

## **ACLARACIONES PARA LA CONSULTA DE ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION**

Los sistemas de frenados en los vehículos industriales han tenido tanta evolución en tan corto espacio de tiempo, que resulta difícil poderlos sintetizar en 30 páginas, a doble espacio y con ilustraciones.

Con lo idea de poder desarrollar un trabajo de investigación lo más completo y a la vez de buena calidad, la primera fase de este concurso y en su prueba A, se ha elaborado como sigue:

### **SOPORTE PAPEL .**

Al trabajo de investigación se le ha adjuntado un anexo con las ilustraciones que por su contenido y amplitud es casi imposible incluirlas en los 30 folios del trabajo. Las palabras o frases que aparecen subrayadas y en color azul indican que tiene relación con alguna ilustración del anexo. Junto a la palabra o frase subrayada aparece entre paréntesis el número de página del anexo que contiene la ilustración a la que se hace referencia.

### **SOPORTE DIGITAL**

Las palabras o frase que aparecen subrayadas y de color azul, disponen de hipervínculos para visualizar las diferentes ilustraciones. Para ello se sitúa el puntero de ratón encima de dicho hipervínculo, cuando aparezca un cuadro de diálogo pulsar la tecla Ctrl del teclado, entonces aparecerá el símbolo de una mano; hacer clip con el botón izquierdo del ratón. Una vez visualizada la ilustración, cerrar dicho archivo para seguir con la lectura del trabajo de investigación.

Al ejecutar un hipervínculo de animaciones es posible que se tenga que permitir elementos emergentes. Para ello desbloquear los elementos emergentes en la barra de tareas.

## INDICE

-Introducción.....	2
--------------------	---

### CAPÍTULO I

- Dinámica del frenado .....	2
- Distancia mínima de frenado .....	3
- Fenómenos ligados al frenado .....	3
- Análisis del frenado.....	6

### CAPÍTULO II

- Mecanismos de frenos.....	7
- Sistema de mando.....	12
- Mando Hidráulico.....	12
- Mando Neumático.....	14

### CAPÍTULO III

- Asistencia en los frenos.....	18
- Frenado con ABS .....	20

### CAPÍTULO IV

- Frenos hidrodinámicos.....	22
------------------------------	----

## **1.-INTRODUCCIÓN**

El frenado de un vehículo industrial, se realiza con el fin de disminuir o anular la velocidad del mismo; para ello debe ser absorbida toda o parte de su energía cinética por medio de rozamiento, es decir, transformándola en calor.

Para conseguir dicho efecto los vehículos se dotan de mecanismos apropiados, ya que, si solamente intervinieran las fuerzas retardadoras debidas a rozamientos de los órganos de la transmisión, resistencia a la rodadura, resistencia del aire, etc., la disminución de la velocidad del vehículo y con ello su detención se prolongaría demasiado.

El efecto de frenado, puede conseguirse también empleando el motor como freno, haciéndolo funcionar como compresor de aire; sin embargo, la potencia resistente desarrollada en dichas condiciones es muy inferior a la que se precisa en la práctica. El sistema de freno debe ser capaz de detener el vehículo en todo momento y con seguridad, en la distancia más corta posible y en las diversas condiciones de carga, estado del piso, etc.; debe ser progresivo y no precisar de grandes esfuerzos por parte del conductor.

# **CAPITULO I**

## **1.-DINAMICA DEL FRENADO**

Como se ha indicado, para frenar un vehículo debe ser contrarrestada su energía cinética. Esto se consigue mediante el trabajo desarrollado por la fuerza frenante a lo largo del recorrido de frenado.

En todo vehículo en movimiento se establece una determinada **fuerza adherente** (Anexo Pág. 1) con relación al piso sobre el cual se desplaza. El valor de dicha fuerza

depende, en cada instante, de la carga que gravite sobre la rueda considerada y del coeficiente de rozamiento entre el neumático y el suelo. El coeficiente de rozamiento varía, notablemente, en función de la naturaleza, estructura y estado del neumático y de las condiciones del piso (humedad, hielo, barro, etc.). La fuerza de frenado aplicada, debe ser, en todo momento, inferior al límite de adherencia del vehículo. Cuando se supera dicho valor las ruedas se bloquean.

## **2.-DISTANCIA MÍNIMA DE FRENADO**

**La distancia mínima** (Anexo Pag 2) en la que puede conseguirse, en teoría, la detención del vehículo, para una determinada velocidad, es independiente de su masa e inversamente proporcional al coeficiente de adherencia (coeficiente de rozamiento).

## **3.-FENOMENOS LIGADOS AL FRENADO**

En el frenado tienen lugar ciertos fenómenos de gran importancia para la estabilidad del vehículo; éstos son:

**3.1.- Basculación del vehículo hacia la parte anterior.** (Anexo Pag 3) Con ello se sobrecarga el eje anterior, mientras que la parte posterior queda descargada. En estas condiciones la adherencia de las ruedas posteriores al suelo, queda disminuida. Esta basculación puede provocar, en casos extremos de frenados potentes, el bloqueo y el consiguiente deslizamiento de las ruedas posteriores sobre el suelo.

**3.2.- Bloqueamiento de las ruedas y pérdida de trayectoria circulando en línea recta.** Son causa de múltiples accidentes por resbalamiento "derrapado". El bloqueamiento de las ruedas puede producirse de diferentes formas:

**3.3.- bloqueo de las ruedas anteriores.** (Anexo Pag 4) En estas condiciones, suponiendo un suelo perfectamente plano, el vehículo seguiría su trayectoria recta, pero no se tendría control sobre la dirección. Actuar sobre el volante de dirección sería muy peligroso;

**3.4.- bloqueo de las ruedas posteriores.** (Anexo Pag 5) En este caso el vehículo tiende a girar 180, es decir, pasar la parte posterior hacia adelante (mecanismo "cabeza cola"). En general a partir de una determinada velocidad es imposible controlar el vehículo, que obedece únicamente a su inercia;

**3.5.-bloqueo de las cuatro ruedas simultáneamente.** Dicho caso raramente se produce. En teoría, el vehículo seguiría la trayectoria recta, si bien, en la práctica sobre todo a altas velocidades, debido a la curvatura de la carretera el vehículo se desliza hacia la cuneta. En general, con neumáticos en buen estado circulando sobre piso deslizante, son las ruedas anteriores las que se bloquean primero. Circulando sobre piso de gran adherencia, son las ruedas posteriores las que primero se bloquean por excesiva descarga del eje posterior. Se puede decir, en teoría, que en unas condiciones de adherencia intermedias se produciría el bloqueo de las cuatro ruedas; dicha circunstancia dependería del tipo del vehículo y de las condiciones de carga del mismo.

Cabe destacar que un vehículo con ruedas bloqueadas, suponiendo que se mantuviera dentro de una trayectoria recta, tardaría más tiempo en detenerse, dado que el rozamiento por deslizamiento es inferior al rozamiento por rodadura.

**3.6.- Pérdida de trayectoria sin bloqueo de ruedas.** En toda frenada, aun sin actuar sobre el volante de la dirección, el vehículo tiende a describir una trayectoria ligeramente curva (aun circulando sobre suelo perfectamente plano). Esto es debido, principalmente, a las irregularidades existentes entre los mecanismos de freno de ambos lados del vehículo y a los neumáticos. La velocidad a la que circule el vehículo ejerce una influencia notable, en dicho defecto.

#### **4.-Frenado en curva**

Se ha indicado de qué manera influye el coeficiente de adherencia en los fenómenos de frenado; conjuntamente con dicho valor merece especial atención el comportamiento del Neumático. Es preciso considerar que, en curva, o simplemente circulando en línea recta

con viento lateral, el vehículo se ve sometido a unos esfuerzos perpendiculares a su trayectoria. Estos esfuerzos originan una **deformación del neumático respecto de la línea de dirección.** (Anexo Pag 6) Cuando el neumático se halla en estas condiciones se dice que entra en "deriva". El ángulo que presenta el nuevo eje del neumático deformado con la trayectoria recibe el nombre de **ángulo de deriva.** (Anexo Pag 7) La dinámica de frenado a gran velocidad pone de manifiesto que el valor de la deriva de cada uno de los neumáticos y el valor relativo entre las derivas de la parte posterior y la parte anterior, influyen notablemente, en la repartición de pesos, y con ello, sobre la estabilidad en carretera del vehículo. Inciden también en gran manera en la trayectoria que toma el vehículo, ya sea en el tiro o en el frenado.

El problema del frenado mientras se actúa sobre el mecanismo de la dirección presenta un doble aspecto: 1) *frenado en curva.* Aun con deceleraciones normales implica riesgos de pérdida de control de la dirección o de la trayectoria del vehículo. 2) *frenados de urgencia en condiciones extremas, circulando en línea recta.* Ante la presencia de un obstáculo, el frenado va acompañado, usualmente, debido a la reacción instintiva del conductor al ver el obstáculo, de un giro del volante simultáneo con el fenómeno de máxima deceleración.

Debe tenerse en cuenta que en una curva, cada rueda tiene una adherencia distinta de las otras tres. Ello es debido a la descarga del eje posterior y sobrecarga del anterior y a **la descarga de las ruedas interiores a la curva y sobrecarga de las exteriores.** (Anexo Pag 8) Debe recordarse que el valor de la fuerza frenante de cada una de las ruedas no debe ser nunca superior a su correspondiente adherencia. De lo expuesto se deduce la dificultad que tiene el conductor para saber en cada instante el esfuerzo que debe realizar. Por dicho motivo se aconseja no frenar en curva o bien frenar moderadamente.

La carga que gravita en cada instante sobre una rueda, multiplicada por el radio  $A$  de un círculo que señala los valores máximos, en cualquier dirección que puede tomar, la resultante de las fuerzas

que intervienen en el frenado cuando el vehículo está describiendo una curva, (Anexo1 Pag) la fuerza centrífuga  $F_c$  es perpendicular a la fuerza de frenado  $F_f$  cuyo valor máximo queda limitado, ya que la resultante  $R$  de ambos, debe quedar dentro del círculo de radio  $A$ .

### **5.-REPARTICIÓN DE PESOS EN EL FRENADO**(Anexo Pag 9)

Para dicho estudio se pueden establecer las siguientes consideraciones:

1. Con el vehículo en reposo, el peso total del vehículo se supone aplicado en su centro de gravedad "G" y queda repartido entre los ejes. Sobre el eje anterior, situado a una distancia "a" del centro de gravedad, gravita una carga  $P_1$  , y sobre el eje posterior, situado a una distancia "b", una carga  $P_2$ .
2. Con el vehículo en movimiento, supondremos el conjunto de resistencias al avance, aplicados sobre el metacentro "M". Dichas resistencias sobrecargarán el eje posterior, descargando el anterior.
3. Si el vehículo se halla circulando en un plano inclinado, los ejes sobre los que gravita el peso del mismo ven modificada su carga. Si el vehículo está ascendiendo se sobrecargará el eje posterior mientras que si desciende se sobrecargará el eje anterior.
4. En el momento de la frenada se crea una fuerza "I" aplicada al centro de gravedad "G", debida a la inercia del vehículo. Esta fuerza sobrecarga el eje anterior y descarga el eje posterior.

### **6.-ANÁLISIS DEL FRENADO**

El problema de la determinación de las distancias mínimas de parada, es complejo, ya que depende de la reunión de tres factores independientes: la carretera, el vehículo y el conductor. El frenado puede dividirse en dos fases claramente diferenciadas:

- 1) tiempo muerto;
- 2) frenado efectivo y deceleración. El tiempo muerto es la suma del tiempo de reacción del conductor y el tiempo de respuesta del mecanismo de freno. Comprende el tiempo transcurrido

desde la impresión de la imagen del obstáculo en la retina del ojo del conductor, hasta que entran en fricción las superficies frenantes. En líneas generales, este tiempo muerto puede ser evaluado en 0,75 segundos para un conductor y unas condiciones medias. Es de destacar que durante todo el tiempo muerto, el vehículo circula a la misma velocidad. El frenado efectivo y deceleración corresponde al tiempo transcurrido desde la puesta en acción de los mecanismos de freno, hasta la total detención del vehículo. Numerosos ensayos efectuados al respecto han dado como resultado valores de deceleración que rara vez superan los  $6 \text{ m/seg}^2$  es decir, 21,6km/h cada segundo. En el diagrama [adjunto](#) (Anexo Pag10) se indican las distancias mínimas de parada correspondientes a diferentes velocidades.

## **CAPITULO II**

### **MECANISMOS DE FRENOS**

Los mecanismos de freno pueden ser de dos tipos: de fricción y dinámicos. Los primeros utilizan la fuerza de rozamiento originada al deslizar dos piezas entre sí. Los segundos se aplican en vehículos industriales como un sistema de freno complementario; aprovechan la energía cinética del vehículo para obtener una cierta deceleración.

#### **1.-FRENOS DE FRICCIÓN**

##### **1.1.- FRENOS DE EXPANSIÓN DE TAMBOR**

Los frenos de tambor están constituidos fundamentalmente por los siguientes elementos:

(Anexo Pag 11)

— un tambor (4); — dos zapatas provistas de forros de fricción (2); — un disco portafreno (1) y dos resortes de recuperación (3).

Las zapatas van montadas y guiadas sobre el disco portafreno y quedan alojadas en el interior del tambor solidario con el eje de la rueda. Uno de los extremos de ambas zapatas se apoya o articula sobre un punto fijo del disco portafreno. El funcionamiento tiene lugar de la siguiente manera: Mediante el mecanismo de mando (sea mecánico, hidráulico, neumático o eléctrico), se ejerce en el momento del frenado, un esfuerzo sobre los extremos libres de las

zapatas. Ello determina un desplazamiento de las mismas que entran en contacto con la superficie interna del tambor. El efecto frenante se produce pues, debido al frotamiento entre sí del tambor y los forros de fricción. El calor desarrollado durante la operación es, principalmente, absorbido por el tambor y los forros de fricción. Una vez cesa la fuerza aplicada sobre las zapatas, éstas regresan a su posición primitiva gracias a los muelles de retroceso.

#### **Diagrama de los esfuerzos aplicados sobre las zapatas y reacciones de las mismas** (Anexo Pag 12)

Si el proceso tiene lugar con el tambor inmóvil, el punto de apoyo de cada zapata produce una reacción  $R$  igual al esfuerzo  $F$  aplicado sobre ella. Con el tambor girando en el sentido  $A$  indicado en la figura, se tienen condiciones distintas en cada zapata:

- a) la zapata 1 se ve arrastrada hacia el punto de apoyo con lo cual la reacción  $R$  debe ser mayor que  $F$ . Dicha zapata recibe el nombre de primaria, empujada o comprimida. Esto determina un efecto de autobloqueamiento del freno,
- b) la zapata 2, en cambio, tiene la tendencia de alejarse del tambor en el punto de apoyo con lo cual la reacción  $R$  necesaria, es más pequeña que  $F$ . Esta zapata recibe el nombre de secundaria, arrastrada o extendida. Invertiendo el sentido del giro, el fenómeno sucede al contrario, la zapata primaria se convierte en secundaria y la secundaria en primaria. Como consecuencia de lo expuesto, según la posición del mecanismo de accionamiento, y la forma de apoyo de las zapatas, los frenos de expansión se clasifican en diferentes tipos:

**1) Freno de tambor Simplex** (Anexo Pág. 13) El freno de tambor Simplex es uno de los más empleados, sobre todo en los frenos posteriores. Consta de una zapata primaria y una secundaria flotantes o articuladas. Los puntos de apoyo o articulación de las zapatas se hallan sobre uno de sus extremos mientras que el accionamiento tiene lugar sobre el otro. Los pares de frenado son prácticamente iguales para ambos sentidos de giro. Es poco sensible a las variaciones que experimenta el coeficiente de rozamiento.

**2) Freno de tambor Twinplex** (Anexo Pág. 14) Este tipo de freno, está formado por dos zapatas primarias (suponiendo el sentido de marcha), montadas en paralelo. El sistema de

accionamiento es independiente para cada una de ellas. Es un freno muy eficaz pero sensible a las variaciones del coeficiente de rozamiento. Presenta la ventaja de que con su empleo no se ponen de manifiesto reacciones sobre los rodamientos del buje. En marcha atrás, se comporta como un freno de zapatas arrastradas. Existen algunos tipos especiales que pueden conseguir la misma eficacia en los dos sentidos de giro.

**3) Freno de tambor Dúo-servo** (Anexo Pág. 15) Está constituido por dos zapatas primarias en serie, con lo cual se aumenta el efecto de autobloqueamiento. En este freno, una zapata empuja a la otra mediante una biela de acoplamiento. Es un freno altamente eficaz pero muy sensible a las variaciones del coeficiente de rozamiento. Es muy utilizado en los vehículos americanos.

### **Mecanismos de regulación de la holgura entre el tambor y los forros de fricción.**

El desgaste de los forros de fricción, se compensa con la aproximación de las zapatas hacia el tambor. Con ello, se consigue mantener un juego constante. La regulación se puede obtener con diferentes mecanismos, tales como:

#### **Aproximación Manual**

**Una excéntrica** (Anexo Pág. 16) en cada zapata con la que es posible desplazar ésta contra el tambor.

#### **Aproximación automática**

##### **1) Sistema Girling**

**Descripción** (Anexo17 Pág.)

— Una bieleta B de longitud variable mediante una rueda moleteada 3, un empujador fileteado 1 y un vástago 2. — Un levier G solidario y articulado en 4 sobre el levier de freno de mano y mantenido en contacto con la bieleta B por un muelle 5. — El levier C tiene un diente en contacto con la rueda 3.

— El levier del freno de mano está articulado sobre la zapata secundaria.

**Funcionamiento** (Anexo Pág. 18)

**Frenada:** — Las zapatas se separan y liberan así la bieleta B

— El levier C pivota sobre su eje 4 bajo la acción del muelle 5 y hace girar la rueda del empujador 1 con el diente D: la bieleta B se alarga

— Si la aproximación es buena (separación pequeña), el esfuerzo ejercido por el resorte 5 es insuficiente para mover la rueda 3 y la longitud de la bieleta B no cambia ya.

**Desfrenada:**

— Al retornar las zapatas, el levier C vuelve a su posición inicial, su diente D pasa hacia delante de los dientes de J® rueda 3 sin moverla.

— El alargamiento de la bieleta B ha permitido reducir el juego entre zapatas y tambor.

## 2) Sistema BENDIX

Descripción (Anexo Pág. 19)

— Un levier C articulado sobre la zapata primaria en su parte superior y dentado en su parte inferior

— Un gatillo dentado D que se engrana bajo la acción de un muelle F sobre el levier de reajuste C.

— Una bieleta B fijada a la zapata secundaria por un muelle E y que engrana con C a través de la ventanilla L.

— El juego J determina la aproximación ideal entre zapatas y tambor.

— Un muelle R que mantiene las zapatas en reposo.

Funcionamiento (Anexo Pág. 20)

**Frenada:**

— Cuando el juego entre zapatas y tambor es superior al juego J: las zapatas se separan, la zapata secundaria mueve la bieleta B, y mueve también al levier C (después de recorrer el juego J). El levier C se desplaza y pasa un número de diente sobre el gatillo D correspondientes al juego a aproximar.

**Desfrenada:**

— El levier C no puede regresar por el gatillo dentado D. El muelle R hace que las zapatas hagan contacto sobre la bieleta B por la acción del levier C y del levier del freno de mano. El juego J determina entonces el juego ideal entre zapatas y tambor.

## **1.2.-FRENOS DE DISCO**

Tienen una constitución muy simple. Esencialmente están integrados por: (Anexo Pag. 21)

— un disco (1),

— una abrazadera o pinza(3).

— dos placas de fricción (2). El disco es solidario con el eje de la rueda y queda alojado dentro de la abrazadera, sobre cuyos dos brazos están dispuestas sendas placas de fricción. El funcionamiento del conjunto es el siguiente:

Mediante el sistema de mando se aplica un determinado esfuerzo sobre los émbolos, alojados en los cilindros de la abrazadera. Estos empujan a las placas de fricción que se desplazan y entran en contacto con el disco sobre el cual ejercen el esfuerzo recibido a través del émbolo. El rozamiento entre el disco y las placas de fricción determina el efecto frenante.

En algunos vehículos el mecanismo se monta sobre el eje motor a la salida del diferencial en lugar de aplicarlo sobre las ruedas.

Según el sistema empleado para la sujeción de la abrazadera o pinza, los frenos de disco se pueden clasificar en:

Montaje Rígido (Anexo Pág. 22) 2 pistones empujan a cada pastilla sobre el disco.

En todos los casos, la recuperación de los pistones se efectúa por el disco y también por las juntas de estanqueidad si son de sección circular.

Montaje Flotante (Anexo Pág. 23) En un primer montaje la pastilla se apoyaba contra el disco por el pistón. En un segundo montaje, el pistón no puede avanzar más, es el estribo quien se desplaza con relación a la chapa y termina de empujar la segunda pastilla contra el disco.

## **2.- SISTEMAS DE MANDO**

La creciente velocidad que pueden alcanzar los vehículos industriales, y por otra parte, las condiciones de circulación impuestas por los reglamentos, plantean a los mecanismos de freno, problemas que requieren soluciones precisas en la acción y seguridad absoluta en su eficacia. Estas condiciones deben ser igualmente cumplidas tanto por los mecanismos de freno como por los de mando de los mismos.

Desde su aparición en 1923, el sistema de mando hidráulico de los frenos, inventado por Malcom LOUGHEAD, se ha difundido mundialmente, empleándose el sistema de mando mecánico únicamente para el accionamiento del freno de estacionamiento.

Conjuntamente con el sistema de freno hidráulico, han sido desarrollados otros sistemas como son el neumático y el eléctrico.

## **2.1.- SISTEMA DE MANDO HIDRÁULICO**

El sistema de mando hidráulico, se fundamenta en el hecho de que los líquidos son prácticamente incompresibles y que según el principio de Pascal, la presión ejercida sobre un punto cualquiera de una masa líquida, se transmite íntegramente en todas direcciones. El mando hidráulico posee varias ventajas sobre los accionamientos mecánicos. Es silencioso, flexible y autolubricante y, los esfuerzos de accionamiento conseguidos, son iguales a ambos lados del vehículo.

Esencialmente el sistema se compone (Anexo Pág. 24) de:

pedal de mando (1),

sistema de palanca (2),

cilindro maestro o bomba (3),

tuberías y elementos de unión (4),

cilindros receptores de los mecanismos de freno (5)

(sean de tambor o de zapata), el líquido que llena la instalación.

El pedal se conecta con el cilindro maestro, mediante un empujador. (Anexo Pag. 25)

Cuando el conductor pisa el pedal, el empujador mueve al émbolo el cual comprime y desplaza el líquido por las conducciones. El líquido a su vez desplaza a los émbolos de los cilindros de los

mecanismos de freno. Al soltar el pedal, el émbolo del cilindro maestro, retrocede gracias a un resorte de recuperación y, en el sistema, se restituye el estado inicial.

Así, pues, el circuito de mando tiene por misión llevar a los mecanismos de freno, la energía desarrollada en el pedal, con la menor pérdida posible. La pérdida del circuito hidráulico es consecuencia del rozamiento del líquido en la superficie de los conductos. Por ello es deseable, que el acabado superficial interior de éstos sea bueno, y que la viscosidad del líquido sea reducida.

### **2.1.1.-CILINDRO**

El cilindro maestro o bomba de frenos, (Anexo Pág. 26) es el centro creador de presión, es decir, es el órgano encargado de proporcionar la presión suficiente para el mando de los mecanismos de frenos. Como se ha indicado anteriormente, puede ser accionado directamente por el conductor o con la ayuda de una fuente auxiliar de energía.

El sistema será tanto más eficiente cuanto menor sea el diámetro del cilindro maestro. Sin embargo no puede reducirse demasiado ya que cuanto menor sea dicho diámetro, mayor es el tiempo empleado en el recorrido muerto (de los émbolos de los cilindros de freno) necesario para salvar el juego existente entre las superficies de fricción. Los diferentes tipos de cilindros maestros empleados, si bien de funcionamiento parecido, difieren en algunas particularidades pudiendo ser clasificados, según los siguientes conceptos.

- 1) Según su cámara: única, doble o en tanden y diferencial o escalonada.
- 2) Según su retén: fijo y flotante.
- 3) Según si poseen o no válvula de presión residual.
- 4) Según su sistema de suavidad de frenado: orificio de compensación y doble pistón.

### **2.1.2.- CILINDROS DE ACCIONAMIENTO DE LOS MECANISMOS DE FRENO**

Son los elementos que desplazan las zapatas o las placas de fricción contra las superficies rozantes giratorias. Según el tipo de mecanismos de freno se clasifican en:

**Cilindros para frenos de tambor** (Anexo Pag. 27) El vástago (1) se apoya por un extremo sobre la zapata, y por el otro sobre el fondo del pistón (3). El retén (4) impide fugas de líquido. El resorte (6) mantiene en contacto el retén (4) con el émbolo (3) y a éste con el vástago (1) cuando el sistema está en reposo. El capuchón de goma (2) además de impedir que en las posibles pérdidas de líquido dañen a los forros de las zapatas o al tambor, evita la entrada de polvo y suciedad en el cilindro. El orificio (7) corresponde a la válvula de purga de aire y el (8) es la comunicación con las tuberías de la instalación de frenos.

La válvula de purga la constituye un tornillo hueco (9) con orificios laterales en su extremo cónico, que permite cerrar el paso del conducto (7) hacia el exterior.

## **2.2.-SISTEMA DE MANDO NEUMATICO** (Anexo Pag. 28)

Consiste en utilizar aire comprimido producido por el propio vehículo para el accionamiento de los elementos frenantes de las ruedas. Se usa habitualmente en camiones y autobuses en los que, por su peso y carga, necesitan grandes potencias y energía de frenado. Se trata de un sistema de frenos de doble circuito independiente, de forma que uno frena el eje delantero y el otro frena el eje trasero. De esta manera, en caso de avería de un circuito existe la posibilidad de frenar siempre el vehículo.

**Símbolos empleados en neumática** (Anexo Pag. 29, 30))

### **2.2.1.- ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO**

#### **ELEMENTOS BÁSICOS:**

**Compresor de aire** (Anexo Pag 31) Es accionado por el motor a través de una correa. El aire que suministra se acumula en un calderín a unos 7 - 8 bares de presión. Esta presión se regula mediante la válvula de descarga. Los compresores pueden ser monocilíndricos o bicilíndricos. Se refrigeran por aire y se lubrican a presión con el mismo aceite del motor.

**Reguladores de presión:** (Anexo Pag 31) Su misión es mantener automáticamente la presión de aire en los calderines a un determinado nivel. Cuando la presión supera cierta cantidad (unos 5 kg.) se abre una válvula dejando escapar el aire comprimido sobrante al exterior. Suele llevar un racor para el inflado de los neumáticos.

**Funcionamiento** (Anexo Pag 31) El aire a presión que proviene del compresor entra a la cavidad (A), pasando previamente por un pequeño filtro instalado en el interior del regulador; este aire, al incrementar su presión empuja la válvula (1), permitiéndose entonces el paso del aire a los circuitos que debe alimentar a través de (F) y también pasa a través del conducto (B). Al final de este conducto se encuentra la válvula (2), cuando el régimen de funcionamiento del compresor va elevando la presión interna, en la cavidad (A) y en el conducto (B), es capaz de vencer la resistencia que el muelle (D1) ofrece a la apertura de esta válvula (2); cuando ésta comienza a abrirse, el aire a presión penetra en la cavidad (C), estabilizándose la presión hasta un régimen de funcionamiento. Si la presión *alcanza* unos valores determinados, calibrados mediante el tornillo (H), entonces la presión en (C) es capaz de vencer la fuerza del muelle (D2), permitiendo el paso del aire a presión a la cavidad (I) desplazando el pistón, al vencer la resistencia que ofrece el muelle (E), que tiene alojado en él hacia abajo, abriendo la válvula (3) por donde la presión de aire excesiva sale a la atmósfera a través de (C).

Mientras se evacua aire al exterior, la válvula (1) permanece cerrada, conservando la presión alcanzada de funcionamiento correcto en los sistemas, si se emplea esta presión, por ejemplo para frenar, y baja de un cierto rango calibrado, entonces ocurre lo contrario, la válvula (3) se vuelve a cerrar, ya que la presión en (I) no es capaz de vencer la resistencia del muelle (E), volviéndose a repetir el proceso anterior y obteniendo de nuevo la presión de aire requerida en los circuitos.

**Válvula protectora** (Anexo Pag 33) Tiene la misión de distribuir el volumen de servicio y asegurar entre sí los circuitos del sistema

Cuando los circuitos están intactos están todos unidos entre sí.

Cuando existe un circuito defectuoso y el motor está en marcha, se asegura la presión de apertura del circuito defectuoso: cuando el motor está parado, se asegura la presión de cierre.

**Acumulador de energía (Calderines)** Acumula el aire. Debe tener una capacidad suficiente para poder suministrar el aire a presión al sistema de frenado

**Manómetro** Es el elemento a través del cual el conductor controla la presión. Está situado en el tablero de mandos. Este manómetro lleva un testigo indicador de presión mínima y, en algunos vehículos, un avisador acústico que suena mientras la presión sea inferior a la mínima. Los manómetros pueden ser neumáticos o eléctricos. También se puede

montar un manómetro doble para el circuito de alimentación y otro para el de frenado de servicio. En este caso, una aguja marcará la presión del circuito de alimentación y la otra la del circuito de frenado.

**Válvula del freno de servicio** (Anexo Pag 34) Regula la presión de frenado con un escalonamiento de precisión

En función de la fuerza del pedal, se hace pasar aire comprimido de los circuitos del sistema al sistema de freno de servicio. En caso de fallar un circuito de freno, el otro mantiene su capacidad funcional.

**Cilindro de freno** (Anexo Pag 35) El cilindro de freno transforma la presión aplicada por medio de las válvulas del freno de servicio en una fuerza de vástago de émbolo. Para el sistema de freno auxiliar de estacionamiento, las fuerzas tensoras se generan mecánicamente por un resorte.

1-El aire comprimido aplicado por el freno de servicio actúa sobre la membrana; ésta acciona por transmisión mecánica el freno.

2-Al accionar el freno de estacionamiento, se hace salir el aire del empalme<sup>12</sup>. El resorte empuja el émbolo hacia delante, y el vástago de émbolo actúa sobre el accionamiento mecánico del freno de rueda.

**Válvula del freno de mano** (Anexo Pag 36) Cumple la misión de hacer salir aire de los acumuladores de fuerza elástica con un escalonamiento de precisión

**Válvula de relé** (Anexo Pag 37) Acelera los procesos de entrada y salida de aire

**Válvula de descarga.** (Anexo Pag 38) Tiene la misión de asegurar la presión entre dos circuitos de aire comprimido o consumidores unidos.

#### **Funcionamiento:**

Con presión de servicio, la válvula está completamente abierta. Si en uno de los dos empalmes baja la presión, tiene lugar una compensación de presión hasta el cierre de la válvula. Después, los dos circuitos de aire comprimido están separados. Cuando se produce una pérdida total de presión en el empalme 2, la presión en el empalme 1 baja temporalmente hasta la presión de cierre, pero luego, estando el motor en marcha, sube hasta la presión de apertura.

**Cilindro acumuladores de fuerza elástica** (Anexo Pag 39) Accionar los frenos

#### **2.2.2.-DISPOSITIVOS ADICIONALES**

## **Preparación del aire**

**Dispositivo anticongelante** (Anexo Pag 40) Este dispositivo se usa para inyectar líquido anticongelante en los circuitos para evitar la formación de hielo. La mezcla aconsejada es de un 25% de anticongelante y 75% de alcohol.

**Secador de aire** (Anexo Pag 41) Retira el agua contenida en el aire comprimido.

1. Estando el regulador de presión en la posición de conexión, el granulado absorbe la humedad del aire comprimido.
2. En la posición de desconexión, el granulado se regenera por el aire seco de retroceso.

**Válvula de evacuación de agua** (Anexo Pag 42) Tiene la misión de evacuar el agua condensada en los calderones.

En la posición de conexión del regulador de presión, el empalme 4 de la válvula de evacuación de agua está bajo presión, y el agua condensada es empujada del depósito de aire comprimido al espacio colector. Estando el regulador de presión en posición de desconexión, el agua condensada puede salir del espacio colector.

**Purificador de aire comprimido.** (Anexo Pag43) Purifica el aire del sistema y evacua el agua del mismo

### **2.2.3.-MANDO DEL REMOLQUE**

**Válvula de mando del remolque.** (Anexo Pag 44) Al accionar los frenos de servicio, auxiliar o de estacionamiento en el vehículo tractor, activa el sistema de freno de servicio del remolque con un escalonamiento de posición

**Abastecimiento de la cabeza de acoplamiento (Rojo)** (Anexo Pag 45) Abastece el sistema de freno de remolque de aire comprimido

**Mando de la cabeza de acoplamiento (amarillo)** (Anexo Pag 45) Activa el sistema de frenado del remolque

### **2.2.4.-REGULACION DE LA FUERZA DE FRENANDO**

**Regulador de la fuerza de frenado (ALB)** (Anexo Pag 46) Tiene la misión de regular la presión de frenado en función de la carga.

La palanca reguladora se une al cuerpo de eje por medio de un varillaje de regulación y un elemento de resorte. La relación de reducción se regula por medio de la posición de la palanca reguladora.

**Limitador de presión** (Anexo Pag 47) Su función como su propio nombre indica limitar la presión

**Válvula de presión proporcional** (Anexo Pag 48) Reduce o retiene la presión en distintos márgenes de frenado.

**Funcionamiento:**

Hasta una determinada presión de entrada, la válvula permanece cerrada. Por encima de aquélla, la válvula se abre y deja pasar una presión de frenado muy reducida. A medida que aumenta la presión de entrada, se va eliminando lentamente la reducción de presión, hasta producirse una armonización de presión.

## **CAPITULO III**

### **ASISTENCIA EN LOS FRENOS**

Cualquiera que sea el tipo de vehículo y el tipo de frenos, el mando de los mismos corresponde al hombre. Los esfuerzos y los desplazamientos que se tienen que llevar a cabo en la conducción, deben ser los mismos tanto en camiones pequeños como en un camión de gran tonelaje. Además para mejorar la seguridad es preciso evitar la fatiga del conductor, lo que implica lograr una disminución de los esfuerzos en los elementos de mando hasta obtener una sensibilidad de control en todo momento y, sobre todo en casos de urgencia.

#### **1.- SERVOFRENOS**

Parece comprobado, aunque este punto sea discutido, que la sensación de carrera del pedal, da al conductor un mejor control del vehículo. Por otro lado es interesante saber, que con el fin de mejorar las condiciones de estabilidad, se tiende también al empleo de frenos cada vez menos eficaces. Estas consideraciones dejan entrever el empleo generalizado de sistemas de servofrenado, a condición, naturalmente, que su concepción resulte suficientemente económica.

Estos dispositivos de asistencia necesitan una fuente de energía, pudiendo ser ésta procedente del exterior, como por ejemplo la energía cinética de los órganos en movimiento, la presión hidráulica o neumática, la depresión o la energía eléctrica.

#### **1.1.-SERVOFRENOS A DEPRESIÓN**

Salvo algunas excepciones, todos los vehículos de turismo dotados de servo-freno han recurrido a la depresión existente en la tubería de admisión del motor de gasolina. A pesar del inconveniente que supone la utilización de presiones débiles, que precisan de aparatos

voluminosos, esta solución presenta la enorme ventaja, de utilizar procedimientos de fabricación en gran serie, en donde los trabajos de mecanizado están reducidos al máximo; por otra parte si el fabricante prevé la adaptación de este sistema durante el proceso de proyecto del vehículo, existen aparatos cuyo precio de costo es relativamente bajo.

**1.1.1.-Servofreno Hydrovac** (Anexo Pag 49) Un aparato de principio clásico es el hydrovac, que presenta la ventaja de poderse montar en cualquier parte del vehículo ya que puede ser accionado hidráulicamente a distancia. La figura muestra una de las más modernas realizaciones de este aparato, que se compone de tres partes principales:

- cilindro de vacío (a);
- cilindro hidráulico,
- válvula de control (b).

**1.1.2.-Servofreno Mastervac**. (Anexo Pag 50) Cuando las condiciones de instalación lo permiten, es posible simplificar el servofreno y adaptar un aparato llamado Mastervac. Este dispositivo se encuentra intercalado entre el pedal y la bomba de frenos. Su utilidad en los vehículos industriales es reducida, aplicándose solamente a las furgonetas

**1.2.- SERVOFRENOS DE AIRE COMPRIMIDO** (Anexo Pag 51) El servofreno de aire comprimido es muy similar al que se emplea en los vagones de ferrocarriles y en los tranvías. La instalación comprende un compresor de émbolo a pistón, accionado por el motor, que comprime el aire en un depósito. Por accionamiento del pedal de frenos, el aire pasa desde el depósito , al servofreno en el que pone en funcionamiento un émbolo que activa , al desplazarse el sistema de frenado.

**1.3.- SERVOFRENO HIDRAULICOS** (Anexo Pag 52) Pertenecen a este tipo los circuitos hidráulicos asistidos mediante una fuente de energía hidráulica. Como característico de este grupo puede citarse el Hydro-master que consiste fundamentalmente en un cilindro maestro que somete a presión al líquido que debe desplazar a los cilindros receptores. El accionamiento del cilindro maestro se consigue mediante una fuente de energía hidráulica.

Con este sistema la presión de los frenos es independiente de la del circuito de accionamiento pudiendo incluso emplearse líquidos diferentes. Así mismo se tiene la posibilidad de accionamiento directo por el pedal en caso de avería en el circuito hidráulico.

## **2.- FRENADO CON ASISTENCIA ABS**

En el capítulo I hemos explicado el comportamiento de un vehículo cuando la adherencia del neumático al suelo se reduce. La manejabilidad direccional disminuye considerablemente a medida que las ruedas se van bloqueando y, además, la distancia de frenado aumenta; por eso, si queremos una frenada rápida del vehículo y que se pare en la distancia mínima, tendremos que dosificar la fuerza sobre los mecanismos de freno para conseguir un deslizamiento de un 20%. (Anexo Pag 53) Sería ingenuo pensar que un conductor, incluso bien entrenado, delante de una frenada de emergencia, tuviera las reacciones adecuadas que le permitieran dosificar las fuerzas de frenado según, lo expuesto.

### **FINALIDAD DEL SISTEMA**

Permite, durante un frenazo de emergencia obtener el mejor comportamiento entre:

- la maniobrabilidad direccional y la estabilidad del vehículo (fuerza de guiado),
- la distancia de parada.

### **COMPOSICIÓN DEL SISTEMA** (Anexo Pag54)

- Un grupo electro bomba que suministra presión hidráulica de asistencia.
- Un grupo de presión de frenado que regula la presión del líquido de frenos en los cilindros receptores.
- Un calculador electrónico que gobierna el grupo de presión de frenado.
- Un captador de velocidad y una corona dentada en cada rueda del vehículo (4 en total) que informan al calculador de la velocidad de cada una de las ruedas.
- Dos testigos luminosos de control en el cuadro de instrumentos que informan al conductor si el sistema es operativo o no.
- Una toma de diagnóstico.

## **2.1.- ALGUNOS TIPOS Y VARIANTES DE ABS**

**ABS BOSCH DE 1ª GENERACIÓN** (Anexo Pag 55) Éste fue el primer sistema de ABS montado en turismos. En la imagen observamos el grupo hidráulico. La UCE (Unidad de Control Electrónico), forma una unidad independiente que recibe información de la velocidad de giro de las ruedas, actuación sobre el freno y funcionamiento del motor térmico. Con estas informaciones, la UCE activa las electroválvulas, la bomba de retorno y el testigo de ABS cuando existe alguna avería en el sistema.

**ABS BOSCH 5.3/TCS** (Anexo Pag 56) Este modelo puede asumir todas las funciones del anterior, la diferencia principal radica en que la Unidad de Control Electrónico forma parte integral del grupo hidráulico. El conector de la UCE puede ser de 26 o de 31 vías en función del modelo de vehículo y del año de fabricación.

**ABS BOSCH CON ESP** (Anexo Pag 57)

### **MODELO CON BOMBA PREVIA**

Este sistema vuelve a tener la Unidad de Control Electrónico separada del grupo hidráulico, dispone de una bomba auxiliar para crear la presión previa necesaria para el funcionamiento del ESP y las electroválvulas correspondientes para el funcionamiento del ABS, EBV, EDS, TC y ESP.

**ABS TEVES MARK IV** (Anexo Pag 58) En este sistema desaparece la asistencia hidráulica. Ésta es realizada por un servofreno convencional. Puede ser de tres o cuatro canales dependiendo de si el vehículo dispone de frenado en Y o en X. Por tanto, el grupo hidráulico puede disponer de 6 u 8 electroválvulas. Siempre una de admisión y otra de escape para cada canal regulado. El sistema puede disponer de EDS (bloqueo electrónico del diferencial) y TC (control de tracción). La Unidad de Control Electrónico está separada del grupo hidráulico, y según las versiones puede ser de 55 o de 44 vías. Para vehículos pequeños, existen versiones reducidas de dos canales. Sólo disponen de sensores de giro en las ruedas delanteras y el hidrogropeo es de 4 electroválvulas. En el Mark IV GI, la UCE está adosada al hidrogropeo.

## **CAPITULO IV**

## **Freno permanente hidrodinámico**

En un freno permanente hidrodinámico se utiliza la energía de circulación de un líquido para frenar el vehículo.

La estructura corresponde en principio a un acoplamiento hidráulico. El estator (2) está unido de forma fija con la caja del retardador. El rotor (1) está unido con el motor o con la cadena cinemática.

**El principio hidrodinámico.** (Anexo Pag 59) Al accionar el freno permanente se lleva una determinada cantidad de aceite a la cámara de trabajo de forma relativamente rápida. El aceite es puesto en circulación por el movimiento de giro del rotor(1) y circula en un circuito cerrado de aceite (3) entre rotor (1) y estator (2).

La deceleración de la corriente de aceite en las cámaras del estator logra un frenado del rotor (1) y, de este modo, también un frenado del vehículo.

**Retardador secundario** (Anexo Pag 60)

### **Función**

El retardador es un potente freno permanente hidrodinámico con forma constructiva compacta para vehículos industriales de la serie pesada.

El accionamiento del retardador o la transmisión del momento de frenado se efectúa mediante un par de ruedas dentadas en el cambio. Mediante la desmultiplicación, el retardador en la forma constructiva más compacta (pequeñas partes de circuito) alcanza unos elevados momentos de frenado incluso en el margen inferior del régimen de revoluciones.

El momento de frenado del retardador también se conserva incluso cuando se acopla el cambio.

**Función de Activación** (Anexo Pag 61) Mediante el accionamiento del interruptor derecho de la columna de la dirección (S2), la unidad de control del retardador (A20) recibe una señal de entrada la cual es convertida en un mensaje CAN y enviada. En la unidad de control FMR(regulación del motor del vehículo) se calcula con éste y otros datos el valor de consigna del momento de frenado del retardador y se envía a través del bus de datos (2).

La unidad de control del retardador (A20) recibe a través del bus de datos (2) las señales «valor de consigna del momento del retardador» y «régimen de revoluciones de salida del cambio». Mediante un control por campo característico se calcula, a partir de estos valores, una corriente de válvula y se envía a la válvula proporcional (Y44).

Si la unidad de control del retardador (A20) se encuentra en modo AUTO, en función de la posición del interruptor derecho de la columna de la dirección (82) se envía directamente una corriente de válvula establecida a la válvula proporcional (Y44). De la válvula proporcional (Y44) se envía en función del tamaño de la corriente de control una presión de ajuste neumática hacia el colector de aceite del retardador (1).

**Función de generación de momento de frenado** (Anexo Pag62) En la válvula proporcional (Y44) existe aire comprimido que es tomado del depósito de aire para consumidores secundarios (1). En función de la corriente de válvula recibida, la válvula proporcional (Y44) establece la correspondiente presión de ajuste. Esta presiona en el depósito de aceite (8) sobre el colector de aceite por lo que una determinada cantidad de aceite es empujada a través de la válvula de retención de admisión (4) a la cámara de trabajo entre estator (6) y rotor (7).

Al mismo tiempo el aire que se encuentra en el circuito de trabajo al comienzo del proceso de frenado es expulsado por el aceite a través de la válvula de entrada y salida de aire (3). El rotor (7) arrastra el aceite, éste se apoya en el estator (6) y genera así un momento de frenado.

Si la presión en la cámara de trabajo es demasiado alta, para proteger el retardador se abre la válvula reguladora de presión (2) y disminuye la presión.

Por la presión de aceite en la cámara de trabajo llega una parte del aceite, á través de la válvula de retención de escape (5), al intercambiador de calor (9), allí es enfriada y directamente conducida de nuevo al circuito a través de canales de llenado.

### **Función de la limitación del momento de frenado**

#### **Causa de la limitación del momento de frenado**

Durante un frenado la energía de desaceleración se convierte en energía térmica.

A fin de impedir que se sobrepase la temperatura de aceite y agua máxima prefijada en la unidad de control del retardador y aprovechar al máximo la capacidad de refrigeración del vehículo, se reduce de forma correspondiente el momento de frenado del retardador para proteger el sistema de refrigeración del vehículo y el retardador. Se efectúa una limitación de la presión de ajuste.

Para ello, la unidad de control del retardador recibe de forma constante informaciones de las sondas térmicas sobre la temperatura del líquido refrigerante y aceite.

### **Activación de la limitación del momento de frenado <f>**

El momento de frenado del retardador es regulado hacia abajo cuando

- la temperatura del líquido refrigerante es demasiado alta,
- la temperatura del aceite del retardador es demasiado alta,
- la temperatura del aceite del retardador aumenta demasiado rápidamente.

La medida que se activa se transmite en el IES-CAN (bus de datos).

Cada medida es evaluada por sí misma y se determina un, así llamado, factor de adaptación. El factor máximo de todas las medidas determina la reducción.

### **Limitación del momento de frenado por la función de la temperatura del líquido refrigerante**

A través de una sonda térmica, la unidad de control del retardador recibe informaciones sobre la temperatura del líquido refrigerante.

Si en un frenado del retardador aumenta la temperatura del líquido refrigerante hasta el margen de limitación de temperatura, la corriente de mando hacia la válvula proporcional se regula hacia abajo de forma lineal.

Tiene lugar una limitación de la presión de ajuste y, de este modo, una limitación del momento de frenado del retardador. Si la temperatura del líquido refrigerante asciende por encima del margen de limitación de temperatura ya no se establece ningún momento de frenado más. El momento de frenado y el calor producido por él se reducen hasta que se produce un equilibrio entre la energía de frenado del retardador existente y el calor que se puede disipar a través del sistema de refrigeración del vehículo.

## **Limitación del momento de frenado por la función de la temperatura del aceite**

### **- Limitación del momento de frenado por una temperatura del aceite del retardador demasiado elevada**

Mediante una sonda térmica la unidad de control del retardador recibe informaciones sobre la temperatura de aceite del retardador. Si en un frenado del retardador la temperatura de aceite asciende hasta el margen de limitación de temperatura, se regula hacia abajo de forma lineal la corriente de mando hacia la válvula proporcional.

Tiene lugar una limitación de la presión de ajuste y, de este modo, una limitación del momento de frenado del retardador. Si la temperatura de aceite aumenta más allá del margen de limitación de temperatura, no se establece ningún momento de frenado más. El momento de frenado y el calor reducido de este modo se reduce hasta que se produce un equilibrio entre la energía de frenado del retardador existente y el calor que se puede disipar a través del sistema de refrigeración del vehículo.

### **- Limitación del momento de frenado por un gradiente de temperatura de aceite del retardador demasiado elevado**

La unidad de control del retardador regula hacia abajo el momento de frenado cuando se produce un aumento demasiado rápido en la temperatura del aceite del retardador, independientemente de la temperatura real del aceite del retardador. Si en un frenado del retardador aumenta el gradiente e temperatura del aceite del retardador hasta el margen de la limitación, se regula hacia abajo la corriente de mando hacia la válvula proporcional. Tiene lugar una limitación de la presión de ajuste y, de este modo, una limitación del momento de frenado del retardador. Si el gradiente de temperatura del aceite del retardador asciende por encima del margen de limitación, se ha alcanzado el factor de limitación máximo del 80%. esto significa que sólo hay disponible un 20% del momento de frenado.

**Interrupor derecho de la columna de la dirección** (Anexo Pag 63) A través del interruptor derecho de la columna de la dirección (S2) se activa de modo indirecto el retardador.

Mediante el accionamiento del interruptor derecho de la columna de la dirección (S2) se comunican informaciones sobre el nivel de frenado deseado a las unidades de control del retardador y FMR (regulación del motor del vehículo).

Adicionalmente con el interruptor derecho de la columna de la dirección (S2) se activa la función «velocidad constante».

**Válvula reguladora de presión** (Anexo Pag 64) Si la presión en la cámara de trabajo aumenta demasiado se abre la válvula reguladora de presión (1) y disminuye la presión a través del depósito de aceite (3).

La válvula reguladora de presión (1) se encuentra en el conducto de aceite que va desde la cámara de trabajo al depósito de aceite (3), en la parte inferior de la caja del retardador (2).

**Válvula retención de escape** (Anexo Pag 65) La presión del aceite en la cámara de trabajo abre la válvula de retención de escape (1) por lo que llega el aceite al intercambiador de calor, allí es enfriado y devuelto de nuevo al circuito de trabajo.

La válvula de retención de escape se encuentra en la caja del retardador (2), en el conducto de aceite que va desde la cámara de trabajo al intercambiador de calor.

**Estator** (Anexo Pag 66) El aceite que es puesto en movimiento por el rotor, circula en un circuito de circulación cerrado entre rotor y estator (1) y es desacelerado en las cámaras del estator. Esto logra el frenado del rotor y, de este modo, también el frenado del vehículo.

El estator (1) se encuentra en la caja del retardador y está unido de forma a ella.

**Rotor** (Anexo Pag 67) Por el movimiento de giro del motor (1) el aceite es puesto en movimiento y circula en un circuito cerrado entre rotor (1) y estator.

El rotor (1) se encuentra en la caja del retardador (2) delante del estator y está unido al árbol de accionamiento del retardador.

**Depósito de aceite** (Anexo Pag 68) Desde la válvula proporcional, en función del tamaño de la corriente de mando, se establece una presión neumática de ajuste en el depósito de aceite (1) hacia el colector de aceite.

Por la presión de ajuste en el colector de aceite, en función del estado de servicio (número de revoluciones del árbol de transmisión), se presiona una determinada cantidad de aceite a la cámara de trabajo entre rotor y estator.

Además, a través del depósito de aceite (1) es dirigido el aceite desde la cámara de trabajo al intercambiador de calor (2) y de vuelta.

**Intercambiador de calor** (Anexo Pag 69) En un frenado, la energía de desaceleración se transforma en energía térmica.

Para poder disipar el calor se bombea constantemente una cantidad parcial del aceite que se encuentra en el circuito de trabajo por parte del rotor a través del intercambiador de calor (1) y es dirigido directamente al circuito a través de los conductos de llenado.

En el intercambiador de calor (1), la energía térmica del aceite es cedida al líquido refrigerante del vehículo y es evacuada a través del sistema de refrigeración del vehículo.

**Sonda térmica de líquido refrigerante** (Anexo Pag 70) La sonda térmica del líquido refrigerante modifica su resistencia en función de la temperatura del líquido refrigerante y, de este modo, la corriente que procede de la unidad de control del retardador. La unidad de control del retardador puede asignar a cada intensidad de corriente una determinada temperatura, con el requisito de que el valor se encuentre en el margen admisible.

La sonda térmica del líquido refrigerante está diseñada como resistencia PTC (conductor frío). Esto significa que aumenta su resistencia con la temperatura. De este modo limita la corriente. La sonda térmica del líquido refrigerante está diseñada para un margen de temperatura de servicio entre  $-40\text{ °C}$  y  $+220\text{ °C}$  y para una presión de 30 bares (en el fluido).

La sonda térmica del líquido refrigerante está atornillada al tubo de salida del líquido refrigerante en el intercambiador de calor.

**Válvula proporcional** (Anexo Pag 71) En la válvula proporcional (Y44) existe aire comprimido que es tomado del depósito de aire comprimido para consumidores secundarios.

En función del tamaño de la corriente de válvula procedente de la unidad de control del retardador, la válvula proporcional (Y44) establece la correspondiente presión neumática de ajuste a través de la tapa del depósito de aceite hacia el depósito del mismo.

Al finalizar el proceso de frenado, la válvula proporcional (Y44) purga de aire la tubería de aire comprimido que va hacia el depósito de aceite del retardador.

**Unidad de control** (Anexo Pag 72) Las tareas de la unidad de control del retardador son

- el control y la supervisión de todo el servicio del retardador con evaluación electrónica de las señales del interruptor derecho de la columna de la dirección, sondas térmicas y bus de datos,
- la activación de la válvula proporcional,
- la limitación del momento de frenado en caso de temperatura excesiva del líquido refrigerante o del aceite del retardador o en caso de un funcionamiento incorrecto grave del retardador y
- la indicación y memorización de los funcionamientos incorrectos aparecidos.

**La unidad de control del retardador se desglosa en tres modos de servicio: 1. Servicio normal (modo CAN)**

La unidad de control del retardador recibe a través del IES-CAN (bus de datos) las señales «valor de consigna del momento del retardador» y número de revoluciones de salida del cambio». A través de un control por campo característico es calculada y activada una corriente de válvula a través de estos valores. Si el número de revoluciones del retardador es inferior a 10/min o superior a 5000/min ya no se activa ninguna corriente de válvula más.

**2. Servicio de retardador con redundancia (modo RED)**

Si no está disponible la señal «número de revoluciones de salida del cambio», la unidad de control del retardador no puede asignar más los valores e consigna del momento del retardador y cambia a modo RED. En tal caso, el número de revoluciones de salida del cambio es calculado a través de a velocidad del vehículo y un factor de desmultiplicación. La señal «velocidad del vehículo» se puede recibir a través del IES-CAN. El factor de desmultiplicación depende del vehículo (desmultiplicación del eje

trasero, diámetro de neumáticos) y es calculado y memorizado en el servicio CAN sin errores. Si aparece el caso de redundancia cuando la señal para el factor de desmultiplicación no existe o no se encuentra en el margen admisible, se cambia al servicio autónomo.

### **3 Servicio autónomo del retardador (Modo AUTO)**

Si no está disponible la señal «número de revoluciones de salida del cambio», la unidad de control del retardador cambia al modo AUTO. En el servicio autónomo del retardador se activan las corrientes establecidas, en función de la posición del interruptor derecho de la columna de la dirección.

La unidad de control del retardador se puede parametrizar de tal modo que ya con el encendido CONECTADO trabaja en modo autónomo de servicio, sin que existan las condiciones para la transición del modo CAN al modo de servicio autónomo (en el momento de la entrega por parte de VOITH el ajuste previo es CAN).

#### **Señal del ABS, Interruptor de marcha sin carga**

Si la unidad de control del retardador se encuentra en modo CAN o RED, no se evalúa el mensaje del ABS ni de marcha sin carga. La intervención sobre el retardador se efectúa de forma indirecta a través del mensaje CAN «valor de consigna del momento del retardador» de la unidad de control FMR (regulación del motor del vehículo).

En el modo AUTO la corriente de válvula hacia la válvula proporcional se anula inmediatamente cuando se recibe el mensaje CAN «ABS activo» o «interruptor de marcha sin carga no activo».

#### **Memorización de averías.**

Si la unidad de control del retardador detecta una avería, se ajusta el correspondiente código de avería y es memorizado, con excepción del código de averías «codificación defectuosa». Adicionalmente se memoriza la cantidad de las averías. Si se detectó una avería, permanece actual hasta la siguiente DESCONEXIÓN/CONEXIÓN del encendido incluso aunque entretanto una auto-corrección o reparación haya eliminado la avería. Si la avería no es actual se borra automáticamente al cabo de 125 horas de servicio, con el requisito de que no vuelva a aparecer. Comportamiento tras «encendido

CONECTADO» Después de la conexión el encendido no se activa ninguna corriente de válvula mientras

- se inicializa la unidad de control del retardador,
- el interruptor derecho de la columna de la dirección no se haya encontrado previamente en la posición O,
- el mensaje CAN «valor de consigna del momento del retardador» no haya aceptado previamente el valor O (no en modo AUTO),
- no se reciba el mensaje CAN «valor de consigna del momento del retardador» (no en modo AUTO).

#### Sonda térmica de aceite (Anexo Pag 73)

La sonda térmica del aceite modifica su resistencia en función de la temperatura de aceite del retardador y, de este modo, la corriente que procede de la unidad de control del retardador. La unidad de control del retardador puede asignar a cada intensidad de corriente una determinada temperatura, con el requisito de que el valor se encuentre en el margen admisible.

La sonda térmica del aceite está diseñada como resistencia PTC (conductor frío). Esto significa que aumenta su resistencia con la temperatura. De este modo limita la corriente. La sonda térmica del aceite está diseñada para un margen de temperatura de servicio entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $+220^{\circ}\text{C}$  y para una presión de 30 bares (en el fluido).

La sonda térmica del aceite (B66) está atornillada a la parte delantera del retardador debajo de la tapa superior del depósito de aceite.