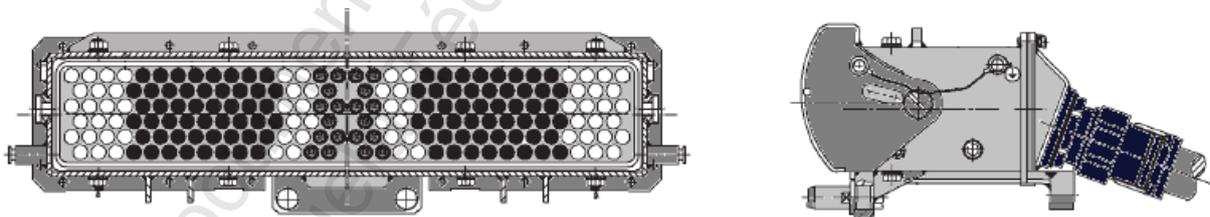


Figura. 5-21 Botonera y caja de botonera

La conexión neumática se efectúa por medio de dos orificios de conexión para freno (uno de TFA y otro de TDP) y otro de alimentación neumática del sistema. Estos elementos de conexión podrán variar dependiendo del tipo o modelo de enganche automático.

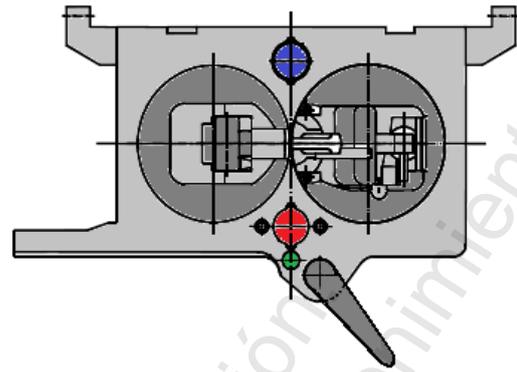


Figura. 5-22 Conexiones neumáticas

La conexión mecánica se efectúa por medio de un sistema de cerrojos automáticos que proporcionan el aseguramiento del sistema.

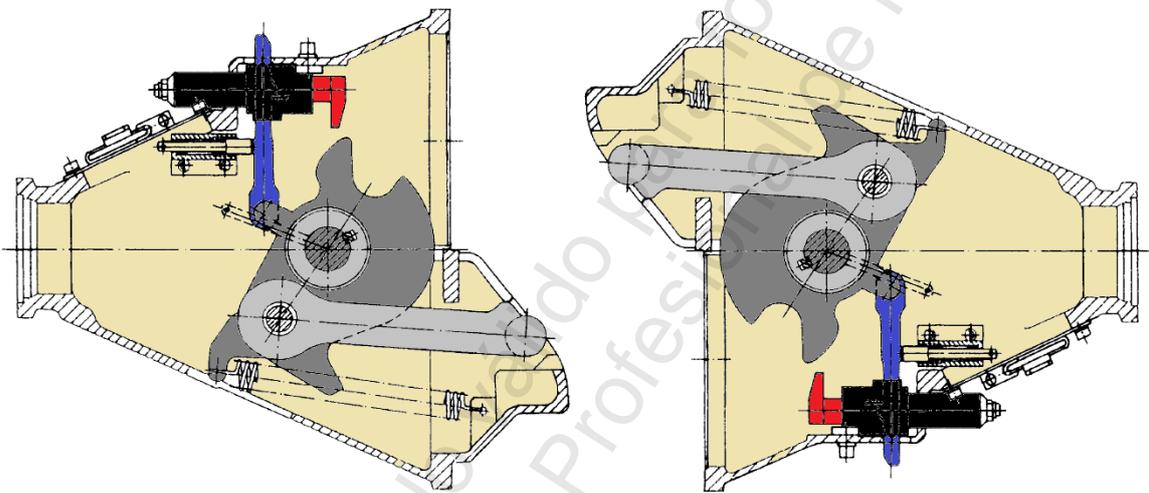


Figura. 5-23 Listo para acoplar

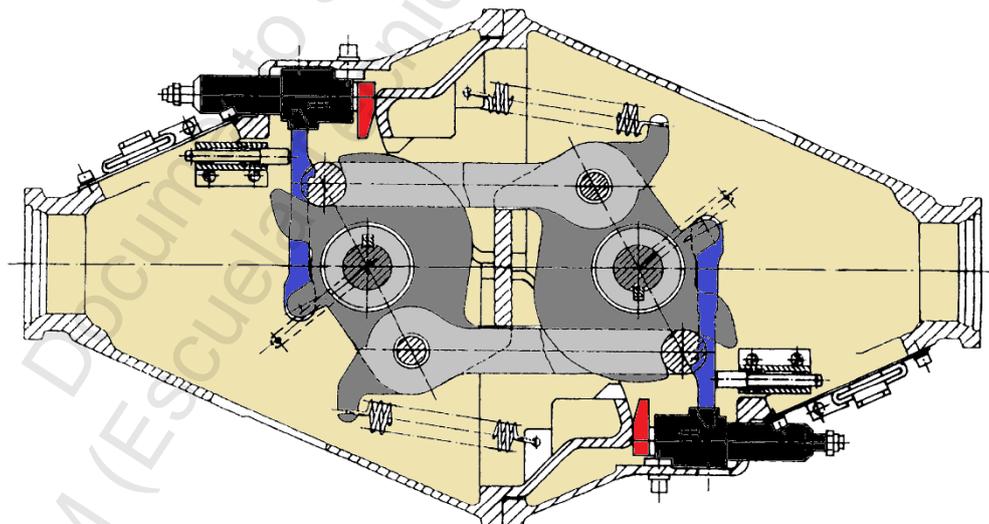


Figura. 5-24 Acoplado

5.3.1.1 Sistema Semipermanente

En vehículos autopropulsados que disponen de enganche automático en los extremos de la composición, es frecuente que para el acoplamiento entre coches intermedios utilicen otro tipo de enganche que no es automático, denominado semipermanente, que establece igualmente la continuidad neumática y eléctrica.

Al tratarse de composiciones indeformables, este tipo de acoplamiento, sólo se manipula para tareas de mantenimiento.

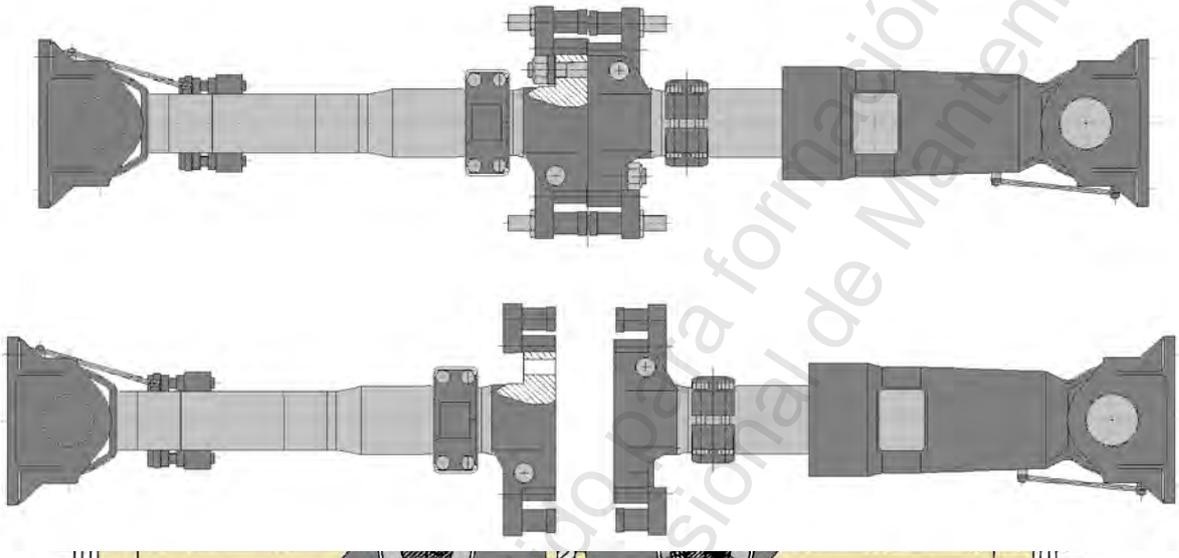


Figura. 5-26 Enganche semipermanente

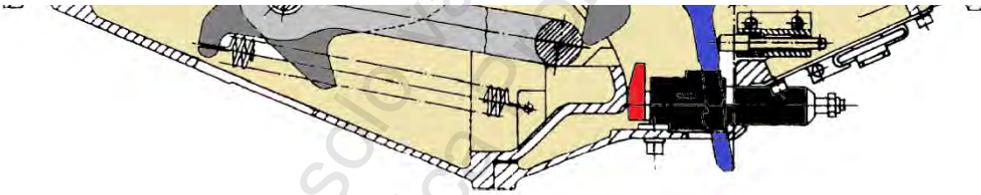


Figura. 5-25 Desacoplado

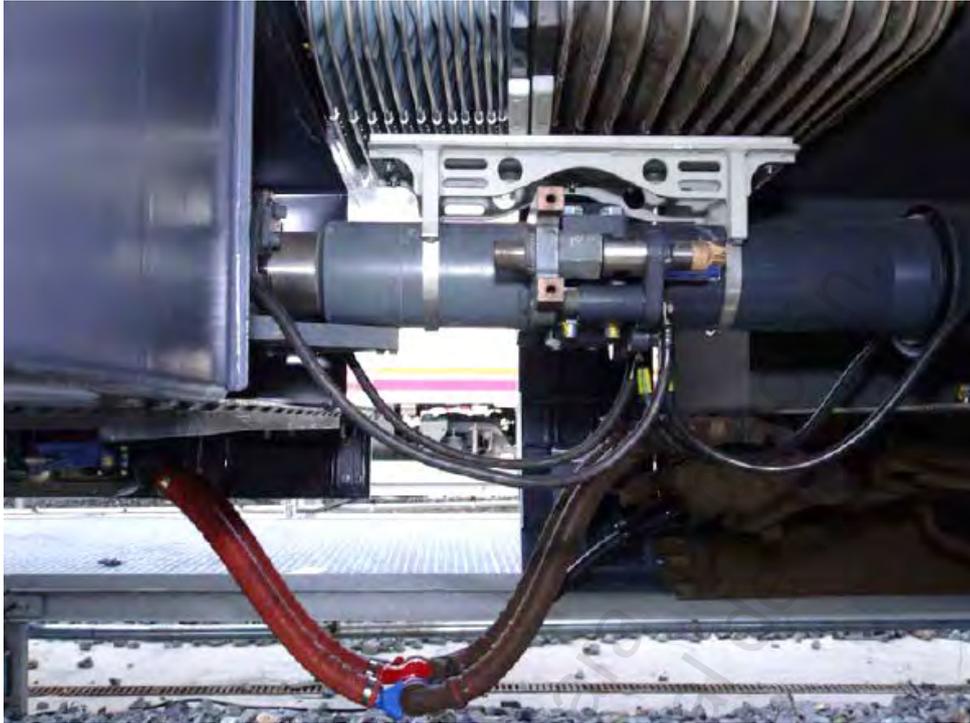


Figura. 5-27 Enganche semipermanente

5.3.2 Enganches mecánicos con acoplamiento neumático

Es un sistema de enganches que sólo realizan acoplamiento mecánico y neumático, se instalan en trenes ligeros como tranvías y en algunos ferrocarriles de alta montaña.

Su funcionamiento es análogo al descrito en el apartado anterior, con la salvedad de que se ha de establecer una conexión independiente para la continuidad eléctrica.

También existen modelos de enganches homologados por UIC para el remolque de trenes de mercancías. El acople se hace por contacto y el desacople suele ser manual, y en el caso de existir conexiones eléctricas, se realizan de forma manual mediante conexiones externas al enganche (Ej.- Mando múltiple S/442).



Figura. 5-28 Enganche mecánico con acoplamiento neumático

5.3.3 Enganche mecánico

Este tipo de enganche únicamente realiza un acoplamiento mecánico, se instala en cualquier tipo de tren, pero es más utilizado en trenes de mercancías, puesto que admite mayor carga.

En España lo utilizan distintos operadores ferroviarios: FEVE, EUSKO TREN, FC. de la Generalitat, etc., que instalan el tipo llamado ALLIANCE en la mayoría del parque de material convencional.



Figura. 5-29 Enganche mecánico

El acoplamiento se realiza por contacto como en los anteriores, y el desacoplamiento es siempre manual. Para la continuidad de las tuberías neumáticas se utilizan semiacoplamientos idénticos a los usados en el enganche convencional, la continuidad eléctrica se realiza a través de conexiones externas.



Figura. 5-30 Enganche tipo Alliance

5.3.4 Sistema de enganche auxiliar para socorros y maniobras.

Este tipo de enganches solo se utilizan para socorrer vehículos averiados dotados de enganche automático y para realizar maniobras. Suelen tener limitaciones técnicas respecto a su capacidad de tracción y compresión, siendo necesario en algunos casos montar topes suplementarios, o suplementos sobre el alojamiento del gancho, para recibir correctamente los esfuerzos de compresión.

El enganche auxiliar se coloca sobre el gancho de la locomotora que presta el auxilio, estableciéndose el acoplamiento mecánico y frecuentemente el neumático, por medio de semiacoplamientos entre la locomotora y el enganche auxiliar. En otros casos, se establece el acoplamiento neumático independientemente por medio de semiacoplamientos.

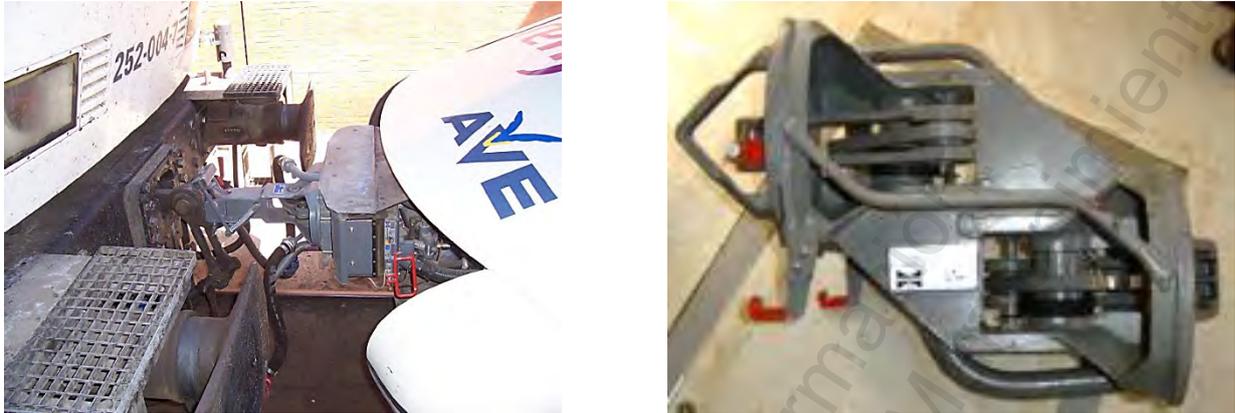


Figura. 5-31 Enganches auxiliares. Para diferentes vehículos (izquierda). Para diferentes alturas (derecha).

Al existir vehículos con diferentes alturas, en determinadas situaciones, es necesario para remolcar con enganche automático, intercalar un útil especial.

También existen barras de tracción para remolcar material con enganche automático situado a baja altura, enlazando el gancho con el cáncamo alojado en el testero del vehículo a remolcar.

Determinadas locomotoras y locotractores dedicados al servicio de maniobras, disponen de enganches automáticos, exclusivamente mecánico, que se colocan sobre el gancho de tracción. El acoplamiento se realiza por contacto como en los grupos anteriores, disponiendo de sistemas neumáticos para desenganche y elevación. En las maniobras que requieran continuidad neumática, se efectúa el enganche neumático de manera manual por medio de los semiacoplamientos.



Figura. 5-32 Enganche auxiliar para maniobras. En locotractor (izquierda). En locomotora (derecha)

5.4 SISTEMAS DE ABSORCIÓN DE IMPACTOS

Cuando un vehículo sufre un impacto con una energía elevada, puede sufrir deformaciones de su estructura, pues los topes están diseñados para absorber una energía determinada.

Para evitar deformaciones en la estructura del vehículo, en sus frontales se incorporan unos elementos para la absorción de parte de esa energía, que van desde los topes convencionales, a sistemas de traviesas fusibles y estructuras metálicas que se deforman en caso

de impactos. Su misión es absorber la energía, con su deformación plástica, para de esta manera evitar o disminuir la deformación de la estructura del vehículo.

Entre estos dispositivos encontraremos, traviesas fusibles, escudos con forma de panel de abeja, partes deformables de la estructura, alojamientos deformables en enganche automático y los más recientes topes deformables de absorción de impactos que vimos anteriormente.

El sistema de traviesa fusible, consiste en una construcción de acero sobre la que se sujetan los topes. En caso de fuerte impacto se produce la deformación de la traviesa. Es fácilmente sustituible al ir sujeta por dos puntos sobre el testero del bastidor, este sistema se suele instalar en locomotoras con enganche convencional.



Figura. 5-33. Vehículo con traviesa fusible

El dispositivo de escudo en forma de panel de abeja va montado sobre el testero de vehículo.

Consiste en un bloque de aluminio, con la típica forma hexagonal en su entramado, que le da su nombre.

En caso de impacto, si el mecanismo del enganche y su espacio de deformación, no consiguen absorber la energía, se entra en contacto con el escudo en forma de panel de abeja, evitando dentro de unos límites, la deformación de la cabina y de la estructura.



Figura. 5-34 Escudo panel de abeja

En determinados vehículos el sistema de absorción de impactos, lo componen partes deformables de la propia estructura, sujetas al extremo del bastidor. Están construidas en acero con un alto límite elástico, con forma de tronco piramidal, y que como en el caso anterior, deben actuar tras la deformación del enganche.



Figura. 5-35 Sistema de absorción de impactos en estructura



renfe