



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan
Facultad de Ingeniería

**“PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL SISTEMA DE FRENOS
ANTI-BLOQUEO (ABS en Inglés) PARA VEHICULOS
COMERCIALES CON SISTEMAS DE FRENOS NEUMATICOS EN
NORTE AMERICA”**

TESIS

Para obtener el Título de:

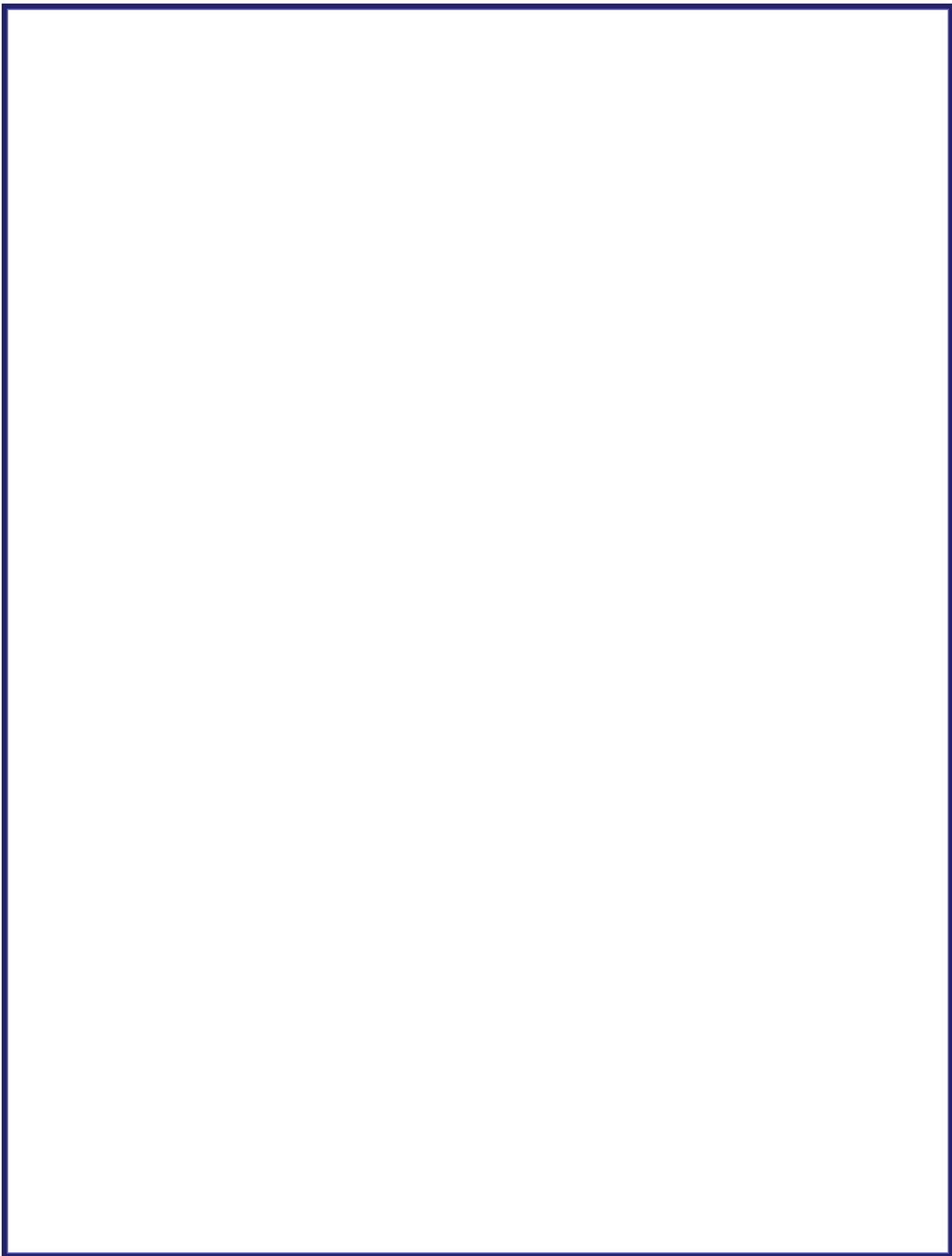
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta:

Víctor Hugo Gutiérrez Méndez

Asesor:

Dr. Enrique Curiel Reyna





RECONOCIMIENTOS

A mi esposa Lorena y a mi hija Constanza, que sin su amor, dedicación y motivación, no hubiese llegado hasta donde estoy ahora, ni hubiese logrado lo que hasta ahora soy como ser humano.

Sin ellas, simplemente mi mundo no existiría como tal.

Les agradezco con toda el alma por ser como son.

Las amo por sobre todas las cosas, las quiero mas que a la vida misma.

A mi Lola que también es parte de la familia.

¡Muchas Gracias mis amores!

XOXOXOXOXOXO

A mis padres Angel y Fidela, por darme la vida y encausarme en el camino del bien y del estudio, parte de lo que soy, se los debo a ustedes y sepan que todos sus sacrificios han valido pena.

¡Muchas Gracias, los quiero mucho!

A mis hermanos Miguel y Carlos, crecer junto a ellos me dio el carácter y la fuerza para salir adelante y sobresalir en cualquier circunstancia de la vida. Los quiero mucho.

¡Muchas Gracias!

A Sony, Beto, Arturo y Familia, por su apoyo, por su amor y dedicación. Y por acogerme como si fuera un miembro más de la familia, sepan que ustedes también son como la mía.

¡Muchas Gracias!

A Ivonne, Tu sabes bien lo que significas para mi y lo importante que eres en mi vida.

Flaca, Te quiero con toda el alma. Gracias por lo que hiciste por mi.

Y que Dios te cubra a ti, a tus hijos y a tu esposo de bendiciones.

¡ Cheerios ¡

A toda mi familia de sangre y política, estoy seguro que, de alguna forma, influyeron en mí para convertirme en lo que ahora soy.

¡A todos y cada uno, Muchas Gracias!

A mis maestros, a los cuales les debo mi preparación y mi educación. En especial, le agradezco su tiempo y atención al Maestro Enrique Reyna, al Maestro Víctor Hugo Hernández, a la Maestra Mayavel Saborío, al Maestro Pedro Guzmán y al Doctor Juan Antonio Montaraz.

¡Muchas Gracias a todos!

Y finalmente, pero no por ello menos importante, le doy a gracias a nuestro Dios Padre Todopoderoso, él me ha guiado, me ha dado su mano, su amor, su ternura y su misericordia. No existen suficientes palabras para agradecerle todo lo que me ha dado, bendito seas Señor

¡Muchas Gracias!



CONTENIDO

⊕	RECONOCIMIENTOS.....	i
⊕	CONTENIDO.....	ii
⊕	CAPITULO 1 "PANORAMA DE LOS VEHICULOS COMERCIALES".....	1
⊕	CAPITULO 2 "SISTEMA DE FRENOS NEUMATICO".....	11
⊕	CAPITULO 3 "HISTORIA DEL SISTEMA DE FRENOS ANTI-BLOQUEO (ABS)".....	29
⊕	CAPITULO 4 "SISTEMA DEL ABS DE HOY PARA TRACTORES Y CAMINONES".....	41
⊕	CAPITULO 5 "SISTEMA DEL ABS DE HOY PARA REMOLQUES".....	61
⊕	CAPITULO 6 "EVOLUCION Y FUTURO DE LOS SISTEMAS DE FRENOS".....	71
⊕	BIBLIOGRAFIA.....	85

U . N . A . M .

CAPITULO 1

PANORAMA GENERAL DE LOS VEHICULOS COMERCIALES

Los sistemas de frenos de los vehículos comerciales han evolucionado a través del tiempo debido principalmente a las necesidades de transporte que la sociedad creó. El ambiente de operación de dichos vehículos ha cambiado y sigue cambiando, por tanto las demandas que se han puesto en los sistemas de frenado, también han evolucionado. Las velocidades, aceleraciones, así como también las cargas se han incrementado dramáticamente y directamente afectan las demandas y expectativas que tienen los operadores y conductores con respecto a la confiabilidad y el comportamiento de los sistemas, en este caso, de control del vehículo. La exigencia en reducción de costos de operación han forzado también el rediseño de los sistemas de frenado; Como resultado, los sistemas de frenado de hoy, tienen que trabajar más eficientemente, durar mucho más y se espera requieran, muy poco o ningún mantenimiento.

Los vehículos comerciales de hoy en día, han evolucionado hacia medios de transporte altamente eficientes para transportar toda clase de productos y mercancías de un punto a otro. Este desarrollo ha sido impulsado por las necesidades cambiantes de la sociedad que día a día exige más cosas, más rápido y con calidad.

Conforme la sociedad progresa, también progresan las necesidades de transportar bienes y servicios de una locación a otra en el menor tiempo posible. La misma sociedad ha cubierto éstas necesidades en diferentes formas. A principios de la historia, las necesidades de transportación fueron cubiertas con lo que estaba a la mano; principalmente, el poder humano, el poder de los animales, el viento y el agua. Más recientemente, las innovaciones que ha hecho el hombre han resultado en la aplicación de la mecánica a éstas

necesidades de transportación. Este poder mecánico, ejemplificado por los motores de hoy que mueven los vehículos comerciales es, podemos decir, un desarrollo muy reciente en la historia de los seres humanos.

Existe una tendencia en aquellas personas envueltas en la industria automotriz de pensar que esto ha existido por "siempre". Aún cuando la historia de los vehículos comerciales se remonta hasta las carretas jaladas por animales, la historia de los vehículos impulsados por motores, tiene menos de cien años de haber empezado; relativamente hablando, es una historia muy pequeña.

Dicha historia de vida tan corta, ha visto cambios muy dramáticos en los camiones. Algunos de estos camiones de principios de la historia, no eran más que, vagones con un motor, un motor que era bastante primitivo. Uno de los primeros camiones producidos en serie, impulsado por un motor fue el llamado "Lastwagen" (Fig. 1), construido en 1896 por Daimler Motorrengeellschaft. El motor era de dos cilindros y lo llamaron "Phoenix".



Fig. 1

Hay que decir que, estos primeros vehículos no tenían comodidades de ningún tipo. La dirección asistida consistía básicamente de la fuerza en los brazos del conductor. En la Figura 1 se muestra que el sistema de freno del vehículo consistía en una larga palanca,

Operada por el conductor manualmente, ésta estaba conectada a un bloque de madera y al accionarla, hacía que el bloque rozara en contra de la rueda sólida del vehículo. Además de la función de frenado, el bloque también servía para limpiar de lodo y otros desechos que, por supuesto, no se habían contemplado en el diseño original de dicho sistema.

Examinando de cerca este primitivo diseño del sistema de frenos, nos damos cuenta que, "No existe nada nuevo bajo el sol". Así como hoy los ingenieros de diseño logran aumentar la capacidad de los frenos incrementando el material de rozamiento en las baladas para alargar la vida de éstas y fue así como también lo pensaron los diseñadores en 1896.

El primer camión comercial motorizado en los Estados Unidos de América se le acredita a la compañía llamada Winton Motor Vehicle de Cleveland, Ohio. En 1898, ellos introdujeron un vagón de 600 Kilogramos de capacidad impulsado por un motor de un cilindro. Más tarde, en ese mismo año, la compañía Duryea Motor Co. introdujo un vehículo de reparto con capacidad de 340 Kilogramos; impulsado por un motor de dos cilindros. La carrera por la potencia de los motores había comenzado.

El año 1898 también atestiguó la introducción del primer camión que jalaba un remolque hecho por la compañía Best Mfg. de California. Dieciséis años después August C. Fruehauf construyó el primer camión tractor-remolque, el cual fue vendido a la compañía maderera Sibley Lumber Co.



Fig. 2

El período entre 1898 y 1918, vio la fundación de muchas compañías pioneras en el campo de la Industria Automotriz comercial. Incluidas, por ejemplo, Autocar en 1899, Ford en 1900, Mack también en 1900, Heil en 1901, International en 1907, Gerlinger (precursor de Kenworth) en 1915, Fageol (precursor de Peterbilt) también en 1915 y Oshkosh en 1917.

Algunos de los nombres más famosos en la industria de proveedores de partes automotrices aparecieron en la historia desde entonces. Clarence Spicer patentó la junta universal en 1903. Firestone desarrolló el Rin desmontable en 1907 para ayudar a los dueños de camiones a cambiar las ruedas averiadas más rápido. Dayton Engineering Lab Co. (Hoy Delco) desarrolló la primera marcha eléctrica. En 1911 se introdujeron las primeras llantas neumáticas para camiones comerciales, la compañía que las introdujo era Uniroyal. Otra compañía, Timken-Detroit Axle Co. desarrolló un eje propulsor de anillo sin fin para camiones pesados, dicha compañía, fue la precursora de lo que hoy en día es ArvinMeritor Inc. , quienes continúan proveyendo ejes, frenos y trenes motrices para el mercado de vehículos comerciales en Norte América.

Como mencionamos anteriormente, las velocidades de los primeros camiones eran muy bajas, la capacidad de carga que tenían también era mínima y los caminos y carreteras por donde circulaban, no eran más que brechas de polvo que, en temporada de lluvias, se convertían en bancos de lodo. Con frecuencia los camiones se descomponían y existía poco o ningún acceso a partes de servicio o reparación; a pesar de todo esto, el potencial de los vehículos impulsados por un motor, fue tal, que las innovaciones continuaron desarrollándose día con día.

Las bajas velocidades y las cargas relativamente ligeras, limitaron las exigencias que se demandaban de los sistemas de frenos. Sin embargo, aún cuando dichas exigencias eran limitadas,

fueron suficientes para impulsar el desarrollo de estos y así la historia de los sistemas de frenos para los vehículos comerciales antiguos resultó en significativos adelantos.

Mientras la historia de los camiones comerciales es relativamente corta, el diseño y cambios en el comportamiento de los sistemas ha sido dramático. Así como las carreteras han mejorado increíblemente, las velocidades y capacidades de carga, han aumentado de la misma forma. Conforme la sociedad se va desarrollando, también sus demandas para mover bienes y mercancías de un lugar a otro más eficientemente y a un costo más bajo. Todas éstas influencias impulsaron cambios en el diseño de los vehículos y el comportamiento de sus sistemas de freno tuvo que evolucionar exponencialmente.

Los sistemas neumáticos de freno usados en la actualidad pueden adjudicarse en el pasado a George Westinghouse quién inventó los frenos neumáticos para su aplicación en el campo ferroviario y recibió una patente en 1869.

En 1913, la compañía Timken-Detroit Axle desarrolló el primer freno de expansión interna para vehículos comerciales, esto preparó el camino para el uso de aire presurizado en la aplicación de los frenos. Seis años después, la primera aplicación de frenos neumáticos para un camión fue introducida al mercado. En 1919, George Lane desarrolló el "Sistema Neumático de Frenos Lane" para camiones transportadores de madera en el Noroeste de los Estados Unidos.

Dicho sistema utilizó una válvula controlada manualmente para aplicar la presión de aire a una cámara de freno y un acumulador para proveer fuerza auxiliar. El acumulador estaba montado en uno de los lados del monobloque del motor y también estaba conectado a la cámara de combustión, de donde se extraía el aire comprimido. Solamente el eje trasero del vehículo estaba equipado con los frenos. El sistema "Lane"

fue adquirido por la compañía Westinghouse Air Brake Company en 1912. El acumulador resultó ser no muy satisfactorio debido a los desechos que arrojaba el motor, a los gases de combustión y otros contaminantes; esto llevo a iniciar el desarrollo del compresor de aire.

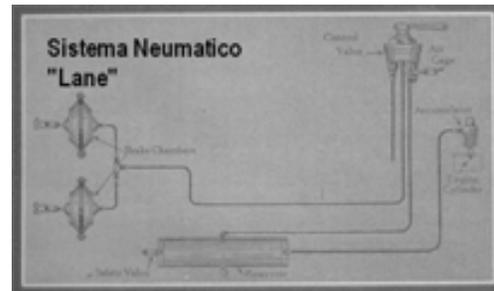


Fig. 3

El diseño inicial del compresor utilizaba rotores que eran impulsados por el engrane de tiempo del motor. Fue instalado en un vehículo comercial en 1922 por la compañía International Harvester Co. La lubricación del compresor se logró a través de sacar aceite de un tanque de reserva separado. El sistema no era de circuito cerrado y esto provocaba que, el conductor drenara periódicamente el aceite del tanque de reserva, separara el aceite y agregara nuevo aceite al sistema. El compresor dejaba de trabajar sí éste procedimiento no se seguía al pie de la letra. El diseño no progresó más allá de la etapa de prototipo.

Para 1924, Westinghouse Air Brake Company tenía un compresor recíproco y el acumulador ya no era requerido. La primera aplicación comercial del nuevo compresor fue hecha en un vehículo de la compañía International Harvester en Akron, Ohio; la orden inicial fue de 327 sistemas. El compresor era auto lubricado, pero requería de una fuente de aceite por separado. Como requerimiento de los operadores, un compresor lubricado por el sistema de lubricación del motor fue desarrollado y manufacturado a principios del año 1926. Los vehículos comerciales del modelo 1924 de la compañía

International Harvester Co. incluían un sistema de frenos neumático hecho por Westinghouse en las cuatro ruedas. El siguiente vehículo en usar frenos neumáticos fue el Fageol Safety Coach, originalmente construido en California. Este vehículo también usó frenos de metal contra metal fabricados por Westinghouse Air Brake Company. Los frenos de metal contra metal fueron desarrollados debido a que las balatas y tambores no eran adecuados para éste tipo de vehículos. Inicialmente las balatas de acero eran remachadas a la zapata. Esta evolucionó más tarde hacia una zapata forjada e integraba una superficie de rozamiento. Estas zapatas se desechaban una vez que se desgastaban. Los tambores que usaban dichas zapatas tenían un recubrimiento para rozamiento que se remachaba a ellos. Los tambores de acero forjado sin éste recubrimiento, fueron desarrollados más tarde.



Fig. 4

Los frenos de metal contra metal dejaron de ser usados a principios de los años 30's cuando los materiales de tambores, balatas y zapatas fueron desarrollados al punto que proporcionaban un servicio satisfactorio. El año 1925 vio la introducción de éstas mejoras al sistema, como por ejemplo, la válvula de control de freno operada con el pie; también, el mismo año vio válvulas reguladoras y un mejorado compresor recíprocar. En 1930 la compañía Bendix Corporation, la cual fue fundada por Vincent Bendix, adquirió el 51% de la propiedad de Westinghouse Air Brake Company. Grandes avances continuaron con la introducción de los compresores recíprocos

de dos y tres cilindros, así como también, la introducción del gobernador, la válvula relevadora R-1, la válvula relevadora de emergencia RE-1, los frenos neumáticos para remolques y la válvula de control manual que daba control independiente sobre los frenos del trailer. Las primeras regulaciones del Gobierno arribaron a escena en 1933, cuando un mandato en el estado norteamericano de Rhode Island ordenó que todos los vehículos comerciales con sistemas de frenos neumáticos debían de ser capaces de detenerse en una distancia no mayor a 15.50 metros, viajando a 32 Kilómetros por hora. Esta primera regulación también requería que los vehículos debían contar con una válvula manual de emergencia, independiente de la válvula de pie para accionar los frenos de "servicio". Esta legislación revolucionó los estándares en cuestiones de frenado de aquél tiempo. En 1938 Timken-Detroit Axle introdujo la serie "P" de frenos con leva, la cual utilizó el tipo de leva "S" para la activación de las zapatas. A través de todo éste tiempo, muchos adelantos se han hecho a éste tipo de sistemas de frenado, sin embargo, el concepto básico de los frenos de leva tipo "S" continúa hoy en día.

Las bases de los sistemas de frenos neumáticos de hoy fueron sentadas alrededor de 1940. La segunda guerra mundial aceleró el desarrollo de estos sistemas. En 1949, los sistemas de freno neumático eran estándar en todos los vehículos comerciales como tractores, remolque, autobuses y camiones de bomberos.

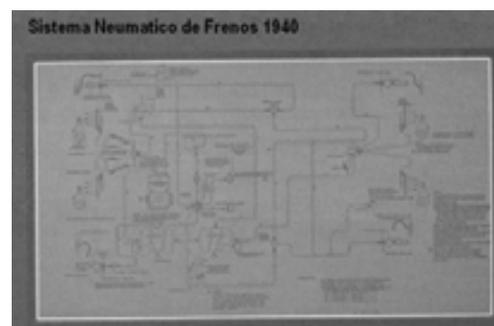


Fig. 5



Muchos cambios se han hecho con lo que respecta a los vehículos comerciales durante todos estos años, pero pocos han tenido un impacto tan significativo como la introducción en los Estados Unidos de "El estándar de Seguridad de los Vehículos Automotores 121", ahora conocida por toda la Industria como FMVSS 121. Esta regulación que se hizo efectiva en 1975, requería entre otras cosas: frenos duales, frenos en todos los ejes, frenos de emergencia y frenos anti-bloqueo, mejor conocido por sus siglas en Inglés *ABS*.

Ahora bien, ya hemos cubierto un poco de la historia de los vehículos comerciales, así como también un poco de la historia y evolución de los sistemas de freno utilizados para controlar dichos vehículos. Concretamente, hemos hablado del tema esencial de ésta tesis, que son los sistemas de freno neumáticos y que más tarde nos llevará a analizar y discutir el sistema *ABS*. Sin embargo, para avanzar más en este sentido, existe la necesidad de estudiar un poco los fundamentos físicos básicos de lo que significa el "Frenado".

FUNDAMENTOS BASICOS

Así como el motor es la "Potencia de Impulso" de un vehículo, el sistema de frenos es la principal "Potencia para detener o Controlar". Este sistema permite la operación segura de un vehículo comercial que transita por las carreteras compartiendo el espacio con otros vehículos. El sistema debe ser capaz de desacelerar y últimamente detener a estos pesados vehículos que viajan a velocidades altas, relativamente hablando. Lo anterior requiere que los frenos conviertan (en cuestión de segundos) toda la energía cinética que ha sido otorgada al vehículo en movimiento. El trabajo de los frenos puede ser aún más demandante que el del motor, ya que, toda esta energía debe ser canalizada en un período de tiempo muy pequeño. Por ejemplo, un camión totalmente cargado que tiene un motor de 290 caballos de fuerza, le puede tomar hasta un minuto acelerar a una velocidad de

95 Kilómetros / hora, el sistema de frenos debe ser capaz de detener ese mismo vehículo en un evento de frenado de emergencia en aproximadamente 5 segundos. Para detener un vehículo, cuyo peso es de 36,000 kilos de Peso Bruto Vehicular y que viaja a 95 Kilómetros/hora en 5 segundos, el sistema de frenos debe absorber la energía equivalente a 3,500 caballos de fuerza; más de 12 veces el poder del motor que usamos en el ejemplo anterior. Ahora bien, en éste caso hablamos de una "parada" de emergencia y aún cuando el sistema de frenos debe ser capaz de absorber toda esa energía, los frenos no se diseñan para que éste tipo de situaciones ocurran con frecuencia. El promedio de potencia de un sistema de frenos típico de uno de estos vehículos es aproximadamente del orden de 120-200 caballos de fuerza.

El sistema de frenos de los vehículos comerciales de hoy logra dicha tarea de absorción de energía, a través de convertir energía cinética en calor. El calor es almacenado o disipado a la atmósfera y así es como el conductor controla el vehículo. Existen también elementos auxiliares, tales como frenos de escape, frenos de motor y retardadores que a veces son usados para ayudar a desacelerar un vehículo. Pero, el actor principal en el control y detención de éste, seguirá siendo el sistema de frenos en las ruedas.

En principio, el sistema de frenos usado en vehículos comerciales es muy simple. Cuando los frenos en un camión son aplicados, se genera una fuerza en la rueda que desacelera el vehículo. Esto se lleva a cabo, cada vez que el conductor aplica los frenos. Cuando el conductor imprime fuerza y movimiento al pedal del freno, presión de aire desde un tanque presurizado es entregada a través de una serie de válvulas y tuberías, a la cámara del freno, localizada en cada una de las ruedas. En el caso de los frenos tipo "cam", esta cámara aplica una fuerza, que es proporcional a la presión de aire, al ajustador de freno; esto hace que la varilla con la leva gire y así transmite la

fuerza a la zapata, la cual roza contra el tambor. Las fuerzas que se desarrollan por la fricción en la rueda generan un torque retardador. Este torque retardador es proporcional a la fuerza que el conductor del vehículo esta demandando. Estos fundamentos básicos del sistema de frenos se pueden desglosar en una combinación de presión de aire, fuerzas, área de frenado, palancas y fricción. Todos estos factores se pueden representar con las leyes básicas de física, particularmente las de Mecánica y de movimiento.

Todos los frenos de rueda utilizados en la actualidad tienen, básicamente, elementos mecánicos que usan la fricción como retardante del movimiento. Una fuerza de fricción es desarrollada entre el elemento rotante (Tambor o Rotor) y el elemento "estacionario" (Zapata o Balata) que esta anclado fijamente a la parte no rotante del eje. La fricción genera calor; el calor es transferido al tambor o rotor, él cual en turno, lo disipa hacia la atmósfera. Por esto, uno de los conceptos fundamentales del frenado es el entendimiento de las leyes físicas de la fricción.

La fricción es la resistencia al movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto. La cantidad de fricción desarrollada es una función de la fuerza normal (perpendicular a la dirección del movimiento) que se aplica a estos cuerpos.

La fuerza friccionante máxima es la cantidad que se requiere para mover un cuerpo mientras permanece en contacto con el otro. Esta fuerza esta expresada con relación al peso del cuerpo en movimiento a través de la ecuación:

$$F = \mu N$$

Donde F es la fuerza de fricción, μ (mu) es el coeficiente de fricción entre los dos cuerpos y N es la componente del peso del cuerpo que actúa perpendicular a la dirección del movimiento o movimiento potencial.

Lo anterior no es tan simple como se puede pensar. El valor del coeficiente de fricción varía dependiendo de los materiales en contacto, la condición de los materiales y la velocidad o falta de velocidad entre los cuerpos. Por esto, es necesario conocer el coeficiente de fricción de los materiales que están en contacto, la velocidad y la temperatura. Los cuatro materiales más importantes con que se construye un sistema de frenos son, el material con que están hechas las zapatas o balatas, el material del tambor o rotor, el compuesto de las llantas y la superficie del camino o carretera por el que se esta circulando. Por supuesto que, el análisis de cada una de estas áreas es una especialización y cada una de éstas requiere de años de estudio.

La ecuación $F = \mu N$ es una de las ecuaciones clave en el estudio del frenado. Esta nos permite determinar la cantidad de torque que se desarrolla en el freno de la rueda. La fuerza friccionante desarrollada en la zapata o balata, es igual a multiplicar el coeficiente de fricción entre el material de la zapata o balata y el del tambor o rotor, por la carga normal aplicada a la zapata o balata. Siendo que el torque es la cantidad de fuerza que actúa al final de una palanca ($T=Fd$), el torque generado por cada zapata es una función directa de la fuerza friccionante, multiplicada por el radio interno del tambor.



Fig. 6

El calor siempre va a estar presente en donde se genere fricción. Este proceso de generación de calor que resulta de la fricción que ocurre entre el material de la zapata y la superficie del tambor, es el que permite desacelerar o deter un vehículo.

Como antes dijimos, dicho calor debe ser almacenado o disipado a la atmósfera. En realidad, ocurre una combinación de ambas cosas. Esta es la razón de que, un buen flujo de aire sobre el tambor o rotor es esencial para asegurar la disipación del calor, ello también con el objeto de mantener la temperatura del tambor o rotor en niveles aceptables.

Para tener una mejor visión de la cantidad de calor que se involucra en detener un vehículo, consideremos el camión de 36,000 kilos y que hace una parada de emergencia desde 95 Kilómetros/hora. El total de la Energía Cinética que debe ser convertida a calor esta determinada por:

$$KE = \frac{1}{2} M V^2$$

$$KE = \frac{1}{2} (W/g) V^2$$

$$KE = \frac{1}{2} (36,000/9.81)(26.38)^2$$

$$KE = 13,042,790 \text{ Kg-metro}$$

Donde M es la masa del vehículo en kilos, V es la velocidad en metros por segundo. Esta cantidad de calor resultante equivale a 20% más del calor que genera un calentador doméstico en todo un invierno.

La ecuación $F = \mu N$ es también la relación que define la condición limitante para detener un vehículo. Una vez que la fuerza friccionante entre la llanta y la superficie de la carretera se ha excedido, no importa cuanto torque de frenado adicional se agregue al sistema de freno. Por consiguiente, las llantas y las características de la carretera o camino son críticas a la hora de detener un vehículo en movimiento.

Para vehículos con llantas neumáticas, el límite físico de éstas con respecto a su tracción esta directamente ligado al "patinamiento o deslizamiento". Como mencionamos anteriormente, cuando torque de frenado es aplicado a la rueda, una fuerza retardadora se genera entre la llanta y la superficie de la carretera. Conforme el torque se va incrementando, algo de "patinamiento" ocurrirá entre la rueda y la carretera. Entre más se incremente el torque, el "patinamiento" también aumentará

hasta que la rueda se detenga por completo y simplemente se empiece a deslizar sobre el camino. Esta condición la conocemos como bloqueo de rueda o patinamiento de rueda. Dicho patinamiento entre la llanta y la superficie del camino ocurre cuando la velocidad rotacional de la llanta es menor que la velocidad longitudinal del vehículo. Un patinamiento relativo entre la llanta y la carretera ocurre cuando los frenos desarrollan torque de retardación o de frenado. Este patinamiento es expresado en términos de porcentaje, donde una rueda que rota libremente tiene cero por ciento de patinamiento o bloqueo, mientras que la llanta que esta bloqueada totalmente tiene un 100% de deslizamiento.

La relación entre el porcentaje de deslizamiento de rueda y la fuerza retardadora generada ha sido medida en diferentes condiciones físicas. Lo anterior arroja como resultado las curvas del coeficiente de fricción μ en la Figura 7.

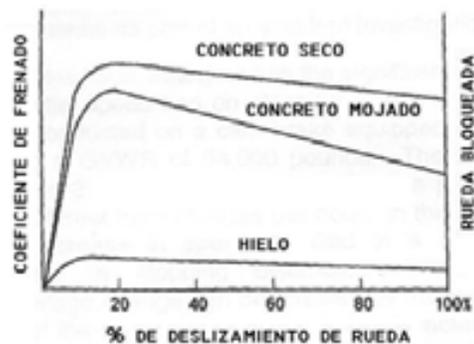


Fig. 7

El coeficiente de frenado (mostrado en el eje de la x de la figura 7) es la relación entre la fuerza de frenado y la carga vertical en la rueda.

Las curvas de μ definen la cantidad de fuerza de frenado que se puede desarrollar bajo diferentes condiciones de operación. Una rueda que gira libremente (0% de deslizamiento) no genera ninguna fuerza de frenado, mientras que una rueda bloqueada (100% de deslizamiento) genera una fuerza

directamente proporcional a la fricción de deslizamiento.

El coeficiente de frenado se incrementa rápidamente por encima del 0% y típicamente alcanza un valor máximo cuando el deslizamiento esta cerca del límite del 20%. Una excepción a ésta regla sería en caso de frenar en grava o arena profunda y suelta, donde la rueda que se desliza acumula una cantidad de arena o grava enfrente de ella; en éste caso en particular la máxima fuerza de retardación ocurriría en éstas ruedas que se deslizan. Excluyendo ésta última situación, la distancia más corta para detenerse, con un máximo de control de parte del conductor, se alcanzará en el rango de deslizamiento de entre 15 y 20%. Este es el rango donde el coeficiente de frenado esta en su máximo punto. Este factor es muy importante cuando se desarrolla un algoritmo para el sistema ABS, los diseñadores tratan de minimizar la distancia de frenado, a la vez que maximizan la estabilidad del vehículo.

La estabilidad de un vehículo es otra característica que se relaciona directamente a la fricción entre las llantas y la carretera. Mientras las llantas deben generar fuerzas longitudinales para acelerar y desacelerar el vehículo, también deben de generar las fuerzas laterales necesarias para poder operar el vehículo en una manera estable. Dichas fuerzas laterales son necesarias para que el vehículo responda a los cambios de dirección que el conductor dicta, así como también para contrarrestar otras fuerzas laterales como por ejemplo el viento.

Como las fuerzas de frenado, las fuerzas laterales también dependen de la cantidad de deslizamiento de la rueda. Algo similar al coeficiente de frenado, el coeficiente lateral es la relación entre las fuerzas laterales y la carga en las ruedas o llantas.

El coeficiente lateral no alcanza su máximo en el mismo rango de deslizamiento que el coeficiente de frenado lo hace. Como lo muestra la figura 8, el coeficiente lateral

decrece significativamente cuando el deslizamiento de la rueda ocurre. Esto explica el porque, el control de la dirección se pierde cuando las ruedas frontales de un vehículo se bloquean. Esto también demuestra porque un vehículo tiende más a perder estabilidad cuando el conductor debe frenar severamente mientras va en una curva.

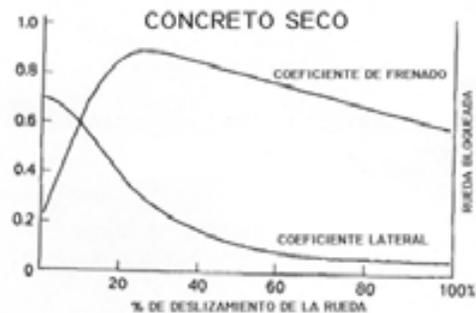


Fig. 8

Cuando el conductor aplica los frenos y pone a las ruedas en niveles de deslizamiento ascendentes, las fuerzas laterales en cada rueda se reducen, incrementando la tendencia del vehículo a desviarse de la dirección pensada por el conductor. Otra vez, ésta es la simple aplicación de las leyes física básicas del movimiento.

La carga o el peso en las ruedas también afectan la cantidad de deslizamiento que ocurre en éstas. El peso puede por consiguiente, afectar significativamente el tamaño de la fuerza de frenado que se generará en cada rueda del vehículo. Por ejemplo, cuando un vehículo da vuelta en una esquina, el peso se va transfiriendo de las ruedas internas de la curva hacia aquéllas en el lado externo de vehículo. Las ruedas internas entonces, serán más ligeras; en una maniobra severa de frenado, éstas llantas tendrán una mayor tendencia a bloquearse que aquéllas en el lado externo.

Además, una carga o peso mal distribuido en los vehículos, especialmente en los comerciales, resultará en cargas desiguales entre eje y eje o entre lado izquierdo y lado

derecho del vehículo. Si la diferencia es significativa, bloqueo de las ruedas y deslizamiento puede ocurrir más frecuentemente que en las mismas situaciones con cargas distribuidas correctamente. Este comportamiento debe ser considerado nuevamente cuando se diseña un algoritmo para el sistema ABS. El impacto de éstas diferencias de carga o peso, puede ser un factor determinante en la operación del vehículo cuando éste se encuentre en una situación donde las carreteras tengan diferentes coeficientes de deslizamiento, por ejemplo, una llanta en concreto seco y la otra en concreto mojado o con hielo.



Fig. 9

Aunado a todo lo anterior, el impacto directo que tiene la carga del vehículo sobre cada rueda también impacta la cantidad de fuerza de frenado requerida. Esto se explica con las leyes básicas de física.

La cantidad de fuerza de frenado requerida para detener un vehículo es directamente proporcional a la masa del vehículo. La ley de Newton nos dice:

$$F = (\text{masa})(\text{aceleración})$$

Esta ley es el fundamento principal para la mayoría de los cálculos en cuanto a frenado se refiere. De dicha ecuación, se puede observar que, la fuerza para detener un vehículo es directamente proporcional a la carga que uno desea detener. El impacto de incrementar dicha carga puede verse como una función lineal, si consideramos la

Energía Cinética involucrada. Esto nos lleva a la siguiente ecuación:

$$KE = \frac{1}{2} (W/g)V^2$$

Donde como habíamos visto, KE es la energía cinética, W es el peso del vehículo, g es la constante de la gravedad y V es la velocidad del vehículo.

El sistema de frenos está diseñado para controlar a un vehículo cargado a su Peso Bruto Vehicular (GVWR en Inglés) Sobrecargar cualquier vehículo, incrementa la cantidad de Energía Cinética que hay que convertir en calor durante el frenado de éste. Dichas sobrecargas pueden resultar en el sobrecalentamiento de los frenos, así como también en la degradación del comportamiento y eficiencia de frenado del propio vehículo.

Ahora bien, el impacto de carga adicional es una relación lineal, la velocidad sin embargo, es todavía más significativa. La Energía Cinética se incrementa al cuadrado de la velocidad (V^2), como se observa en la ecuación de la Energía Cinética arriba mencionada.

Los primeros vehículos comerciales operaban a velocidades de entre 24 a 32 Kilómetros/hora. Los camiones de hoy en día operan en el rango de 88 a 96 Kilómetros / hora (algunos desarrollan velocidades de hasta 120 Kilómetros / hora, ya sea legal o ilegalmente) Los caballos de fuerza requeridos para detener un vehículo esta dada por la ecuación:

$$Hp = KE[\text{ft-lbs}]/(550 [\text{ft-lbs/s}])(\text{tiempo}[s])$$

Recordando el camión que usamos en los ejemplos anteriores, se requieren 2974 caballos de fuerza para detener este vehículo de 36,000 Kilos desde una velocidad de 120 Kilómetros / hora, en 8 segundos. Si la velocidad fuera 32 Kilómetros / hora, solo requeriría de 243 caballos de fuerza. Ciertamente los vehículos comerciales del pasado, no operaban cargas tan grandes, pero, éste

ejemplo muestra claramente las altas demandas que se imponen al sistema de frenos de un vehículo cuando se incrementa la velocidad.

El impacto de la velocidad en la distancia que toma detener un vehículo es muy significativo, porque es del orden de segundo grado. De las leyes básicas de movimiento, la distancia para detener un vehículo totalmente, puede representarse en forma simplificada por la siguiente ecuación:

$$S = V_1 T_D + V_1 T_R + (V_1^2)/2d$$

Donde S es la distancia de frenado, V_1 es la velocidad inicial del vehículo, T_D es el tiempo de reacción del conductor, T_R es el tiempo de reacción del sistema de frenos y d es la desaceleración promedio.

De esto podemos ver que, mientras el tiempo de reacción del conductor y el tiempo de reacción del sistema de frenos impactan la distancia de frenado en una forma lineal, el factor más significativo de esta función es la velocidad inicial al cuadrado. La ecuación de arriba usa una desaceleración promedio, pero en realidad la magnitud de la desaceleración varía durante el evento de frenado.



Fig. 10

Los cálculos con relación al comportamiento del sistema de frenos de un vehículo generalmente no consideran el tiempo de reacción del conductor, porque éste varía considerablemente de un operador a otro. Este tiempo de reacción del conductor es sin embargo, considerado cuando se hacen cálculos del comportamiento de los frenos en investigaciones de accidentes carreteros.

Datos de pruebas actuales muestran claramente el impacto tan significativo que tiene la velocidad de un vehículo en la distancia de frenado. Pruebas que se hicieron a un vehículo con frenos tipo "Cam" de 25,000 Kilogramos de peso, mostraron que requería de 102 metros para frenar desde una velocidad de 95 Kilómetros / hora; mientras que el mismo vehículo requería de 190 metros para frenar desde 120 Kilómetros / hora. En este caso particular, un incremento del 25% en la velocidad, arrojó como resultado un incremento de 87% en la distancia requerida para detenerlo. Muchos factores, puede decirse, influyen en estos resultados, sin embargo, todos estos datos son indicativos del efecto tan dramático que tiene la velocidad sobre el desempeño del sistema de frenos.



Fig. 11

Las ecuaciones básicas del desempeño del sistema de frenos de un vehículo pueden obtenerse utilizando los principios de Estática y Dinámica que se estudian en Ingeniería Mecánica. Diagramas de Cuerpo Libre de cualquier vehículo pueden analizarse, donde se muestre las diferentes cargas y fuerzas que actúan sobre el vehículo. De dichos diagramas, pueden también obtenerse las ecuaciones de transferencia de carga o peso. Finalmente, todo esto debe ser considerado cuando se diseñan las características del sistema completo de frenos.

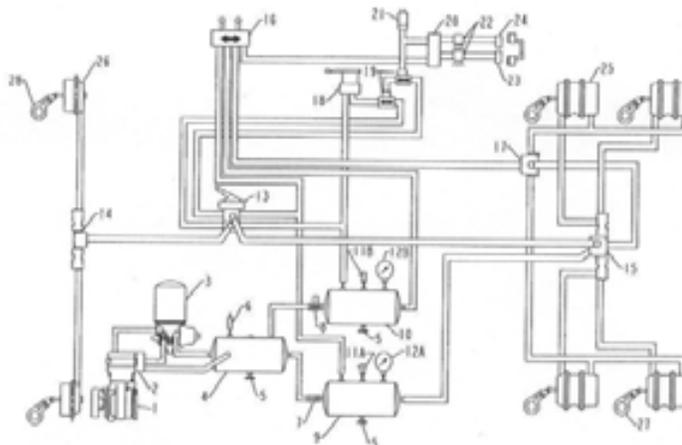
CAPITULO 2

SISTEMA DE FRENOS NEUMATICO

Detener un vehículo comercial a través de conversión de energía requiere una variedad de sub-sistemas, los cuales, colectivamente, se les llama "Sistema de Frenos". Estos subsistemas se pueden clasificar de la forma siguiente:

- Suministro de Aire
- Frenos de Servicio
- Freno de Estacionamiento
- Suministro para Frenos del Remolque
- Control de Estabilidad.

Este capítulo presenta el arreglo que tiene el sistema de frenos neumático típico de un vehículo comercial. El sub-sistema de control de estabilidad será discutido en otros capítulos dentro de ésta tesis. El arreglo típico de un vehículo que jala a un remolque (Tracto-Camión) se muestra en la Figura 12. Este sistema provee, la lógica neumática y el poder para controlar los frenos del vehículo apropiadamente.



- | | |
|---|--|
| 1 - COMPRESOR DE AIRE | 14 - CONJUNTO DE VALVULAS MODULADORAS EJE FRONTAL |
| 2 - GOBERNADOR | 15 - CONJUNTO DE VALVULAS MODULADORAS EJE TRASERO |
| 3 - SECADOR DE AIRE | 16 - VALVULA DE CONTROL DE FRENOS DE ESTACIONAMIENTO |
| 4 - TANQUE DE SUMINISTRO | 17 - VALVULA DE LIBERACION RAPIDA |
| 5 - VALVULAS PARA DRENE | 18 - VALVULA MANUAL DE LOS FRENOS DEL REMOLQUE |
| 6 - VALVULA LIBERADORA DE PRESION | 19 - VALVULA CHECK DOBLE |
| 7 - VALVULA CHECK SENCILLA | 20 - VALVULA DE PROTECCION DEL TRACTOR |
| 8 - VALVULA CHECK DE CONTROL DE PRESION | 21 - SWITCH DE LA LAMPARA DE FRENO |
| 9 - TANQUE PRIMARIO | 22 - VALVULAS DE LIBERACION RAPIDA EN LINEA |
| 10 - TANQUE SECUNDARIO | 23 - COPLE PARA SUMINISTRO DE AIRE |
| 11A- INDICADOR DE BAJA PRESION A | 24 - COPLE PARA FRENOS DE SERVICIO |
| 11B- INDICADOR DE BAJA PRESION B | 25 - CAMARA DEL FRENO (SERVICIO Y ESTACIONAMIENTO) |
| 12A- BAROMETRO DEL SISTEMA PRIMARIO | 26 - CAMARA DEL FRENO (SOLO SERVICIO) |
| 12B- BAROMETRO DEL SISTEMA SECUNDARIO | 27 - AJUSTADOR DE FRENOS AUTOMATICO (EJE TRASERO) |
| 13 - VALVULA DE PEDAL DE CIRCUITO DUAL | 28 - AJUSTADOR DE FRENOS AUTOMATICO (EJE FRONTAL) |

Fig. 12

Este laberinto de tuberías de aire, válvulas y demás componentes puede entenderse mejor si analizamos una sección a la vez. Las siguientes figuras y esquemas mantienen la misma numeración de la Figura 12 para una localización de componentes más sencilla.

SUMINISTRO DE AIRE

La porción de suministro de aire del sistema proporciona los elementos y también almacena el aire comprimido, que es el medio de control y de poder del sistema de frenos del vehículo. Aún cuando los componentes del sistema y el arreglo de estos, puede variar de vehículo a vehículo, el sub-sistema de suministro de aire es básicamente el mismo.

En la Figura 13 se muestra un esquema típico de la porción que suministra el aire al sistema, ésta sección esta en negrilla.

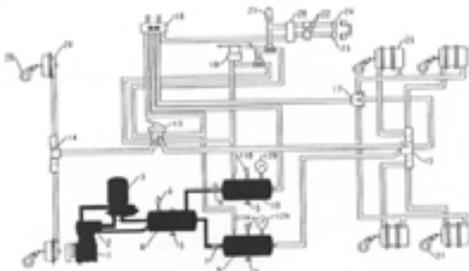


Fig. 13

El sub-sistema de suministro consiste de un compresor de aire [1], impulsado por el motor, que es la fuente del aire presurizado, un gobernador [2] para controlar el rango de presión en el que opera el sistema, un secador de aire [3] para extraer la humedad presente en el aire comprimido y los tanques de suministro y reserva, primario y secundario [4,9,10] para almacenar el aire comprimido hasta que éste, sea requerido y utilizado en un evento de frenado.

El tanque de reserva que se encuentra más cerca del compresor es el que llamamos típicamente tanque de suministro. Antes de que se usara el secador de aire, dicho

tanque era donde la mayoría de la humedad se condensaba después de la compresión; es por eso que también se conoce como tanque "húmedo". Dicho tanque se usa actualmente en la mayoría de los sistemas neumáticos y es la fuente de aire para tanto el tanque primario, como para el tanque secundario.



Fig. 14

La línea de tubería que controla al gobernador esta conectada al tanque de suministro o "húmedo". El gobernador señala al compresor cuando entregar aire (corte de carga) si la presión en dicho tanque es menor a las 100 libras/pulgada² y en consecuencia, cuando el sistema alcance la presión máxima, el gobernador indicará al compresor para detener la entrega de aire (corte de descarga)

Los switches de advertencia de baja presión [11A y 11B] están localizados en los tanques primario y secundario. Estos switches cumplen con el requerimiento de la FMVSS 121 que dicta, debe existir algún elemento que alerte al conductor, aparte del barómetro en el tablero, de que la presión de aire en los tanques de reserva esta por debajo de 60 libras/pulgada². Generalmente, el proveedor de dichos switches los diseña para que se activen en un rango de entre 61 y 63 libras/pulgada².

Una válvula de liberación de presión esta instalada en el tanque de suministro para proteger al sistema contra una sobre presurización de éste en caso de que algún tipo de falla suceda en el compresor y que éste continúe cargando el sistema por encima de la presión máxima establecida.

Esta válvula de liberación de presión esta diseñada para abrirse, sí la presión del sistema alcanza 150 +/- 5 lb/in².

Los tanques de reserva, proveen aire a los sistemas de freno de servicio, primario y secundario del vehículo. Cada uno de ellos esta equipado con una válvula check [7 y 8] a la entrada de aire de estos. Estas válvulas aíslan los tanques primario y secundario el uno del otro y protegen previniendo contra flujo y fuga de aire en caso de alguna falla en el sistema. Estos tanques de reserva están conectados a barómetros en el tablero de instrumentos [12A y 12B] para que el conductor tenga una indicación visual de la presión que existe en cada uno de estos tanques. Generalmente, se usa un barómetro con agujas duales, en vez de usar dos barómetros por separado.

Aun cuando la mayoría de los vehículos tienen un secador de aire, las regulaciones federales de EE.UU. requieren que cada tanque de reserva tenga una válvula manual de drenaje [5]. Sí el sistema solo tiene dos tanques y no tres, entonces la válvula de drenaje tendrá que ser automática.

SISTEMA DE SERVICIO PRIMARIO (TRASERO)

Desde los años 70's, todos los vehículos comerciales han requerido por regulación federal, ser equipados con sistemas de frenos de servicio duales o dobles. Un sistema dual de frenos esta diseñado para que en caso de que ocurra una falla en alguna parte del sistema, la otra porción permanezca intacta y capaz de proveer un nivel de frenado razonable.

El sistema de frenos primario o trasero se muestra en la Figura 15. Dicho sistema controla los frenos en el eje o ejes traseros de los vehículos. El sistema primario consiste en usar la parte superior de la válvula de pedal dual [13], el tanque de reserva primario para servicio [9] y el conjunto de válvulas moduladoras ABS [15] (El conjunto se compone de una válvula relevadora y dos válvulas moduladoras de

ABS) El aire que se entrega al circuito primario de aire en la válvula de pedal y el que se entrega a válvula relevadora en el conjunto de válvulas trasero, proviene del tanque de reserva primario.

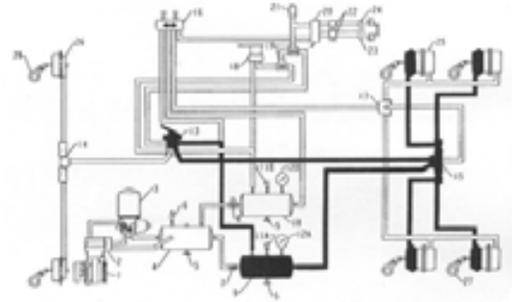


Fig. 15

La regulación FMVSS 121 requiere que el tanque de reserva primario este protegido contra cualquier falla entre éste y la fuente de aire presurizado. Lo anterior, típicamente se logra con la instalación de una válvula check [7] a la entrada del tanque.

La válvula relevadora que está en el eje trasero, recibe una señal de control desde el puerto de entrega de la válvula de pedal que actúa de acuerdo a las demandas del conductor. Esta válvula relevadora convierte la presión o señal de control en una presión de aplicación en la cámara del freno a través del pistón relevador y una válvula de alta capacidad de flujo que se encuentran dentro de ella misma. La válvula relevadora debe cumplir, de acuerdo a FMVSS 121, con el requerimiento de tiempo de incremento de presión en la cámara [25], el cual dicta que la presión debe subir de 0 a 60 libras/pulgada² en no más de 0.45 segundos y el requerimiento de tiempo de escape en la misma cámara, que es de bajar desde 95 a 5 libras/pulgada² en 0.55 segundos. La presión a la que la válvula relevadora empieza a abrirse se le conoce como presión de apertura y es un parámetro importante que se usa para el balance apropiado del sistema de frenos.

En el caso de un vehículo comercial equipado con frenos de leva tipo "S", el

ajustador automático [27] convierte la fuerza de la cámara de freno en torque de frenado para activar los frenos.

SISTEMA DE SERVICIO SECUNDARIO (FRONTAL)

El sistema de frenos de servicio secundario en un Tractor, se muestra en la Figura 16.

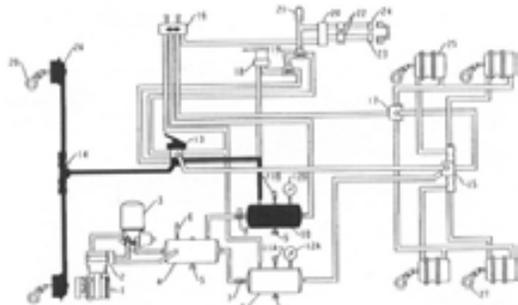


Fig. 16

El sistema secundario incluye la porción inferior de la válvula de pedal [13] y recibe su suministro de aire presurizado del tanque de reserva secundario. Durante la operación normal, cuando ambos circuitos primario y secundario están funcionando, el circuito secundario de la válvula de pedal dual es accionado con una señal de presión del circuito primario, similar a la señal que va a la válvula relevadora en el eje trasero. En el caso de falla en el circuito primario, el circuito secundario será mecánicamente accionado mientras el conductor aumenta la presión en el pedal del freno.

El aire entregado a las cámaras de freno frontales de éste sistema, proviene directamente de la válvula de pedal. La razón de lo anterior, es porque el volumen de aire necesario en las cámaras frontales es significativamente menor al de las cámaras traseras. Generalmente, las cámaras frontales son del tipo 16 (Tipo se refiere al área en pulgadas cuadradas del diafragma interno de la cámara), mientras que las cámaras en el eje trasero suelen ser, Tipo 24, Tipo 30 o Tipo 36. Además, el sistema trasero puede incluir ejes dobles o tandem, ejes flotantes, etc., lo cual significa,

que puede tener dos, cuatro o más cámaras de freno.

Típicamente, la entrega de aire a las cámaras del circuito secundario, es vía el conjunto de válvulas moduladoras de ABS [14] (Este conjunto frontal incluye, una válvula de escape rápido y dos válvulas moduladoras de ABS) localizado en el eje delantero. La válvula de escape rápido se usa para cumplir con el requerimiento de tiempo de liberación de la FMVSS 121.



Fig. 17

El circuito de frenos secundario es muy similar al circuito primario en lo que respecta al requerimiento de mostrar al conductor la presión con un barómetro [12B] y también debe tener una alerta [11B] para éste. De igual manera que el circuito primario, el tanque de reserva secundario debe de estar protegido contra una pérdida de presión de aire entre el tanque y la fuente de aire comprimido. Esto también se logra con una válvula check instalada en el puerto de entrada a dicho tanque.

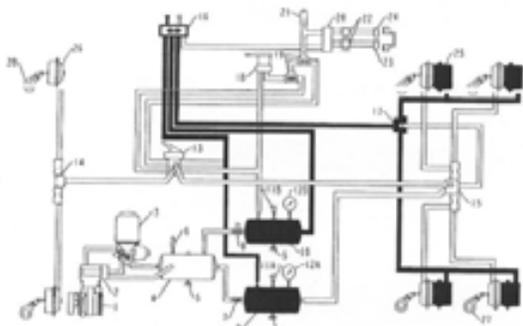
En conclusión, podemos observar como los componentes de ambos circuitos, primario y secundario, están arreglados para llevar a cabo dos funciones básicas. Una porción del sistema, provee la lógica para activar y desactivar los frenos. La otra porción otorga el poder para generar la fuerza mecánica que de hecho, aplica los frenos en cada una de las ruedas.

La función lógica del sistema se logra hoy en día, gracias a una serie de válvulas

neumáticas (válvula de pedal, válvulas relevadoras, válvulas check, válvulas moduladoras de ABS, etc.) que controlan el aire de los frenos en función proporcional a las demandas del conductor.

SISTEMA DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO

El sistema de freno de estacionamiento se muestra en la Fig. 18.



Esta función de los frenos trabaja usando actuadores de frenos de resorte en el eje trasero del vehículo. Dichos actuadores son generalmente, cámaras de diafragma duales [25]. La parte inferior de éstas cámaras duales, es similar a la cámara de freno de servicio, la cual activa los frenos como resultado de aire a presión que se entrega a ésta. La parte superior de la cámara dual contiene un resorte grande, el cual se mantiene comprimido con aire a presión. Cuando el aire que lo comprime es liberado, el resorte entonces, aplica fuerza mecánica al ajustador automático, activando así los frenos de estacionamiento. El aire presurizado para comprimir el resorte puede provenir de cualquiera de los tanques de reserva, primario [9] o secundario [10], a través de una válvula check doble que, usualmente es parte de la válvula de control de frenos de estacionamiento localizada en el tablero de instrumentos del camión.

Cuando el conductor jala la perilla de control del freno de estacionamiento, hace que el aire contenido en la cámara de freno se libere y así los frenos de estacionamiento se

aplican. Al mismo tiempo, ésta válvula de control, dará una señal a los frenos del remolque para que también los frenos de estacionamiento de éste, se activen. Como medida de seguridad, si la presión de aire del sistema cae por debajo de 30 lb/in², un resorte dentro de la válvula de control de freno de estacionamiento hará que el puerto de escape se abra, liberando la presión de aire y así, los frenos de estacionamiento, nuevamente, se accionan.

Debido a cambios recientes en la regulación FMVSS 121, así como también, en su interpretación, los camiones requieren un sub-sistema particular que los ayude a detenerse en el caso de una falla catastrófica en el circuito primario o trasero de los frenos. Esto significa que, el vehículo debe de tener los medios suficientes para detenerse con ayuda de los frenos de estacionamiento cuando no hay absolutamente nada de presión de aire disponible en el circuito primario. Lo anterior se consigue, con el uso de varias válvulas dentro del sistema, una válvula check doble, el circuito primario y secundario y el reemplazo de algunos elementos del sistema con una válvula especial llamada "Válvula de Inversión".

Esta válvula de "Inversión", recibe su suministro de aire desde la válvula de control del freno de estacionamiento. Un resorte interno en dicha válvula determina la presión para mantener comprimido el resorte en la cámara. El puerto de entrega de la válvula de inversión, generalmente, esta conectado a la válvula de escape rápido o a la válvula relevadora, a través de una válvula check doble. La válvula de Inversión recibe suministro de entrada de ambos circuitos. Cuando el sistema opera sin ninguna falla, ambos suministros se mantienen balanceados, con lo que no hay ningún cambio. Sin embargo, cuando existe una falla en el circuito primario, el suministro de presión proveniente del secundario provocará que el pistón en la válvula de inversión abra el puerto de escape de ésta y así causando que el aire de la cámara de freno de estacionamiento salga de ella,

activando los frenos de estacionamiento, pero de una forma controlada. La regulación FMVSS 121 requiere que, la aplicación de los frenos de estacionamiento sea proporcional a lo que el conductor este demandando vía la válvula de pedal. Esto es, que los frenos de resorte o estacionamiento no se apliquen en forma súbita, provocando la pérdida de control del vehículo.

SISTEMA DE PREVENCIÓN DE SOBREPRESIÓN

Esta función del sistema previene una sobrepresión en las cámaras de freno, cuando se oprime el pedal del freno mientras los frenos de estacionamiento están aplicados. Una válvula check doble se agrega a la válvula relevadora de los frenos de estacionamiento, luego una línea de suministro que viene de la válvula relevadora de los frenos de servicio se conecta a un extremo de la check doble y una línea que proviene de la válvula de control de los frenos de estacionamiento se conecta al otro extremo de ésta misma. Esto permite que presión de aire de los frenos de servicio entre a la cámara de frenos de estacionamiento y con esto reduciendo la fuerza del resorte, evitando así la sobrepresión en las cámaras del sistema de frenos.

SISTEMA DE SUMINISTRO AL REMOLQUE

La porción del sistema que suministra presión de aire al remolque se muestra en la Figura 19.

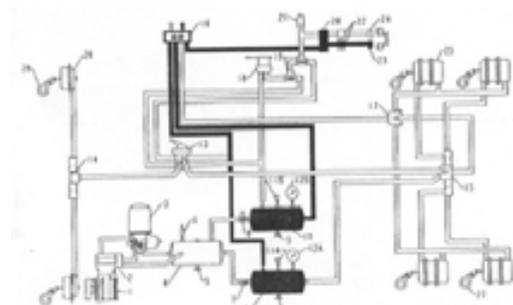


Fig. 19

Dicha porción esta compuesta de tres válvulas. La primera es una check doble, que se encuentra dentro de la válvula de control del freno de estacionamiento [16], ésta válvula recibe conexiones de los circuitos primario y secundario. Desde el puerto de entrega de ésta check doble, se entregará el aire al remolque. La válvula de suministro para el remolque esta también montada en el tablero de instrumentos. Dicha válvula usa una perilla octagonal que tiene la leyenda "Suministro del Remolque". Esta conectada a la válvula de control del freno de estacionamiento y también a la válvula de protección del tractor [20] La perilla se oprime y permanece así mientras la presión del sistema este por encima de las 50 lb/in². La válvula suministrará aire a las líneas que van al remolque vía la válvula de protección del tractor y los coples [23]

Sí ocurriera una falla en el sistema de frenos del remolque y la presión en el puerto de entrega de la válvula de suministro del remolque cayera rápidamente, la perilla octagonal se botaría cuando la presión llegara por debajo de las 40 lb/in². Esto prevendría que se siguiera suministrando aire al remolque y así el tractor retendría la presión del sistema.

SISTEMA DE CONTROL FRENOS DEL REMOLQUE

El sistema de control de frenos del remolque, se muestra en la Figura 20.

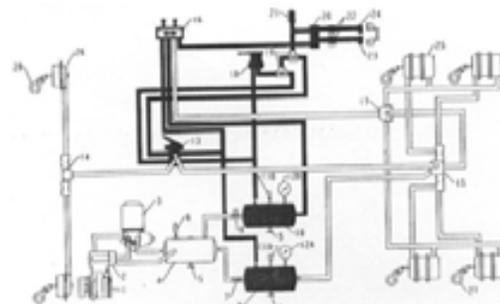


Fig. 20

Esta porción del sistema consiste de una válvula de control manual [18], dos válvulas check dobles [19], un switch de la lámpara de freno [21] y la válvula de protección del

tractor [20] La válvula de control manual (también llamada válvula de mano) es activada por la mano del conductor, dicha válvula da presión gradual de servicio a los frenos en el remolque a través de los coples [24] La válvula entregará la presión de aire a los frenos del remolque, proveniente ya sea del circuito primario o secundario, que sea más alta de las dos.



Fig. 21

COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMATICO

Una vez que estudiamos, analizamos y entendimos la lógica y funciones de los diferentes sub-sistemas y porciones del sistema de frenos neumático, es ahora necesario analizar y entender las funciones de cada uno de los componentes de dicho sistema.

COMPRESOR DE AIRE

Con frecuencia al compresor de aire se le llama "el corazón" del sistema de frenos neumático. Es ciertamente, la fuente del elemento de control y del medio de poder. Los compresores son accionados por el motor del vehículo, ya sea por un engrane directo (los más comúnmente usados) o por un arreglo de banda y polea. También, el compresor usa generalmente, los sistemas de lubricación y enfriamiento del motor, aunque existen compresores auto lubricados y auto enfriados.

Los camiones, tractores y autobuses de hoy, usualmente tienen compresores de uno o dos cilindros. Existen en el mercado compresores de tres y hasta cuatro cilindros

para vehículos con características especiales. Los compresores se clasifican de acuerdo a su capacidad de flujo en pies cúbicos por minuto (cfm) Por muchos años, la mayoría de los vehículos comerciales en Norteamérica han usado compresores de las siguientes tres capacidades o tamaños: 12-13 cfm, 15-16 cfm y 24-32 cfm.



Fig. 22

La anterior clasificación, es solo una forma simple de referencia para designar la capacidad de un compresor. Otra forma más exacta de clasificarlos es por su rango de compresión, que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Rango de Compresión} = (\text{área del pistón})(\text{carrera})(1,250 \text{ rpm})$$

Algunos de los fabricantes de compresores de aire en el mercado de Norteamérica son Allied Signal Bendix, Haldex Brake Systems, Meritor-WABCO y Cummins.

El compresor de aire puede ser naturalmente aspirado (obtiene el aire de entrada directamente de la atmósfera) o turbo cargado (obtiene el aire del lado presurizado del turbo cargador del motor) La mayoría de estos en Norteamérica son turbo cargados. La razón de esto último es porque de esta forma se reduce el paso de aceite a la cámara de compresión del

componente. Una consideración clave en el diseño y aplicación de un compresor, es la minimización de la cantidad de aceite que pasará del compresor al sistema de aire. Todos los compresores sin excepción construidos para los vehículos comerciales permiten el paso de aceite al sistema, es por eso que, es importante que el diseñador considere y mantenga este paso de aceite en lo mínimo posible. Cualquier cantidad de aceite que pase el compresor, llegará a los componentes del sistema, siendo el primero, el secador de aire. Si la cantidad de aceite es excesiva, provocará acumulaciones en el secador, lo cual reducirá su efectividad para remover la humedad del aire del sistema. El aceite también puede acumularse en las válvulas del sistema, lo que puede provocar que, igualmente, se reduzca su efectividad o que completamente fallen.

GOBERNADOR

Los vehículos comerciales construidos en Norteamérica comúnmente usan un gobernador para controlar la entrega de aire desde el compresor hacia los tanques de reserva. En la Figura 23 se muestra un gobernador típico.



Fig. 23

El gobernador logra dicho control, detectando la presión en el primer tanque o tanque "húmedo". Este está diseñado para activar al compresor cuando la presión del sistema está por debajo del valor referido como "corte de entrega" (típicamente 100-105 lb/in²) El gobernador desactivará al compresor o lo pondrá en un modo de descanso cuando la presión del sistema

alcance el valor referido como "corte de descarga" (típicamente 120-130 lb/in²) El gobernador desactiva o descarga al compresor abriendo una válvula interna. Esto permite que presión del tanque de suministro se aplique en el puerto de descarga del compresor cuando la presión de corte o descarga se ha alcanzado. A su vez, el compresor se activará de nuevo cuando esta presión se libera.

El gobernador se instala en el vehículo, ya sea, atornillándolo al compresor directamente o montándolo remotamente y conectándolo a través de una línea de aire a la cabeza del compresor. En cualquier caso, se requiere de una línea que sense la presión en el tanque "húmedo". Este componente puede ser usado para activar otros sistemas como, el secador de aire, las válvulas de drenado automático, sistemas de lubricación, inyectores de alcohol, etc.

TANQUES DE RESERVA

La regulación federal FMVSS 121 especifica que los tanques de reserva de un camión, tractor o autobús, tienen que tener un volumen combinado de al menos doce veces el volumen total de todas las cámaras de freno a la máxima carrera. También requiere que los tanques sean capaces de resistir una presión de 500 libras/pulgada² por 10 minutos.

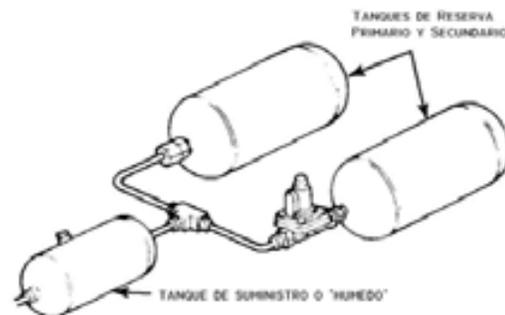


Fig. 24

La mayoría de los vehículos comerciales de hoy en día usan el arreglo de tres tanques mostrado en la Figura 24. El primer tanque

después del compresor o del secador de aire, como ya aprendimos, se le llama tanque de suministro o “húmedo”. A los otros dos tanques se les llaman tanques de servicio. Uno de ellos suministra el aire para el circuito primario y se le llama tanque primario, y el otro por supuesto, suministra aire al circuito de frenos secundario. Estos tanques están equipados con válvulas check a la entrada de ellos para prevenir que, en caso de fuga en uno de estos tanques, el otro no pierda presión de aire.

Una válvula de seguridad se instala en el tanque de suministro. Esta válvula da protección contra una sobrecarga en el sistema de frenos. También hemos mencionado que, estos tanques están equipados con válvulas manuales de drenaje.



Fig. 25

Aún cuando ya dijimos que, la mayoría de los vehículos usan un sistema de tres tanques, existen algunas excepciones que utilizan sistemas de solo dos tanques de reserva.

SECADOR DE AIRE

En el proceso de compresión de aire, el vapor de agua siempre está presente en el sistema; El aire comprimido que sale del compresor se calienta por este proceso de compresión del aire, como resultado, grandes cantidades de agua se retienen en dicho aire. Conforme el aire se va enfriando en el sistema de freno, éste pierde su capacidad de retención de humedad, lo cual provoca que agua en su forma líquida se condense. Esta humedad y otros contaminantes, como polvo, aceite y demás suciedad, son perjudiciales para el sistema

debido a que el agua se congela o los contaminantes se acumulan en los componentes, degradando así su eficacia y reduciendo su vida útil.

La mayoría de los vehículos comerciales actuales, usan algún tipo de secador de aire para remover la humedad y los contaminantes no deseados del aire comprimido. Esto se lograba anteriormente, permitiendo que la humedad se condensara en el primer tanque del sistema (de allí el nombre de tanque “húmedo”) Una válvula manual era usada constantemente para drenar ésta humedad. Sin embargo, frecuentemente el operador del vehículo olvidaba hacerlo y como consecuencia, la humedad pasaba al el sistema de frenos.



Fig. 26

La Figura 26 muestra un secador de desecante sencillo. Este es uno de los modelos de secadores más comunes. El secador con desecante, remueve el agua y otros contaminantes usando dos principios fundamentalmente, uno, condensa el vapor de agua en su base y dos absorbe las moléculas de agua una vez que entran al secador.

Cualquier enfriamiento que sufra el aire antes de entrar al secador, resultará en condensación de agua que se acumulará en la base del secador, ésta se expulsará cuando el secador purgue. El agua que este en forma de vapor y que entre al secador, será dirigida hacia el cartucho

deseccante. El material desecante tiene una gran capacidad de absorción. A través de este proceso de absorción, el material desecante atraparé las moléculas de agua removiéndolas del aire comprimido. Dichas moléculas de agua se mantendrán en el desecante, hasta que otro proceso se lleve a cabo. Este otro proceso, se le llama fase de regeneración y funciona tomando aire ya seco de uno de los tanques de reserva y llevándolo en contra flujo hacia el material desecante, atrapando las moléculas de agua que hay en él y expulsándolas del secador, a través del puerto de escape que se encuentra en la parte inferior de éste.

REGENERACION
DEL SECADOR

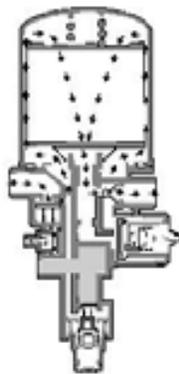


Fig. 27

Debido a que el material desecante solo puede absorber cierta cantidad de humedad del aire a presión, es necesario que éste proceso de regeneración se lleve a cabo periódicamente para que el secador trabaje adecuadamente. Si el secador pasa demasiado tiempo sin dicha regeneración, el material desecante se “saturará” y no podrá remover más moléculas de agua del sistema. Entonces el secador no hará su función y la humedad contenida en el aire pasará al sistema. Por esto, es muy importante seleccionar el secador adecuado para cada aplicación vehicular. En el mercado de hoy en día, existen básicamente dos tipos de secadores con material desecante. El primero es el llamado de cartucho sencillo, el cual lleva a cabo el

proceso en dos fases. Uno, secando cuando el compresor esta comprimiendo aire y dos, regenerando cuando el compresor esta en el período de descanso o descarga. El segundo tipo de secador es el de doble cartucho (Figura 28)



Fig. 28

Este tipo de secador esta diseñado para secar el aire presurizado a través de uno de los cartuchos, mientras al mismo tiempo, regenera el otro cartucho, lo cual resulta en un proceso de secado indefinido que no requiere de interrupciones.

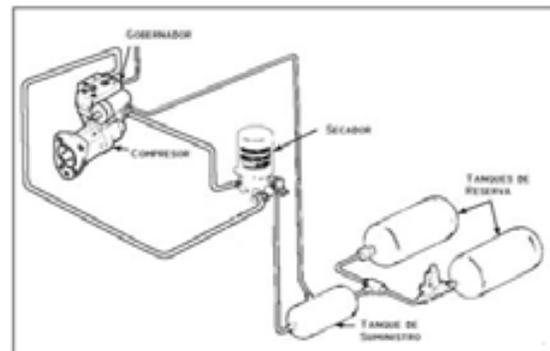


Fig. 29

El diagrama de la Figura 29 muestra el arreglo típico de los componentes del sistema de frenos que hasta este momento hemos descrito.

VALVULA DE PEDAL
DE CIRCUITO DOBLE

La válvula de pedal de circuito doble o dual (Figura 30) se encarga de convertir las demandas de frenado del conductor en

presión de aire proporcional a dichas demandas. Es de hecho, dos válvulas contenidas en un solo cuerpo, es decir que, utiliza circuitos separados de suministro y entrega para controlar los frenos de servicio primario y secundario. Al pisar el pedal del freno, una varilla se mueve dentro de la válvula, esto activa mecánicamente la porción superior de ésta válvula. La porción de la válvula más cercana al pedal controla el circuito primario de frenos, normalmente, los frenos traseros. Por consiguiente, la parte inferior de la válvula controlará el circuito de frenos secundario.



Fig. 30

En caso de una falla en el circuito primario de frenos, la válvula tiene un mecanismo dentro, que permite a la varilla llegar y activar la porción inferior de ella, dando así, control sobre los frenos del circuito secundario.

La respuesta que el conductor siente cuando oprime el pedal de freno para activarlos, es de hecho, el resultado de comprimir un resorte que se encuentra dentro del ensamble del cuerpo de la válvula. El pedal no detecta el valor de presión que actualmente esta entregando o que los frenos están recibiendo, ya que el pedal solo abre o cierra los circuitos, lo que permite activar el sistema de frenos.

La Figura 31 muestra un esquema de corte longitudinal de la válvula de pedal del circuito doble. En él se puede observar la

parte superior que pertenece al circuito primario y la parte inferior al secundario. La varilla empuja hacia abajo al ser oprimida por el conductor y puede llegar a alcanzar al circuito secundario.

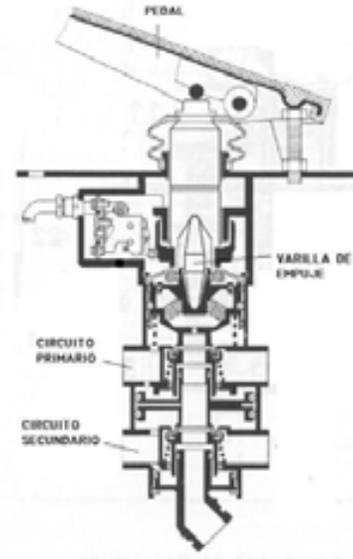


Fig. 31

Cabe mencionar que ésta válvula también activa al ser oprimida, el switch de la lámpara de freno; activando las luces de alto.

VALVULA RELEVADORA

La válvula relevadora opera como una válvula de control remoto; entrega y libera aire a las cámaras de freno en respuesta a una señal de aire que recibe de la válvula de pedal del freno o de algún otro componente. Su propósito es acelerar la aplicación y liberación de los frenos, particularmente en vehículos con distancias entre ejes muy largas.

Esta válvula esta contenida dentro del "conjunto de válvulas moduladoras ABS", sin embargo, explicaremos su funcionamiento en particular más adelante.

Cuando el conductor del vehículo oprime la válvula de pedal del freno, ésta manda una

señal de presión, la válvula relevadora la recibe en su puerto de control y mueve un pistón interno provocando que se entregue aire a presión proporcional a la señal de presión. La válvula relevadora aplicará, mantendrá o liberará la presión en las cámaras de freno, de acuerdo a las demandas del conductor.

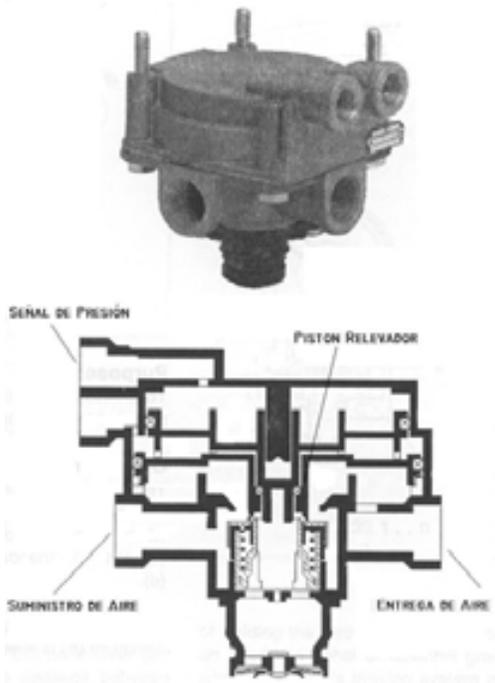


Fig. 32

La parte superior de la válvula tiene una pequeña cavidad que recibe la señal de presión de aire proveniente de la válvula del pedal del freno. Dicha válvula requiere de muy poca presión para mover el pistón relevador, esto reduce significativamente el tiempo de respuesta del sistema. Conforme el pistón se mueve hacia abajo, se sella el puerto de escape de la válvula. Al mismo tiempo, la porción de entrada se mueve, permitiendo el paso de aire de suministro, que viene del tanque de reserva y pasa hacia las cámaras de freno, aplicándolos.

Para liberar los frenos, el conductor deja de apretar ligera o completamente el pedal del freno, lo que libera la señal de presión en el punto más alto del pistón. La presión de

aire que se encuentra en la parte de abajo del pistón, hace que éste se mueva hacia arriba, abriendo el paso al puerto de escape, entonces la presión que se encuentra en las cámaras de freno tiene el paso libre y escapa a la atmósfera.

El aire que se aplica a las cámaras de freno no viaja toda la distancia desde la cabina hacia los frenos traseros, en vez de esto, el aire se entrega a las cámaras desde el tanque de reserva que se encuentra cerca de ellas, como ya dijimos, la válvula relevadora es accionada remotamente. Con todo lo anterior, los tiempos de aplicación y liberación se reducen dramáticamente.

También como lo estudiamos con anterioridad, la válvula relevadora se utiliza para la función de prevención de sobrepresión en los frenos, se incluye para ello, una válvula check de dos vías o doble.

CONJUNTO DE VALVULAS MODULADORAS ABS (TRASERO)

Actualmente los fabricantes de vehículos comerciales usan lo que llamamos el conjunto de válvulas moduladoras de ABS. El conjunto consiste, como ya vimos, en una válvula relevadora y dos válvulas moduladoras de ABS. En la Figura 33 mostramos un ejemplo de dicho paquete o conjunto.



Fig. 33

Más adelante en ésta tesis estudiaremos a detalle la estructura interna y función de operación de las válvulas moduladoras de ABS. Por ahora, solo mencionaremos, que en el caso del conjunto o paquete de válvulas, éstas están atornilladas a la

válvula relevadora, lo cual ahorra costos de ensamble de ella misma, así como también, simplifica su instalación en los vehículos. Requiere de menos tornillos para su montaje, requiere de menos mangueras o tuberías y una de las cosas más importantes, no requiere, prácticamente de ningún mantenimiento.



Fig. 34

Finalmente, el conjunto de válvulas también puede incluir una válvula extra llamada "Válvula de Control de Tracción", dicha válvula y su función, también serán analizadas más adelante.

VALVULA DE ESCAPE RAPIDO

Así como estudiamos la válvula relevadora, que esta incluida en el conjunto o paquete de válvulas del eje trasero, el paquete del eje frontal usa lo que conocemos como la válvula de escape rápido (Figura 35) Su función es la de acelerar el escape de aire de las cámaras de freno.

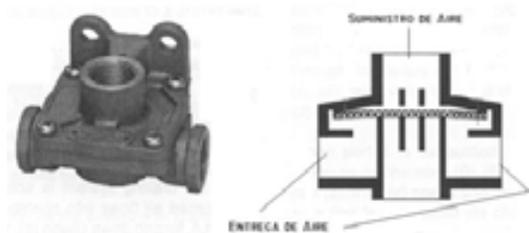


Fig. 35

Presión de aire entrará en la parte superior de la válvula cuando el conductor pisa el pedal del freno. Esto oprime un diafragma contenido dentro del cuerpo de la válvula y cierra el paso al puerto de escape (parte baja de la válvula) Al mismo tiempo, la

presión de aire que viene de la válvula de pedal del freno se entregará a las cámaras.

Cuando el operador libera los frenos, la presión en el diafragma cesa, entonces la presión contenida en las cámaras de freno mueve el diafragma hacia arriba, lo cual abre el puerto de escape y el aire es expulsado a la atmósfera.

Si esta válvula no existiera en el sistema, el aire contenido en la cámara de freno tendría que viajar toda la distancia hasta la válvula de pedal del freno, para ser liberada a la atmósfera; ocasionando, obviamente, el aumento en el tiempo de liberación.

CONJUNTO DE VALVULAS MODULADORAS ABS (FRONTAL)

Este componente es muy similar al conjunto para el eje trasero, la única diferencia radica en que, en lugar de tener una válvula relevadora en medio de las moduladoras, ésta tiene una válvula de escape rápido. En la Figura 36 se muestra dicho conjunto o paquete de válvulas.



Fig. 36

De igual manera que para el conjunto de válvulas del eje trasero, la función y operación de las válvulas moduladoras de ABS para el eje frontal es muy similar, en los capítulos que siguen analizaremos más a detalle dichos componentes.

VALVULA DE PROTECCION DEL TRACTOR

La función de la válvula de protección del tractor es precisamente, la de proteger al vehículo que jala un remolque de una falla en el sistema de éste último. La válvula es usada en forma normal para cerrar el aire de servicio y aire de suministro al trailer antes de que se desenganche el remolque del tractor.

La válvula se monta usualmente en la parte trasera de la cabina y es controlada por la válvula de perilla que se ubica en el tablero de instrumentos. La unidad contiene una válvula accionada por un resorte y un asiento para la válvula en el paso del aire de servicio. Esta válvula se cierra cuando ella censa que la presión de aire esta por debajo de 45 libras/pulgada² en el paso de aire de suministro. Cuando el aire es aplicado a ésta válvula para cargar aire al remolque, la válvula se abrirá pasando las 45 lb/in², permitiendo que la señal de aire viaje hacia el remolque cuando el conductor oprima el pedal del freno o accione la válvula manual de frenos del trailer.

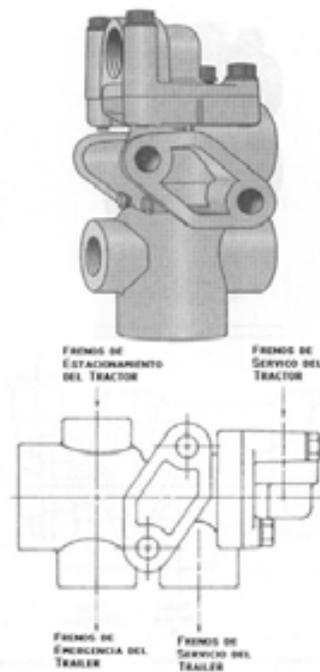


Fig. 37

La figura 37 muestra un esquema de la válvula de protección del tractor. En el caso de una fuga extrema de aire en la porción de suministro del sistema del remolque, el resorte cerrará el paso a la señal de aire, cortando así la comunicación con la línea de aire de servicio hacia el trailer. Al mismo tiempo la válvula de perilla en el tablero de instrumentos se botará, cerrando el paso al suministro de aire hacia la válvula de protección del tractor. Como resultado de todo esto, no se proporcionará aire de suministro ni de servicio al trailer y el tractor tendrá todo el aire disponible en el sistema para él mismo.

VALVULA MANUAL DE FRENOS DEL REMOLQUE

Esta válvula, como su nombre lo dice, es operada con la mano, provee control gradual de señal de aire de servicio para activar los frenos de servicio en el remolque o trailer. Cuando se acciona ésta válvula, los frenos en el trailer se aplican aún sin que el conductor oprima el pedal del freno. Su función primaria es la de ayudar a verificar que la conexión entre tractor y remolque esta perfectamente hecha. Esto es aplicar con la mano los frenos del remolque, para que al mover el tractor, la conexión en la quinta rueda asiente apropiadamente. Desgraciadamente, dicha válvula se usa frecuentemente para otras funciones, por ejemplo, hacer frenadas solamente con los frenos del trailer y así alargar la vida de las balatas del tractor. Esta práctica, por supuesto que no es recomendable, ya que puede provocar un sobrecalentamiento de los frenos del trailer y como consecuencia los frenos pueden fallar o el tambor se puede fracturar. Los frenos del remolque no fueron diseñados para manejar las cargas tan pesadas de estos vehículos. Dicha práctica puede causar problemas serios de operación y en consecuencia accidentes.

La válvula manual tiene un arreglo interno de leva rotativa. Cuando se gira la válvula en sentido de las manecillas del reloj la leva hace que el pistón baje, cuando el pistón baja, cierra el puerto de escape; además

abre el puerto de entrada, permitiendo que aire del tanque de reserva fluya hacia el puerto de entrega llegando a los frenos del trailer.

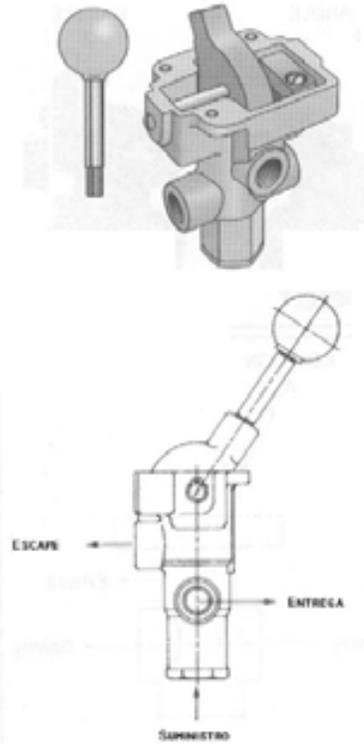


Fig. 38

La presión de aire entregada a los frenos del trailer sirve como una señal de servicio para dichos frenos, resultando en una aplicación proporcional en estos. La figura 38 muestra el diagrama de ésta válvula. Para liberar los frenos, la válvula se gira en contra de las manecillas del reloj, el pistón se mueve ahora hacia arriba cuando la leva lo permite; al moverse el pistón hacia arriba, se abre el puerto de escape y así permitiendo que la presión de aire salga hacia la atmósfera

VALVULA DE PERILLA PARA CONTROL DE FRENOS DE ESTACIONAMIENTO

Esta válvula, también llamada válvula de empujar-jalar, es usada en la cabina del vehículo para controlar los frenos de estacionamiento, el suministro de aire al

trailer y/o protección al tractor. La figura 39 muestra el esquema de ésta válvula.

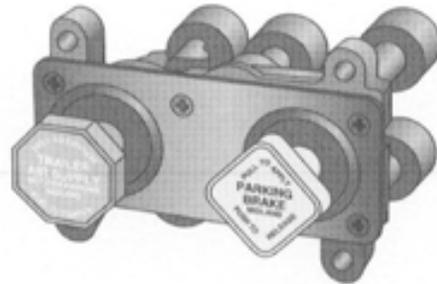


Fig. 39

Tiene dos perillas de control, una para el freno de estacionamiento (generalmente amarilla) y otra para suministrar aire al remolque (generalmente de color rojo) La válvula de perilla proporciona las siguientes funciones:

- Protección para el Tractor.
- Control del aire de Servicio para el Trailer
- Freno de estacionamiento
- Conexión para los tanques de reserva primario y secundario.

Cuando ambas perillas se empujan hacia adentro, presión de aire es suministrada al tanque de reserva ubicado en el trailer y también se presurizan las cámaras de freno de estacionamiento tanto en el tractor como en el remolque. Es ésta la posición normal cuando se esta operando el vehículo.



Fig. 40

Al jalar la perilla roja, los frenos de estacionamiento del trailer se aplicarán. Los frenos de estacionamiento tanto del tractor

como del remolque pueden aplicarse al mismo tiempo, si se jala la perilla amarilla. Esta acción libera el aire de las cámaras del tractor, al mismo tiempo que provoca que la perilla roja se bote, aplicando los frenos de estacionamiento en el trailer. Esta función es un requerimiento de la FMVSS 121.

El sistema debe de estar diseñado de tal forma que, los frenos de resorte o estacionamiento se apliquen automáticamente si la presión de suministro del tractor cae al rango de 20-45 lb/in². Si la presión cae, como ya dijimos y ambas perillas están oprimidas, la perilla roja o de suministro al trailer, se botará y los frenos de estacionamiento en el remolque se activarán.

VALVULA DE INVERSION

Tal y como mencionamos en párrafos anteriores, debido a algunos cambios en la regulación FMVSS 121, se requiere que, en caso de una falla catastrófica en el sistema primario de aire, el vehículo pueda ser controlado de forma gradual y no súbita, utilizando los frenos de estacionamiento. Para lograr lo anterior, se usa una válvula de inversión, la cual se muestra abajo en la figura 41.

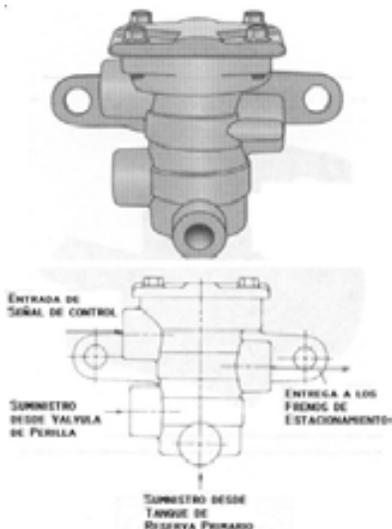


Fig. 41

La válvula de Inversión recibe su suministro de aire desde la válvula de control de freno de estacionamiento. También, recibe presión de aire de los circuitos primario y secundario. Cuando el sistema esta funcionando normalmente, éstas dos presiones del primario y secundario, se balancean entre sí por medio de un pistón de balance, cuando esto sucede, la válvula esta en equilibrio y no hay cambio alguno. Cuando ocurre una falla en el circuito primario de frenos, la presión de aire secundaria provocará que el pistón de balance se mueva, esto abrirá el puerto de escape y así liberará la presión en la cámara del freno de estacionamiento. Dicho movimiento del pistón de balance será en proporción a la demanda del conductor; esto quiere decir que la aplicación de los frenos de estacionamiento, será en forma gradual, dando control y estabilidad al vehículo aún con dicha falla catastrófica.



Fig. 42

SISTEMA DE FRENOS NEUMATICO DEL REMOLQUE

Siendo que, hemos descrito hasta ahora el arreglo típico de un sistema de frenos neumático para un vehículo que jala un remolque o trailer, entonces existe la necesidad de describir el sistema de frenos de dicho vehículo. El sistema de frenos del trailer debe de realizar las siguientes funciones:

- Aplicación de los frenos de servicio.
- Cumplir con los requerimientos de ABS de la FMVSS 121.

- Aplicación automática de los frenos de estacionamiento en caso de pérdida de presión.
- Capacidad para realizar múltiples aplicaciones y liberaciones de los frenos en caso de pérdida de presión en los tanques de reserva.

La figura 43 muestra un sistema típico de frenos neumáticos para remolque o trailer, así como sus componentes.

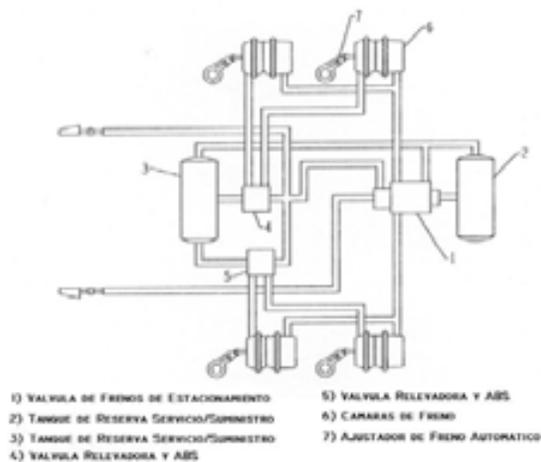


Fig. 43

Así como el sistema del Tractor, el sistema de frenos para el remolque se puede analizar como sub-sistemas de frenos.

SUB-SISTEMA DE FRENOS DE SERVICIO

En la figura 44 se muestra la porción de frenos de servicio para el remolque.

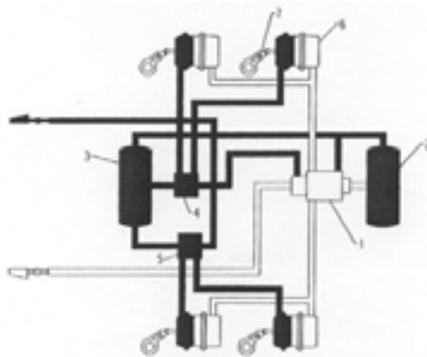


Fig. 44

Este sub-sistema de servicio utiliza dos conjuntos o módulos de válvulas relevadoras y de ABS [4,5] Las válvulas relevadoras reciben suministro de presión de los tanques de reserva [2,3] La señal de control que se le da a la válvula relevadora proviene de la una de las líneas conectadas al tractor. Dicha línea solo tiene aire a presión cuando el conductor oprime el pedal del freno, en dicho evento, la señal viaja desde el tractor, pasando por los coples que unen a los dos vehículos, hacia la parte superior de la válvula relevadora. Conforme ésta válvula se abre, presión de aire proporcional a la señal, es entregado a las cámaras, activando los frenos del trailer.

SUB-SISTEMA DE FRENOS DE ESTACIONAMIENTO

Este sub-sistema se encarga de controlar la carga de aire a los tanques de reserva, mantiene la presión en estos y mantiene presión de aire en la línea de suministro.

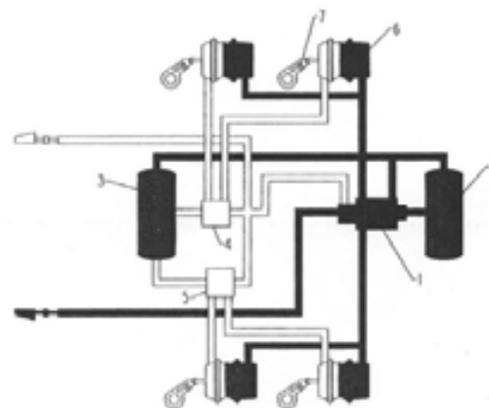


Fig. 45

La figura 45 muestra el sub-sistema para los frenos de estacionamiento, éste consiste en la válvula de control de dichos frenos [1], los tanques de reserva [2,3] y las cámaras de freno [6]

Los frenos de estacionamiento se activan, como ya hemos aprendido, liberando la presión de aire que se encuentra en las cámaras. Cuando el operador activa la válvula de perilla para el control de frenos de estacionamiento que se encuentra en el

tablero de instrumentos, la presión de aire en la línea de suministro al trailer es liberada. Esto entonces, da una señal a la válvula de control de frenos en el remolque, que a su vez, libera la presión en la parte del freno de estacionamiento de la cámara. Esto naturalmente, hace que el resorte contenido en ésta se descomprima y fuerza mecánica se aplica al ajustador automático para accionar los frenos.



Fig. 46

OTROS SISTEMAS QUE AFECTAN AL SISTEMA DE FRENOS NEUMÁTICO

Existen en los vehículos comerciales otros sistemas que influyen en el comportamiento de estos a la hora de un evento de frenado y que no se consideran, generalmente, como parte del sistema de frenos. Dentro de estos otros sistemas están el sistema de suspensión del vehículo y las llantas. El sistema de suspensión influye la transferencia de peso en el vehículo, así como también las características de estabilidad. Las llantas juegan un papel extremadamente importante en el control del vehículo, ya que, todo el torque que se desarrolla para frenar a éste, se transfiere a hacia las ruedas en contacto con la carretera. Sí los frenos tienen suficiente torque como para bloquear las ruedas, entonces las llantas se convierten en los componentes que determinan la mínima distancia de frenado posible.

Otros componentes suplementarios, como por ejemplo, frenos de motor, frenos de escape, frenos de flecha, etc. También afectan el comportamiento del vehículo a la hora de frenar



Fig. 47

Estos aparatos o componentes auxiliares reducen el trabajo que tiene que llevar a cabo el sistema de frenos; esto lo logran absorbiendo una porción de la energía cinética del vehículo durante el evento de frenado. Dichos aparatos son efectivos también para extender la vida útil de las balatas y zapatas, así como también prevenir fallas por sobrecalentamiento de los frenos.

CAPITULO 3

HISTORIA DEL SISTEMA DE FRENOS ANTI-BLOQUEO (ABS)

ETAPA TEMPRANA

El desarrollo de los sistemas de frenos anti-bloqueo (ABS por sus siglas en Inglés) empezó a mediados de los años 20's en Alemania, seguido de Francia e Inglaterra que empezaron a trabajar en estos sistemas a principios de los años 30's, de hecho, una de las primeras patentes que se otorgaron fue en Inglaterra en 1932 por un sistema para la "prevención del atascamiento de las ruedas cuando se frena"; Más tarde, en los Estados Unidos de América, la patente 2038144 fue otorgada en 1936 por un aparato para la "prevención del deslizamiento de rueda".



Fig. 48

Muy frecuentemente se creé que el sistema de frenos anti-bloqueo para vehículos comerciales se originó del sistema anti-bloqueo de los aviones, pero en realidad, la primera aplicación de éste sistema en un vehículo ocurrió alrededor de 1943 cuando la compañía Westinghouse Air Brake Company obtuvo una patente para la aplicación de dicho sistema en Trenes. Esta fue la primera aplicación del ABS que se produjo en masa.

La incorporación del sistema ABS a los aviones ocurrió en la parte final de la década de los años 40's y principios de los 50's, donde la motivación principal para implementar dicho sistema en los aviones no fue para mejorar el control y estabilidad de estos, más bien, se uso para minimizar el

daño que sufrían las llantas, conocido como "Puntos Planos" o "Flatspotting" en Inglés, cuando éstas se bloqueaban. Antes de la incorporación del sistema anti-bloqueo, los pilotos trataban de minimizar el bloqueo de las ruedas durante el aterrizaje modulando o bombeando los frenos de acuerdo a su experiencia, lo cual, daba una capacidad muy limitada, generalmente cuando el piloto empezaba a sentir que las ruedas estaban bloqueadas, era ya demasiado tarde, las llantas ya tenían los llamados puntos planos o manchas planas. Todavía más significativo, era el hecho de que las llantas al bloquearse, se sobrecalentaban, se incendiaban y podían explotar en cualquier momento. Ninguna de estas circunstancias ayudaba a controlar los aviones durante el aterrizaje, poco después, el desarrollo de aviones más pesados y más grandes hizo que la modulación de los frenos se volviera inefectiva.

La Westinghouse Air Brake Company fue también una de las primeras en manufacturar sistemas ABS para aviones, usando una versión modificada del sistema básico que se vendía a los trenes. Este era un mecanismo que utilizaba un volante de inercia para impedir el bloqueo de las ruedas. Fue comercializado con el nombre de "Decelostat". En ese mismo periodo, a mediados de los años 50's Goodyear Aircraft Corporation se incorporó a la competencia con un sistema electromecánico llamado "ABC".



Fig. 49

Goodyear Aircraft Corporation fue una de las primeras compañías en mostrar un sistema ABS para vehículos en EE.UU. en 1951, se trató de un sistema integrado al eje trasero de un camión y se basaba en usar un generador eléctrico para determinar la velocidad de las ruedas, también utilizaba una válvula solenoide de tres vías para cada una de las cámaras del freno. Aún cuando Goodyear demostró el potencial que tenían los sistemas ABS para vehículos comerciales, decidieron no seguir con el desarrollo de éste concepto más allá de dicha demostración.

Bendix Westinghouse empezó a trabajar en un sistema anti-bloqueo para vehículos pesados en 1957. Estos primeros sistemas trabajaban bien bajo ciertas condiciones y con ciertos parámetros establecidos del vehículo, pero su desempeño no era aceptable en todas las condiciones de operación en las que dichos vehículos trabajaban.

Otro sistema que fue modificado para usarse en vehículos con frenos neumáticos a principios de los años 50's fue el "Hytrol", diseñado para aviones; Era un sistema denominado rueda a rueda con un sensor montado en un volante de inercia que a su vez estaba instalado en el rotor de la rueda y cuando una desaceleración excesiva se presentaba, una señal activaba una válvula solenoide que restringía el paso de aire a presión y ventilaba la cámara de freno a la atmósfera. La compañía Kelsey Hayes adquirió los derechos de dicho sistema para vehículo terrestre y continuo con su desarrollo.

Otra compañía, Jacobs Manufacturing Co. desarrolló un sistema mecánico único para vehículos con frenos de aire en los años 1960's, en este sistema (Fig. 50) se usó un dispositivo en cada rueda para controlar independientemente el deslizamiento y bloqueo de esta. Entre sus componentes estaban, engranes de piñón y anillo hechos de goma, un volante de inercia y válvulas para liberar la presión en las cámaras hacia la atmósfera.

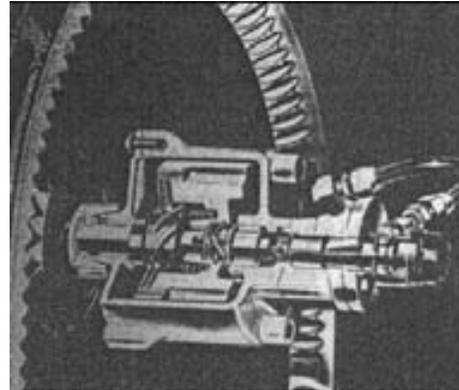


Fig. 50

Todos estos primeros sistemas se desempeñaron con un grado variable de eficiencia y como todos ellos en general tenían el mismo principio de utilizar la inercia de la rueda para censar la velocidad y ventilar completamente la presión de aire contenida en las cámaras de freno, cuando ocurría un bloqueo de rueda, el resultado era en términos generales, muy pobre. Dichos sistemas, funcionaban bajo la condición de "activo e inactivo" o "on/off" en inglés, su respuesta al bloqueo, así como ventilar la presión de las cámaras totalmente en un momento dado dio por resultado distancias de frenado más largas que, sin embargo, dichos sistemas demostraron avances significativos en lo que se refiere a estabilidad del vehículo.

LOS AÑOS 1970's

El fin de los años 60's y principios de los 70's trajo un incremento significativo en la atención de la gente hacia la seguridad vehicular, tanto para vehículos de pasajeros como para vehículos comerciales. La fuerte presión que ejercieron diferentes grupos en favor de la seguridad, el Congreso de los EE.UU. y todo el público en general, resultó en la pronunciación de la Ley de Seguridad Vehicular de 1966. Dicha Ley creó la NHTSA (National Highway Safety Administration por sus siglas en Inglés) o la Administración Nacional para la Seguridad en Carreteras; A dicha oficina le fueron encargados el desarrollo y la

implementación de regulaciones de seguridad para todos los vehículos que circulan en las carreteras de los Estados Unidos de América, su objetivo fue el de publicar regulaciones mínimas de seguridad que serían aplicadas a los fabricantes de vehículos.

Para este tiempo, se le empezó a dar mucha más atención al desarrollo de los sistemas anti-bloqueo; Sin embargo, dicho desarrollo se enfocó directamente al mercado de vehículos de pasajeros y así para 1968 Ford introdujo un sistema ABS hidráulico contenido en el eje trasero del vehículo, que fue fabricado por Kelsey Hayes, en su modelo Thunderbird. Poco después, Bendix produjo un sistema también hidráulico de 4 canales, que fue ofrecido en el modelo Imperial de Chrysler en 1971, seguido de General Motors que por su parte, también comenzó a ofrecer un sistema ABS fabricado por Delco-Moraine en sus modelos Oldsmobile Toronado, Buick Riviera y Cadillac El Dorado en 1971 (Fig. 51) En todos los casos anteriores, el sistema ABS era opcional.



Fig. 51

Los vehículos de pasajeros en los años 60's y los 70's usaban incrementadores de presión al vacío para proporcionar energía adicional al sistema de frenos y así ayudar al conductor con la fuerza de frenado necesaria para detener el vehículo. Esto significó que el sistema ABS también usara el vacío como un medio de control, incorporando la electrónica que, en ese tiempo era tal, que los sistemas utilizaron computadoras análogas con componentes

muy discretos, tecnológicamente hablando. La capacidad de dichos sistemas era limitada, debido a la respuesta relativamente lenta que tenían al usar el vacío como medio de control; Además, el uso extensivo de componentes electrónicos no tan desarrollados y la limitada electrónica aplicada al ambiente de operación de vehículos en carretera resultó poco confiable.

La industria de los vehículos comerciales no fue inmune a la atención del público hacia la seguridad en carreteras o hacia el desarrollo del ABS en vehículos de pasajeros. La recién formada NHTSA tuvo la responsabilidad de crear regulaciones por la seguridad de estos pesados vehículos.

Como resultado, la parte final de los años 60's trajo consigo un gran número de propuestas para regulaciones aplicadas a los sistemas de frenos de los vehículos comerciales o camiones (también propuestas para regulaciones en lo que respecta a luces, visibilidad, estabilidad, etc.) Dentro de las propuestas se incluía una serie de normas y regulaciones, que más tarde se convertirían en la famosa "Standard Federal para la Seguridad de Vehículos Automotores 121", mejor conocida en el mercado de Norteamérica por sus siglas en inglés **FMVSS 121**.



Fig. 52

La FMVSS 121 fue emitida como norma o regulación en 1971 con fecha efectiva del 1^{er}o de Enero de 1973. Fue enmendada en 1972 y más tarde en 1974 fue revisada para tener fecha efectiva del 1^{er}o de Marzo de 1975. Este intento inicial de regulación es también conocido como "la regulación ABS",

pero fue mucho más que eso, ya que esta regulación provocó el mayor rediseño de los sistemas de frenos para vehículos comerciales que la industria haya experimentado jamás.

Antes de la emisión de FMVSS 121, era legal que un tractor con eje trasero doble o tandem, tuviera frenos solamente en dicho eje, debido al temor de los conductores o chóferes de que el eje de dirección se bloqueara si frenaban en una situación de pánico. Antes de que dicha regulación existiera, los camiones con sistema de frenos neumáticos no tenían sub-sistemas primario o secundario con la excepción a la regla del modelo "L" de Ford, introducido en 1970 y que se anticipó a la regulación propuesta.

En aquel tiempo, los fabricantes de vehículos usaron las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ingenieros (SAE por sus siglas en inglés) como guías para el diseño de sus productos.

La regulación FMVSS 121 cambio todo lo anterior porque dicho Standard dictó las distancias de frenado para sistemas completos y sistemas con falla. Esto requirió que todos los tractores, camiones y autobuses fueran equipados con sistemas duales, así en caso de falla, el vehículo no se quedara sin un sistema de protección alterno. Esta misma regulación especificaba que en las pruebas de distancias de frenado no se presentara ningún bloqueo en las ruedas, lo cual obligaba a incluir algún tipo de sistema anti-bloqueo.

Las primeras distancias de frenado que impuso esta nueva regulación fueron tales que los vehículos comerciales necesitaban sistemas de frenos muy grandes y robustos, con un alto valor de torque en el eje delantero o de dirección y también requería frenos traseros rediseñados, haciéndolos más pesados, por lo que se requería también un cambio muy drástico en los materiales con los que se construían las balatas y zapadas. El requerimiento para el

desempeño del sistema de estacionamiento o emergencia requirió el desarrollo de conceptos totalmente nuevos para los sistemas duales, lo que llevo al desarrollo de nuevas válvulas y otros componentes y dio nuevos y mejores frenos de servicio. La capacidad de los tanques de reserva fue incrementada por dichos requerimientos y la arquitectura de tuberías y válvulas fue también rediseñada, en suma, cada componente del sistema de frenos, desde el pedal del freno hasta las llantas tuvo que ser rediseñado, desarrollado y recertificado.



Fig. 53

Aunado a todos los cambios en el sistema de frenos, otros sistemas también sufrieron cambios significativos, por ejemplo, los miembros del chasis tuvieron que ser más resistentes y pesados (un 35% más), los ejes fueron fabricados más fuertes para resistir los altos torques y la transferencia de peso o carga que sufría el vehículo al ser las distancias de frenado más estrictas. La regulación provocó de igual forma el rediseño de soportes, amortiguadores y otras estructuras de los camiones como el motor y radiador, de lo contrario no pasarían las pruebas de la FMVSS 121. Como mencionamos anteriormente, de todos estos cambios, quizá el más dramático de todos y que causó un rediseño monumental en toda la industria automotriz comercial, fue la necesidad de incorporar a todos los tractores, camiones, autobuses y remolques el sistema de frenos anti-bloqueo **ABS**.

Cuando la FMVSS 121 estaba en la etapa de propuesta, la industria automotriz apenas había comenzado el desarrollo de sistemas ABS y de hecho, los sistemas ABS para vehículos de pasajeros habían sido introducidos recientemente como opción en los modelos Lincoln y Thunderbird de Ford (Fig. 54) Fue este hecho el que llevo a la NHTSA a concluir que la tecnología de los ABS era práctica y posible.



Fig. 54

Una de las cuestiones que ignoraba la NHTSA en aquél tiempo, es que, los fabricantes de automóviles y sus proveedores estaban ya, desarrollando sistemas ABS hidráulicos para sus vehículos de lujo, con la idea de entrar a este nuevo campo de la tecnología. De repente, la comunidad de proveedores tuvo que acelerar el desarrollo de sistemas ABS para aire (un medio totalmente diferente con características totalmente distintas) ya que tenía ahora que proveer sistemas anti-bloqueo para todo el rango de aplicaciones de vehículos, ejes, centros de gravedad, etcétera. Para incorporar el ABS a un vehículo de pasajeros era necesario considerar solo una o dos diferentes distancias entre ejes, uno o dos tipos de ejes frontales y traseros y pequeñas diferencias en cuestiones de peso o carga. La situación para los vehículos comerciales era totalmente distinta, por ejemplo, una de las constructoras más importantes de aquél tiempo, ofrecía 4 diferentes configuraciones de cabina, ejes frontales en el rango de 3,200 Kilogramos a 9,000 Kilogramos, ejes traseros en el rango de 6,200 Kilogramos a 25,000 Kilogramos, distancia entre ejes de 2.5 metros a 6.0 metros, diferencias importantes entre condiciones de vehículo

cargado y descargado. Verdaderamente, una tarea colosal.



Fig. 55

Con muy poco tiempo para dicha tarea (aproximadamente 3 años), la industria se fijó el objetivo de cumplir con los nuevos requerimientos de la FMVSS 121, y en el caso del sistema ABS, era necesario que los fabricantes de camiones obtuvieran sistemas anti-bloqueo prototipo de sus proveedores para empezar a instalar y probar su desempeño. Normalmente, los proveedores realizaban el desarrollo de cualquier sistema en forma muy extensa, con varias pruebas antes de poder instalarlos en los vehículos, para este caso, esto no era posible debido al poco tiempo que tenían para desarrollarlo y cumplir con la regulación, lo que dio como resultado que los proveedores y fabricantes trabajaran simultáneamente en dicho esfuerzo y así un gran número de proveedores entraron a la carrera en el campo de los sistemas ABS, entre ellos: Kelsey Hayes, Eaton Corporation, Rockwell, Bendix, Midland y otros.



Durante los años 70's la relación entre la industria automotriz comercial y la NHTSA era de sospecha mutua y en algunos casos completamente de adversarios, lo que orillo a que ninguna de las partes escuchaba a la otra y los fabricantes de vehículos entraron a un período muy estresante.

Los dueños de flotillas importantes también estaban preocupados acerca de los cambios que se requerían para cumplir con la nueva legislación; dichos clientes, no confiaban en la nueva tecnología requerida para dicha regulación por no haber sido probada debidamente. Todo lo anterior agregó otra dimensión al problema, las flotillas empezaron a ordenar sus camiones con anticipación, para evitar comprar vehículos que cumplieran con la nueva regulación FMVSS 121. Cuando se cumplió la fecha pactada para que dicha regulación entrara en vigor, el mercado de vehículos comerciales nuevos se desplomó dramáticamente, ocasionando un impacto muy negativo en la economía.

Puntualizando brevemente el estado en el que la tecnología de los sistemas ABS se encontraba en los años 70's se transparentaban los problemas y obstáculos que tuvo la industria automotriz en aquel tiempo. Como mencionamos anteriormente, el desarrollo del ABS en la última parte de la década de los 60's y principios de los 70's, se había enfocado a los sistemas hidráulicos de vehículos de pasajeros. Cuando la industria se dio cuenta de que pronto dicho sistema sería requerido también en vehículos con frenos neumáticos, la industria reaccionó rápidamente y enfocó sus esfuerzos a esta tarea. Muchos proveedores, viendo la situación, se apresuraron a entrar a la competencia en este campo.

Debido a lo reducido del tiempo, los fabricantes de vehículos llevaban a cabo pruebas a sus vehículos con sistemas ABS que todavía estaban siendo diseñados y desarrollados, por lo que, se perdía mucho tiempo probando los vehículos, corrigiendo el sistema y volviendo a probar el vehículo.

Muchos de los primeros sistemas anti-bloqueo en producción utilizaban control de "eje a eje". Estos sistemas eran esencialmente, sistemas que cuando una de las ruedas estaba a punto de bloquearse, la presión se modulaba a ambos extremos del eje, estos no tenían problema para cumplir con los requerimientos de la FMVSS 121 debido a que en ella no existía una provisión para distancias de frenado en superficies con diferentes coeficientes de rozamiento y ello también permitía que en ejes dobles o tandem se podía tener solo una válvula para controlar las cuatro ruedas, pero este sistema de control para ejes dobles no fue ofrecido en el mercado, sino hasta 1977.

Cuando en 1976 el requerimiento para distancia de frenado fue incrementado, los camiones podían ser producidos sin ABS en el eje frontal o de dirección, así algunos fabricantes empezaron a ofrecer vehículos con anti-bloqueo solamente en eje trasero. Dicho cambio en la regulación permitió también que los autobuses, debido a sus características diferentes a un tractor, cumplieran con la ley sin la necesidad del sistema ABS, ello lo lograban con el esfuerzo de los mejores conductores.

Ahora bien, en aquellos tiempos, la tecnología electrónica estaba basada en computadoras análogas y las unidades de control electrónico o ECU por sus siglas en inglés, utilizaban extensivamente componentes discretos. El desarrollo de materiales cerámicos estaba apenas comenzando y cuando se usaron en la fabricación de ECUs para prevenir daño por exposición al medio ambiente fallaron.

En estos años también, se sabía muy poco sobre los niveles de interferencia por radio frecuencias (RFI en sus siglas en inglés) que existían en los países, particularmente en la zona de Norteamérica, por ello, los ingenieros y diseñadores tanto de los fabricantes como de los proveedores se enfrentaron a todo un nuevo campo, básicamente no estaban seguros del nivel de protección contra RFI que era necesario para los nuevos sistemas.



Fig. 56

Para poner en perspectiva el estado en que se encontraba la tecnología electrónica de aquel tiempo, consideremos que en 1973 una compañía japonesa anunciaba una calculadora de bolsillo con cuatro funciones básicas por U.S. dólar \$500.00. Otro ejemplo es que las computadoras portátiles de hoy en día o "laptops" son más rápidas y poderosas que las que usaban la NASA para la exploración espacial en aquellos días.



Fig. 57

Los sistemas de diagnóstico en los años 1970's eran muy complicados, autodiagnóstico en estas primeras computadoras era mínimo, códigos a destellos o herramientas electrónicas para diagnóstico no existían y tampoco los ECUs tenían la habilidad de grabar en su memoria fallas o eventos, para complicar más las cosas, debido al corto tiempo con que la industria y proveedores habían desarrollado los sistemas, las flotillas y demás clientes no estaban debidamente

capacitados para dar servicio a dichos sistemas y era difícil encontrar refacciones para repararlos. Dichos clientes y flotillas, se encontraron con sistemas muy complicados de diagnosticar cuando había una falla, las refacciones no estaban disponibles y los servicios de reparación se hacían a prueba y error de partes con altos costos, dando por resultado que dueños de camiones y flotillas estaban sumamente descontentos con dichos sistemas.

Como generalmente sucede en estos casos, la gente en la industria automotriz empezó a hablar y discutir, se escuchaban rumores en muchos lugares y la prensa rápidamente comenzó a atacar a los "peligrosos e impredecibles" sistemas de frenos antibloqueo y nuevamente el tema que tomó especial atención en aquellos días, fue el de la radio interferencia (RFI).

Ciertamente, la protección contra RFI no era muy eficiente en ese tiempo; sin embargo, las historias que se escuchaban, rayaban en lo ridículo. Un ejemplo fue una noticia que circulo sobre un conductor que choco su camión (probablemente por quedarse dormido), él alego que iba manejando sin ningún contratiempo por la autopista cuando recibió un mensaje por su radio de banda civil de otro camionero, de repente y sin aviso alguno, todos los frenos en su vehículo se aplicaron. Era cierto que algunos radios de banda civil o CB con niveles altos de potencia podían perturbar la operación del ECU, pero esto solo sucedía cuando se transmitían, no cuando se recibían mensajes. Además, dicha falla no aplicaba los frenos, en todo caso reduciría la presión en la cámara de freno.



Fig. 58

Otros problemas que se encontraron con los sistemas ABS fue que los sensores en las ruedas con el tiempo y la vibración, se salían de su lugar, provocando que se perdiera la señal de velocidad de la rueda, degradando el desempeño del sistema. Uno de los componentes que estudiaremos más adelante, la rueda dentada, era en aquellos días, estampados de muy mala calidad y de un acero muy ligero.



TÍPICA RUEDA DENTADA DE LOS AÑOS 70's

Fig. 59

Los sensores de rueda también tuvieron problemas, sobre todo en la instalación que hacían los fabricantes, generalmente usaban un soporte para el sensor inadecuado, debido a la deformación y a la vibración, la señal de velocidad era muy deficiente y se le dio una mala reputación, solo como nota de información, hoy en día se sigue usando el mismo principio para sensar la velocidad en las ruedas, pero con soportes más rígidos y robustos, que resisten mejor las vibraciones y deformaciones.

Todos los factores anteriores, más los problemas de calidad de los componentes electrónicos usados en los ECUs y la dificultad para diagnosticarlos, resultaron en el descontento total de la industria y consumidores por la FMVSS 121 y en particular con el sistema ABS, debido a que los sistemas no eran sencillos de diagnosticar, la herramienta principal que

tenían los mecánicos era un voltímetro y mucha paciencia.

La falta de confiabilidad de estos sistemas llevó finalmente, a la compañía PACCAR Corporation y la Asociación de Camioneros de América, a demandar a la NHTSA por emitir regulaciones, sin antes tener una tecnología de eficiencia comprobada. La corte del Noveno circuito en California, Estados Unidos invalidó todos los requerimientos sobre frenado de vehículos comerciales de la FMVSS 121 en 1978.

Con esta resolución, los fabricantes ya no necesitaron el ABS y el mercado para dicha tecnología desapareció por completo, los compradores de camiones inmediatamente cambiaron a vehículos sin ABS y los fabricantes dejaron de ofrecerlos, entonces los proveedores detuvieron todo el desarrollo de estos sistemas, hasta que finalmente, la historia del sistema ABS en todo Norteamérica se terminó.

Hay que decir que, a pesar de los problemas que tuvo, el concepto de ABS era correcto y sigue siendo ahora práctico, si el sistema ABS opera apropiadamente controlando el vehículo cuando frena es, sin duda esto, una mejora significativa en la seguridad de todos los vehículos. Considerando la magnitud de la tarea que la industria tuvo y el tiempo tan limitado para el desarrollo y pruebas, los sistemas ABS de aquel tiempo hicieron un gran trabajo y muchos de los principios de operación y adelantos, se siguen usando hoy en día, quizá el lanzamiento inicial de la FMVSS 121 fue mucho trabajo por hacer en muy poco tiempo, pero, sin duda, a pesar de los problemas que enfrentó, si logró que la industria de vehículos comerciales diera un salto muy grande en favor de un mejor desempeño de los sistemas de frenos neumáticos en los camiones.

LOS AÑOS 1980's Y 1990's

Mientras que los recuerdos y la conmoción causada por el ABS en los años 70's todavía se sentía en Norteamérica, el

desarrollo de los sistemas de frenos anti-bloqueo continuo discretamente en Europa. Los efectos palpables que el ABS tenía en reducir distancias de frenado, maniobrabilidad y estabilidad del vehículo, eran demasiado significativos para ser ignorados. Sin la presión de una regulación por tener un sistema ABS pronto, los proveedores europeos de dichos sistemas como WABCO, Bosch, Girling y Bendix, tuvieron el tiempo para identificar, analizar y eliminar todos los problemas que se tuvieron en los esfuerzos del mercado americano.

Los programas europeos para el desarrollo de un sistema ABS habían comenzado aproximadamente al mismo tiempo que en los Estados Unidos, pero los fabricantes de vehículos en Europa junto con sus proveedores decidieron no usar control "eje a eje" debido a su bajo desempeño en carreteras con diferentes coeficientes de rozamiento, entonces, el desarrollo se centró en el control individual de cada una de las ruedas del vehículo.

WABCO en Hannover, Alemania empezó su desarrollo del ABS en 1967, para 1972 desarrollaron una relación cooperativa con Mercedes Benz y Teldex Corporation, lo que resultó en la primera generación de un sistema análogo en 1975, esta cooperación cambió drásticamente cuando Teldex fue comprada por Bosch en ese mismo año. Bosch y Teldex entonces comenzaron a desarrollar un sistema anti-bloqueo construido con circuitos integrados y que fue aceptado gratamente por la industria de ese tiempo. WABCO por su parte enfocó su desarrollo al uso de micro computadoras con ayuda de componentes de Texas Instruments, dichas micro computadoras ofrecieron mayor flexibilidad y durabilidad a los sistemas de frenos anti-bloqueo de aquel tiempo; Hoy en día son usadas en todos los sistemas ABS de los vehículos comerciales que circulan en las carreteras de todo el mercado de Norte América y su uso es ahora indispensable en la construcción de controladores electrónicos.



Fig. 60

En 1978, Bosch empezó la producción de sistemas ABS para vehículos de pasajeros en Europa, iniciando la competencia entre WABCO y Bosch en el segmento de ABS para vehículos comerciales y continuó ferozmente, siguiendo los dos caminos mencionados, circuitos discretos y micro computadoras, estas últimas ganaron la aceptación en la compañía Daimler Benz y WABCO empezó su producción de sistemas anti-bloqueo de cuatro y seis canales en el año 1981, siendo ofrecidos como opción en todos los autobuses, tractores y camiones de Daimler Benz.



Fig. 61

Bosch rápidamente logró también que el constructor alemán MAN ofreciera como opción su sistema en 1982, entonces el desarrollo del ABS progresó fuertemente en todos los demás fabricantes europeos y su uso creció en forma constante. Para 1990, WABCO vio crecer su producción anual a 100,000 sistemas y a principios de 1991, aproximadamente 20% de los vehículos comerciales en Europa se construían con sistema de frenos ABS, finalmente, en Octubre de 1991, la Comisión Económica Europea (EEC) empezó a requerir que todos los vehículos comerciales por encima de las 16 toneladas métricas (33,000 libras de Peso Bruto Vehículo) de peso, tenían que tener sistema ABS.

En los Estados Unidos, el ambiente de los sistemas anti-bloqueo para camiones permaneció relativamente tranquilo hasta que en 1987 Freightliner Corporation se convirtió en el primer constructor de vehículos comerciales en reintroducir el ABS al mercado de Norteamérica. El sistema ABS de seis canales de WABCO se ofreció como opción en los tractores de dicho fabricante.



Fig. 62

En 1988, la NHTSA inició una prueba en flotillas de 200 vehículos equipados con ABS para determinar su confiabilidad y el monto del costo en equipar a los vehículos comerciales, con el fin de asegurar que la NHTSA tuviera la documentación e información necesaria sobre el sistema ABS antes de emitir cualquier nueva regulación a este respecto, ya que la NHTSA no deseaba repetir la experiencia que tuvo en los años 1970's, para este tiempo, cabe mencionar, que la relación entre la NHTSA y la industria automotriz comercial era ahora de cooperación.

En aquél tiempo cuando la NHTSA estaba probando los 200 vehículos con ABS, varios proveedores perseguían el mercado Norteamericano, entre ellos que se destacaron fueron, WABCO, Bendix, Bosch, Midland y Rockwell. La prueba duró 2 años y en 1992, el congreso de los EE.UU. ordenó al departamento de transporte (Del cual dependía la NHTSA) estudiar la posibilidad de crear nuevas regulaciones que incluían al ABS, ahora bien, con información y documentación suficiente obtenidas en la prueba de campo y con el apoyo del congreso, la NHTSA publicó un aviso adelantado de regulaciones en el tema de sistemas anti-bloqueo. También, la NHTSA llevó a cabo una prueba de campo

con los sistemas ABS de para remolques en 1992 y que duró también 2 años.

La famosa regulación FMVSS 121 fue enmendada en 1995 para requerir que todos los tractores, camiones, autobuses y remolques en los Estados Unidos, incorporaran el sistema de frenos anti-bloqueo y las fechas efectivas de dicha enmienda fueron fijadas en fases, tractores fueron los primeros (1^{ero} de Marzo de 1997) y camiones, autobuses y remolques, un año después.

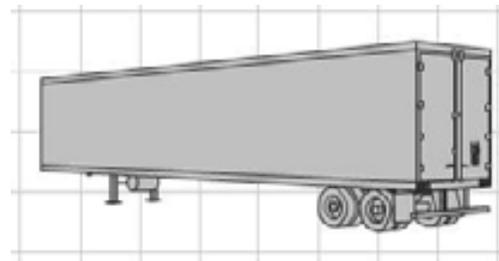


Fig. 63

La regulación para sistemas de frenos FMVSS 105 que se refiere a vehículos comerciales con sistemas hidráulicos, también fue enmendada en 1995 para requerir el sistema ABS en todos los vehículos que tuvieran un peso bruto vehículo mayor a 5,000 Kilogramos.



Fig. 64

Estos nuevos requerimientos y regulaciones para el ABS no tuvieron, ni tienen actualmente, ningún problema en la industria automotriz comercial. El tiempo que se tomaron todas las partes involucradas para el desarrollo, las prueba y producción del sistema ABS dio como resultado gran confiabilidad y excelente

desempeño en el campo, tal fue la aceptación del sistema dentro de los dueños y flotillas que, antes de que la regulación tomara efecto en 1997, 30% de los tractores clase 8 fabricados en Norteamérica tenían ya el sistema instalado.

La enmienda a la FMVSS de 1995, también incluyó requerimientos que se aplicarán en el futuro y que actualmente, fabricantes y proveedores están trabajando en el desarrollo de sistemas para cumplir con dichos requerimientos.



Fig. 65

SINOPSIS CRONOLOGICA DEL ABS

- ◆ 1920's el desarrollo del ABS comienza en Alemania.
- ◆ 1932 la Gran Bretaña patenta un sistema para prevenir el atascamiento de las ruedas.
- ◆ 1936 Se otorga la patente número 2, 038,144 a un sistema para prevenir el deslizamiento de rueda.
- ◆ 1943 Westinghouse Air Brake Company obtiene una patente para su sistema anti-bloqueo de trenes. Siendo la primera compañía en realizar producción en masa de dichos sistemas.
- ◆ 1940's WABCO aplica el sistema de frenos anti-bloqueo para aviones.
- ◆ 1951 Goodyear Aircraft Corporation muestra por primera vez un sistema ABS en un vehículo comercial.
- ◆ 1953 Dunlop entra al mercado del ABS con su sistema "Maxaret".
- ◆ 1957 Bendix-Westinghouse empiezan a trabajar en el desarrollo de un sistema ABS para vehículos comerciales.
- ◆ 1960's La compañía Jacobs ofrece un sistema mecánico anti-bloqueo. Lockheed Hydraulic Brake Company desarrolla un ABS basado en los sistemas de vehículos de pasajeros.
- ◆ 1966 El Congreso de los EE.UU. crea la NHTSA.
- ◆ 1967 WABCO comienza el desarrollo del ABS en Alemania.
- ◆ 1969 Los modelos Thunderbird y Lincoln son los primeros vehículos en ofrecer ABS opcional en EE. UU:
- ◆ 1970 La NHTSA propone la regulación que manda equipar los vehículos comerciales con ABS (FMVSS 121)
- ◆ 1971 La NHTSA emite oficialmente la FMVSS 121 con fecha efectiva en el año de 1973.
- ◆ 1975 FMVSS 121 se vuelve oficial, requiriendo por ley ABS en los camiones.
- ◆ 1978 La corte de apelaciones del noveno circuito en California invalida los requerimientos para distancias de frenado de la FMVSS 121.
- ◆ 1981 Daimler Benz se convierte en el primer constructor de camiones en ofrecer sistema de frenos ABS (WABCO) en sus vehículos.
- ◆ 1984 El último proveedor de la era de los 70's fabricante de ABS se retira del mercado oficialmente.
- ◆ 1987 Freightliner se convierte en el primer fabricante de camiones en los EE. UU en reingresar al mercado de los sistemas anti-bloqueo, ofreciendo el sistema WABCO de ABS como equipo opcional.
- ◆ 1990 Rockwell y WABCO forman una empresa conjunta para servir al mercado de sistemas de frenos ABS de Norteamérica.
- ◆ 1991 La comisión económica europea requiere que todo vehículo con peso



mayor a 16 toneladas métricas, sea equipado con ABS.

- ◆ 1992 La NHTSA completa su prueba de campo en 200 tractores con ABS. El congreso de Estados Unidos ordena al Departamento del Transporte considerar nuevos requerimientos con respecto al ABS.
- ◆ 1994 La NHTSA termina su prueba de campo sobre ABS en remolques.
- ◆ 1995 La NHTSA enmienda la controversial FMVSS 121 y la FMVSS 105 para requerir ABS en todos los vehículos comerciales.
- ◆ 1997 Entra en vigor la FMVSS 121 para tractores.
- ◆ 1998 Entra en vigor la FMVSS 121 para camiones, autobuses y remolques.
- ◆ 1999 Entra en vigor la FMVSS 105 para vehículos equipados con sistemas de frenos hidráulicos.
- ◆ 2001 Entra en vigor el requerimiento de la FMVSS 121 para tractores que dicta deben tener una luz o lámpara de advertencia en el tablero que les avise cuando exista una falla en el sistema ABS del remolque.
- ◆ 2008 La lámpara de Advertencia de ABS montada en el exterior de los remolques no será requerida más.

CAPITULO 4

SISTEMAS ABS DE HOY PARA TRACTORES, CAMIONES Y AUTOBUSES

El sistema de frenos anti-bloqueo (ABS) es la evolución natural de los sistemas de frenos actuales. Los frenos, las balatas y cámaras que conforman el sistema de los vehículos comerciales, se han desarrollado en los últimos 25 años de tal forma que dichos vehículos hoy en día tienen el torque suficiente para bloquear las ruedas en cualquier tipo de superficie. Es por ello que vamos a analizar el efecto del bloqueo de ruedas.

RELACION ENTRE RUEDAS Y SUPERFICIE

Como hemos explicado brevemente en capítulos anteriores, la habilidad de una rueda o llanta para generar fuerza lateral se reduce gramáticamente cuando el deslizamiento de esta aumenta. La rueda bloqueada (100% de deslizamiento) no tiene esencialmente, la capacidad de generar ninguna fuerza lateral. Sin dicha fuerza lateral suficiente, es imposible mantener control direccional del vehículo.

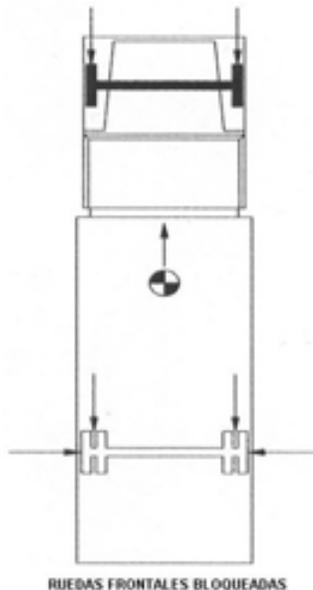


Fig. 66

Lo anterior se puede observar con experimentos prácticos y el análisis de las fuerzas que actúan sobre el vehículo. Si las ruedas frontales de un vehículo se bloquean, el conductor perderá la capacidad de controlar la dirección. En este caso el vehículo se deslizará en la dirección que mantenía antes de que las ruedas se bloquearan.

Considerando la Figura 66; observamos que las ruedas traseras están girando, por lo que son capaces de generar fuerzas laterales. Estas fuerzas laterales actúan en el vehículo atrás de su centro de rotación y desarrollan un momento estabilizador significativo que contrarresta las fuerzas laterales como reacción de la carretera, el viento, etcétera. Con la fuerza de inercia actuando a través del eje de rotación del vehículo haciéndolo ir hacia delante, este se mantendrá relativamente estable moviéndose, sin embargo el conductor no tiene ningún control de la dirección.

Esta condición de bloqueo en las ruedas frontales y pérdida del control en la dirección es la razón de que los conductores de los vehículos pesados no acepten del todo los frenos de alto poder en el eje delantero. Incluso en el pasado muchos conductores ordenaban sus camiones sin frenos delanteros.

Bloquear las ruedas en el eje delantero puede decirse, es una situación no muy estable, pero bloquear las ruedas en el eje trasero es sin duda, una situación indudablemente inestable. Al bloquearse dichas ruedas provocará inmediatamente que el vehículo pierda el control, ya que se pierden todas las fuerzas laterales estabilizadoras.

El impacto del bloqueo de ruedas en una combinación tractor-remolque es más

complejo, sin embargo, se puede explicar de la misma forma que el caso anterior.

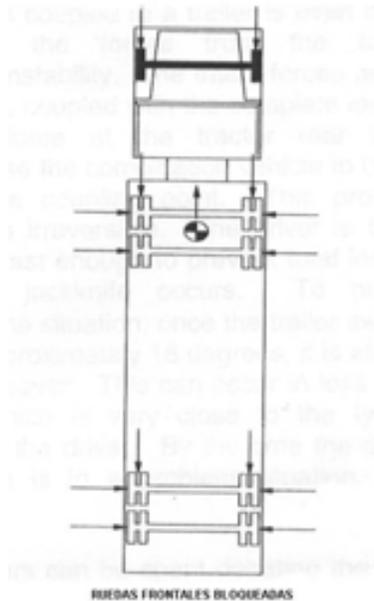
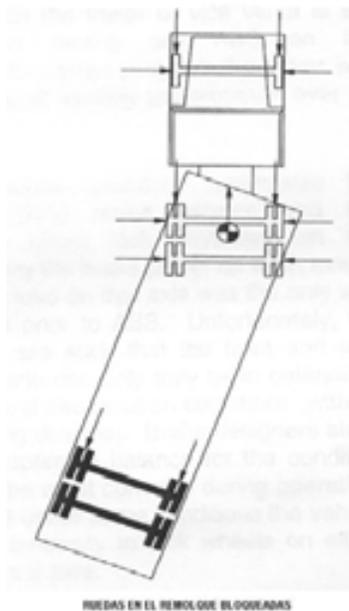


Fig. 67

En el caso de bloqueo de ruedas en el eje delantero (Fig. 67), el vehículo permanecerá en la dirección que viajaba antes de que las llantas se bloquearan, pero el conductor no tendrá control sobre la dirección.

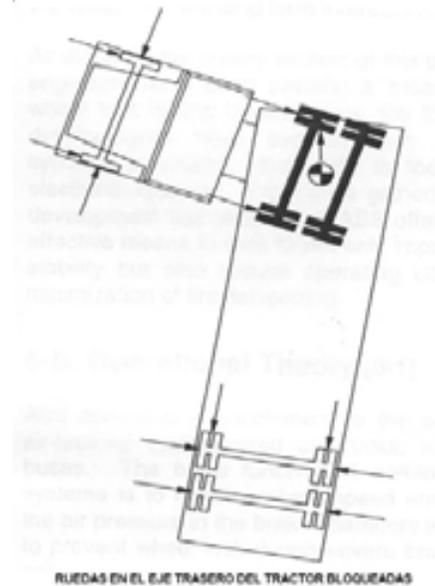


RUEDAS EN EL REMOLQUE BLOQUEADAS

Fig. 68

Ahora bien, si las ruedas en el remolque se bloquean (Fig. 68), el remolque girará hacia fuera del camino planeado. Las ruedas del tractor mantendrán la estabilidad, pero las otras fuerzas laterales que hemos mencionado provocarán este giro del remolque fuera del camino. En muchas circunstancias, el conductor puede recuperar el remolque modulando los frenos, por supuesto, asumiendo que, el conductor es experimentado y tiene suficiente tiempo para dicha maniobra.

Las condiciones resultantes del bloqueo de las ruedas en el eje trasero del tractor sin embargo, no son tan favorables o recuperables (Fig. 69)



RUEDAS EN EL EJE TRASERO DEL TRACTOR BLOQUEADAS

Fig. 69

Con el tractor acoplado a un remolque, la situación es todavía más inestable debido a que las fuerzas que actúan en él desde el remolque aceleran dicha inestabilidad. Dichas fuerzas que actúan en la quinta rueda del tractor causan inmediatamente que todo el vehículo se contraiga. Este proceso se vuelve rápidamente irreversible, provocando la pérdida del control y lo que se conoce en inglés como "Jackknife" ocurre. Para poner las cosas en una mejor



perspectiva, una vez que el remolque gira hacia cualquier lado del camino aproximadamente 18° , es casi imposible recuperarlo. Lo anterior puede ocurrir en menos de 0.3 segundos. Para cuando el conductor se da cuenta de lo que ocurre, es ya demasiado tarde.

En conclusión, hemos visto que, el bloqueo de las ruedas en cualquier eje del vehículo provoca pérdida de la estabilidad en este. Es por esta razón que, la mejor forma de frenar o deter un vehículo es que este equipado con sistema de frenos anti-bloqueo en todos sus ejes. Tener ABS en el tractor y no en el remolque o viceversa es de todas formas mejor que, no tener nada. El ABS da, de cualquier manera, una mejor estabilidad al vehículo que no tenerlo del todo.

Cualquier bloqueo de las ruedas degrada la capacidad de controlar el vehículo. Es por ello que la discusión desde principios de la historia de esta industria no fue si era mejor bloquear el eje delantero o bloquear el eje delantero, si no esencialmente como evitar completamente dicho bloqueo. Esta fue la razón desde entonces del gran interés por desarrollar el sistema ABS.

Como hemos mencionados en capítulos anteriores de esta tesis, los ingenieros y diseñadores de frenos han buscado eliminar a toda costa el bloqueo de ruedas desde los años 1920's. El desarrollo de dicho sistema ha evolucionado desde sistemas mecánicos, pasando por sistemas análogos electrónicos hasta los sistemas electrónicos digitales de hoy día. Toda la experiencia ganada en dicho desarrollo ha demostrado que el sistema de frenos anti-bloqueo ofrece la mayor efectividad, no solamente para mejorar la estabilidad de un vehículo, sino también reduce costos de operación, evitando los gastos en llantas nuevas, por daño del llamado "flatspotting" debido al bloqueo en las ruedas.

La mayoría de los dueños de camiones o dueños de flotillas han dado cuenta de los beneficios que tiene dicho sistema. Lo más

importante, pensamos es, el incremento en la seguridad de las carreteras. Más que menores costos de operación y mejores ganancias, el mejor resultado es, sin duda, salvar vidas cuando estos vehículos se ven envueltos en accidentes carretero.

TEORIA OPERACIONAL DEL ABS

El sistema de frenos anti-bloqueo es un suplemento al sistema de frenos neumático de los camiones, tractores y autobuses. Su función básica es la de monitorear la velocidad de las ruedas y modular la presión de aire que se entrega a las cámaras de freno, de tal forma que prevenga el bloqueo de dichas ruedas en situaciones de frenaje severo o de emergencia. Todo lo anterior con el siguiente fin:

- ☞ *Conservar el control de la dirección en situaciones de pánico o emergencia.*
- ☞ *Frenadas estables en condiciones de lluvia o hielo en la carretera.*
- ☞ *Mejorar en algunos casos la distancia de frenado.*
- ☞ *Minimizar los accidentes como "Jackknife".*
- ☞ *Reducir al máximo los puntos planos o "flatspotting" de las llantas, particularmente en los remolques.*

El sistema logra su tarea a través de monitorear continuamente la velocidad de las ruedas y enviando dicha información a la unidad electrónica de control (ECU por sus siglas en Inglés) El ECU recibe la información de la velocidad de las ruedas, la procesa basada en un algoritmo pre-determinado y toma decisiones sobre la siguiente acción de control. Si dicho control es requerido, entonces el ECU enviará la señal apropiada a las válvulas moduladoras de presión. Dependiendo de esta señal, el ECU llevará a cabo lo siguiente:

- ☞ *No intervendrá y permitirá que la presión de aire actúe en forma proporcional a la demanda del conductor.*

- ☒ *Decrementará la presión de freno. Esto es el primer modo de operación que el ECU toma cuando determina que una o más ruedas están desacelerando más rápido que la velocidad de referencia del vehículo.*
- ☒ *Mantendrá la presión de aire en su nivel. Esta condición ocurre si el ECU determina que la rueda esta mostrando señales de recuperación con respecto a la desaceleración del vehículo.*
- ☒ *Permitirá que la presión de freno se incremente bajo control de un evento de ABS. Esto ocurre cuando el ECU determina que la rueda esta regresando a la velocidad de referencia y puede continuar frenando bajo la demanda de presión que el conductor esta demandando.*



Fig. 70

Es importante hacer notar que el sistema ABS no aplicará los frenos independientemente del conductor. En su lugar permite que la presión de freno se incremente al nivel que el conductor esta pidiendo. El sistema toma la presión de aire de entrega y control del sistema neumático de frenos. No puede proporcionar una presión mayor a la demandada por el conductor. El sistema ABS no llevara a cabo ninguna operación mientras no exista el peligro de bloqueo de rueda.

El sistema anti-bloqueo esta en su modo pasivo cuando el vehículo no esta frenando y en la mayoría de las operaciones de

frenado. Solo se activará cuando detecta que una o más ruedas se aproximan al bloqueo. Ahora bien, si uno de los componentes del sistema ABS falla, el ECU cancelará su operación en aquella esquina donde se encuentra dicho componente, quedando esa rueda solo con frenos normales. En estas condiciones, la rueda no tendrá control ABS y puede bloquearse durante un evento de frenado, pero el resto de las ruedas, seguirán teniendo control anti-bloqueo. Esto mantendrá la estabilidad del vehículo y optimizará el frenado de emergencia.

El sistema de frenos anti-bloqueo es típicamente descrito como un sistema aislado o agregado al vehículo. En realidad forma parte integral del sistema de frenos de todo el vehículo. Aun como ya hemos visto, su desarrollo es reciente, debe ser considerado como una evolución lógica y necesaria del sistema de frenos total de un vehículo y no solo una adición al sistema.

El sistema ABS incluye sensores de velocidad de las ruedas, una unidad de control electrónica, válvulas moduladoras y una variedad de arneses, switches, relevadores y luces o lámparas, todo esto interactúa con el tren motriz, el sistema eléctrico y el sistema de frenos. En la Figura 71 se muestra un sistema ABS típico de un vehículo comercial con frenos neumáticos.

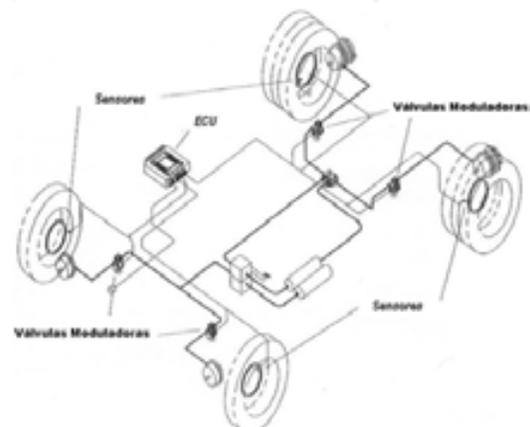


Fig. 71

COMPONENTES DEL SISTEMA

UNIDAD ELECTRONICA DE CONTROL

La unidad electrónica de control (ECU por sus siglas en inglés) maneja la función de procesamiento del sistema de frenos anti-bloqueo. Recibe e interpreta la señal de velocidad de las ruedas proveniente de los sensores y usa dicha información para determinar si una o varias ruedas se están aproximando al bloqueo, en dicho caso, también determina cuando y como activar las válvulas moduladoras del ABS. A través de esta activación, el ECU puede regular la presión de aire hacia las cámaras de freno. Los arneses de Cabina y del chasis conectan al ECU con los siguientes componentes del ABS:

- Sensores de Velocidad de Rueda
- Válvulas Moduladoras del ABS
- Fuente de Poder
- Tierra
- Luz indicadora del ABS
- Switch de Diagnostico de Códigos
- Conector de Diagnostico
- Control del Freno de Motor

El ECU no solo controla las funciones del sistema, también lleva a cabo un extenso programa de diagnostico e intercambio de información con otros sistemas electrónicos dentro del vehículo, a través de los enlaces de datos (Data Links). Dentro de estas otras funciones que desempeña el ECU se encuentran

- Control del ABS para evitar el bloqueo de rueda
- Control del ATC en caso de deslizamiento durante aceleración
- Detección de fallas en el sistema
- Comunicación de Diagnostico a través de el enlace de datos J1587
- Intercambio de Información con otros sistemas a través del enlace de datos J1939

La unidad electrónica de control monitorea constantemente su operación interna, así como también la integridad de los circuitos externos. Toda falla es mostrada al conductor a través de las luces de advertencia montadas en el panel de instrumentos del camión; dichas fallas también son almacenadas en la memoria de la computadora o ECU, las cuales se pueden obtener vía el switch de diagnostico de códigos o una herramienta de diagnostico de servicio.

Las computadoras o unidades de control del ABS están disponibles en dos tipos, una para su montaje dentro de la cabina y otra para ser montada en el chasis, esta ultima, esta protegida para resistir las difíciles condiciones el medio ambiente. El tipo de ECU y su montaje son enteramente responsabilidad de el fabricante del vehículo, el cual que decide dependiendo del diseño y parámetros deseados. Una computadora de ABS para la cabina se muestra en la figura 72:



Fig. 72

Así como mencionamos anteriormente, existe también en el mercado el ECU para montaje en el chasis. Dicha computadora

proporciona un avance muy interesante en la electrónica. Contiene todos los circuitos y componentes del ECU montado en la cabina, pero empaquetado en una coraza protectora. Es así como resistirá agua, calor extremo, hielo, nieve, lodo, grave, etc. La figura 73 muestra un ECU de montaje en el chasis.



Fig. 73

Los ECUs están disponibles en versiones de 12 y 24 volts. Los sistemas usados en el mercado de Norte América son sistemas de 12 volts, con la excepción de algunos autobuses, vehículos militares y vehículos especiales.

La operación del sistema ABS se puede desglosar en tres funciones básicas: entradas, procesamiento y salidas. Las entradas son las señales provenientes de los sensores de rueda, los switches y las herramientas de diagnóstico. El ECU procesa toda esta información gracias a un algoritmo integrado dentro de él. Las salidas son, entonces señales que se usan para manejar y controlar a las válvulas moduladoras.

ESTRUCTURA INTERNA DEL ECU

Para entender mejor la arquitectura interna del circuito integrado de la unidad electrónica de control, lo subdividiremos en 4 grupos funcionales:

- Circuitos de Entradas
- Circuitos Principales
- Circuitos de Seguridad
- Circuitos de Control de Válvulas

Las señales generadas por los sensores de velocidad de las ruedas llegan al ECU, son filtradas y convertidas a información digital.

Los circuitos principales consisten esencialmente de un microprocesador, que usa, como ya dijimos, un algoritmo integrado a él para analizar las señales de entrada y determinar la señal de salida apropiada a las válvulas de control del sistema.

Los circuitos de seguridad se encargan de llevar a cabo monitoreos de la salud del sistema cuando el vehículo es encendido y durante su manejo, no importa si los frenos se aplican o no. Todos los sensores, solenoides, sistema electrónico y cableado necesitan ser monitoreados constantemente. En caso de que una falla sea detectada en el sistema, el sistema de seguridad informará al conductor a través de la luz de advertencia del ABS localizada en el panel de instrumentos. El sistema de seguridad del ECU deshabilitará, la parte del sistema afectado por la falla o el sistema completo si es necesario. Es muy importante hacer notar que el sistema de frenos básicos, no se verá afectado aun cuando el ABS tenga una falla catastrófica.

Finalmente, los circuitos de control de las válvulas usan transistores que reciben las señales de los circuitos principales para controlar y variar la corriente eléctrica hacia las válvulas moduladoras.

Una importante innovación al diseño de seguridad fue introducida en los años 80's. En aquel tiempo, el ECU fue diseñado con los canales de control agrupados en dos circuitos diagonales, es decir, dando el

control de rueda en forma cruzada. Cada circuito diagonal tenía sus propios circuitos de protección. Si una falla se originaba en cualquiera de los dos canales, entonces las ruedas en las diagonales de la geometría del vehículo dejaban de tener ABS, regresando a frenos básicos, sin embargo el vehículo continuaba teniendo ABS en el otro circuito diagonal, para asegurar un evento de frenado controlado y estable.

SENSORES DE VELOCIDAD DE LAS RUEDAS

La gran mayoría de los sistemas de frenos anti-bloqueo de la actualidad utilizan sensores de velocidad de reluctancia variable montados fijos en los frenos. Una rueda dentada es montada en la masa de los frenos para que el sensor reconozca la velocidad de la rueda y los cambios que sufre dicha velocidad.



Fig. 74

El sensor consiste de una bobina envuelta alrededor de un imán. Conforme la rueda gira, los dientes del anillo dentado pasan a través del campo magnético del imán permanente en el sensor. Esta acción influye el flujo magnético de dicho campo. Entonces, conforme el campo magnético se deforma y colapsa con el paso de los dientes y valles del anillo, pulsos de voltaje de corriente alterna (AC) son creados en la bobina que envuelve al imán. Estos pulsos que tienen una frecuencia directamente proporcional a la velocidad de la rueda, son

transmitidos a la unidad electrónica de control, proveyendo a esta con la señal de velocidad en las ruedas.

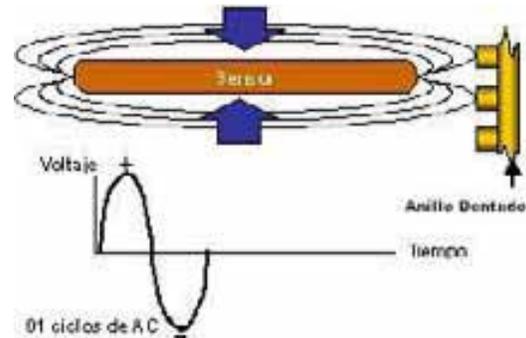


Fig. 75

Estos sensores de reluctancia variable que hemos descrito, tienen un límite en cuanto al valor de velocidad que pueden detectar. Dicho límite está en función de los siguientes factores:

- El espacio que existe entre el sensor y la rueda dentada
- El Diseño de los sensores, imanes, bobinas y ruedas dentadas
- Las características de impedancia del circuito de entrada.

La fuerza de la señal no solo es proporcional a la velocidad de la rueda, sino también, como ya mencionamos, al espacio entre sensor y anillo dentado. Si dicho espacio se incrementa durante la operación del vehículo, la fuerza de la señal se reducirá. Es importante que en el diseño del sistema se tenga en consideración como va a reaccionar el ABS a la reducción en la señal. El sistema anti-bloqueo podría interpretar esto como un bloqueo de rueda y responder inapropiadamente, modulando la presión hacia los frenos.

Las características y diseño de los sensores ha mejorado considerablemente desde los años 70's. Se ha incrementado considerablemente la sensibilidad de los sensores cuando el espacio o separación es excesiva. También los diferentes aparejos

utilizados para retener los sensores en su lugar han mejorado, evitando así que estos se desajusten debido a la vibración. La figura 76 muestra una grafica de la señal de velocidad del sensor en relación al espacio entre este y la rueda dentada.

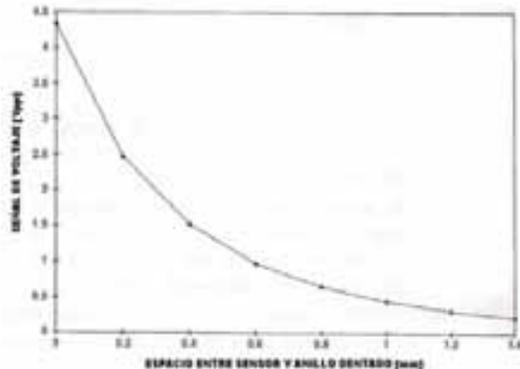


Fig. 76

El Ingeniero en diseño de los sistemas de frenos ABS tiene también que considerar el efecto del excesivo juego en la masa de los frenos que puede causar variaciones dinámicas en el espacio entre sensor y rueda dentada llamado "GAP" en inglés. Este juego puede ser el resultado de una instalación inapropiada de la rueda dentada, o una rueda dentada dañada o los rodamientos en el freno mal instalados.

El mencionado juego en la masa del freno puede resultar en una baja frecuencia en el voltaje de corriente alterna (AC). Esta información equivocada de señal de velocidad dará como resultado un pobre desempeño del sistema ABS.

MONTAJE DEL SENSOR DE VELOCIDAD

En eje delantero o de dirección, el sensor de velocidad de la rueda se monta generalmente en un barreno localizado en la masa del freno, con la ayuda de un clip sujetador el sensor se mete al barreno. Como mencionamos con anterioridad, el clip sujetado se usa para minimizar el movimiento del sensor debido a la vibración y al movimiento de la suspensión. Con esto

se evitará que el sensor se desajuste, previniendo señales falsas al ECU. La figura 77 muestra una instalación típica de un sensor en el eje delantero.

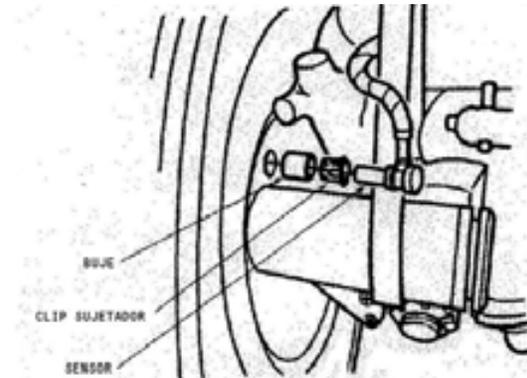


Fig. 77

De forma similar, en el eje trasero, el sensor se monta a un sujetador que esta soldado a la masa del freno o al eje mismo, como lo muestra la figura 78.

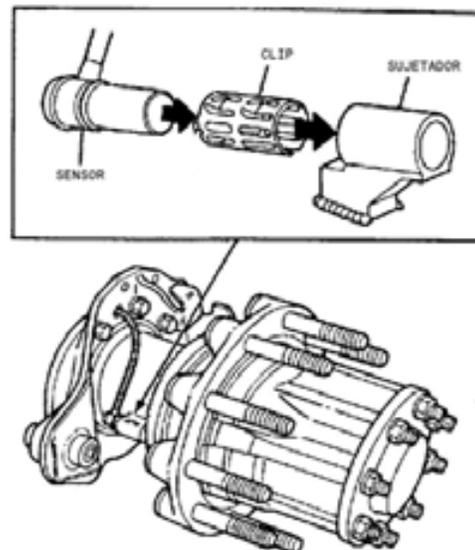


Fig. 78

Gracias al diseño de este sensor de velocidad de rueda, el peligro de

contaminación dentro de él no existe, lo que ha ayudado significativamente a reducir los problemas más comunes que se tenían hasta antes de dicho diseño.

RUEDA O ANILLO DENTADO

La rueda o anillo dentado provee como ya vimos, las interrupciones en el campo magnético del imán permanente del sensor, que generan la señal de velocidad hacia la unidad electrónica de control. Normalmente, tiene 100 dientes espaciados meticulosamente. En la figura 79 podemos ver una rueda dentada típica.



Fig. 79

Dicho anillo puede ser montado a presión en la masa de la rueda o ya sea, maquinado en ella. Sin embargo, prensado en ella es la manera más segura y menos susceptible a la vibración que otros diseños de rueda.

Los materiales con que se fabrican los anillos dentados varían de un diseño a otro. Pero, es muy importante resaltar que los fabricantes de sistemas ABS recomiendan enfáticamente que dichas ruedas o anillos tengan algún tipo de protección contra la

corrosión, ya que debido a esta, los dientes y valles pueden deteriorarse al punto de dar una señal falsa o errónea a los sensores de velocidad y como consecuencia al ECU, provocando diversas fallas, como pueden ser: activación falsa del sistema ABS, espacio o **gap** entre sensor y rueda variable, código de falla en el sensor de rueda, etc.

VALVULAS MODULADORAS DE PRESIÓN

La función de la válvula moduladora de presión ABS (válvula solenoide) es la de regular la presión de aire a cada una de las ruedas controladas por el sistema de frenos anti-bloqueo. Durante el frenado normal, las válvulas moduladoras no se activan y la presión de aire pasa directamente a través de ella hacia las cámaras del freno. Durante la operación del ABS, las válvulas moduladoras responden a las señales de la unidad electrónica de control para modular la presión de aire en las cámaras. Con ello se controla el evento de frenado y se previene el bloqueo de rueda. La válvula moduladora consiste en dos solenoides controlados eléctricamente y dos válvulas de diafragma. Los solenoides son controlados por el ECU y responden extremadamente rápido. Dichos solenoides controlan la presión en los diafragmas, los cuales abren o cierran pasajes para incrementar o reducir la presión en la cámara de freno.



Fig. 80

Al abrir y cerrar el paso de presión de aire continuamente o simultáneamente, la válvula moduladora tiene la capacidad de reducir, mantener constante o incrementar la presión. Ahora bien, como ya sabemos la cantidad de presión proviene de la señal que manda el conductor a través del pedal del freno, por lo que, el sistema de frenos anti-bloqueo no dará mayor presión de aire que la que el conductor esta solicitando.

Un sistema llamado 4S/4M tendrá cuatro válvulas moduladoras y cuatro sensores. Una en cada rueda del eje delantero y una en cada rueda del eje propulsor trasero. Están usualmente montadas en el chasis o un miembro cruzado entre la válvula relevadora o la válvula de escape rápido y la cámara del freno.

La válvula moduladora de ABS tiene tres puertos principalmente:

- El puerto de entrada que recibe la presión de aire desde la válvula relevadora.
- El puerto de entrega que como su nombre lo dice, entrega el aire a las cámaras de freno.
- El puerto de escape que libera la presión de aire desde la cámara y solo por el lado de la entrega.

Existe también el llamado paquete de válvulas moduladoras de ABS. La figura 81 muestra un paquete de válvulas para el eje propulsor trasero, como se puede ver, el paquete combina dos válvulas moduladoras de ABS y una válvula relevadora de servicio.



Fig. 81

Los paquetes de válvulas moduladoras también están disponibles para el eje de dirección o delantero. En ellos se combina una válvula de escape rápido y dos válvulas moduladoras de ABS



Fig. 82

Dichos paquetes de válvulas se montan en el vehículo en los miembros cruzados del chasis para mantener una distancia equivalente de las líneas de aire que van a las cámaras del freno. El propósito de estos paquetes de válvulas es, por supuesto, simplificar el sistema y reducir costos de instalación para el fabricante.

Dependiendo del tipo de vehículo y su configuración, puede haber en él entre tres y seis válvulas electro neumáticas. Los arneses eléctricos conectan a todas estas válvulas con el ECU.

Las válvulas moduladoras de ABS han tenido adelantos muy significativos, comparadas con las válvulas de los años 70's. Las válvulas de aquel entonces, solo eran solenoides con funciones de activada o desactivada, lo cual hacía que la presión de aire se aplicará o desaplicará, es decir, ninguna modulación controlada.

Es ahora que explicaremos la operación de las válvulas moduladoras del ABS:

FRENADO NORMAL (SIN ABS ACTIVO)

Durante un evento de frenado normal, ambos solenoides en las válvulas moduladoras están desenergizados o inactivos. Presión de aire entra a la válvula

a través del puerto de entrada, lo que hace que el diafragma de entrada se mueva de su sitio. Esto abre el pasaje hacia el puerto de entrega y permite que la presión de aire fluya directamente hacia la cámara de freno. Simultáneamente, presión de aire pasa por el solenoide de entrada desenergizado y pone presión en el diafragma de salida. Esta presión combinada con la fuerza del resorte mantiene el diafragma de salida asentado en su sitio y cierra el paso de aire desde la entrega hacia el puerto de escape.

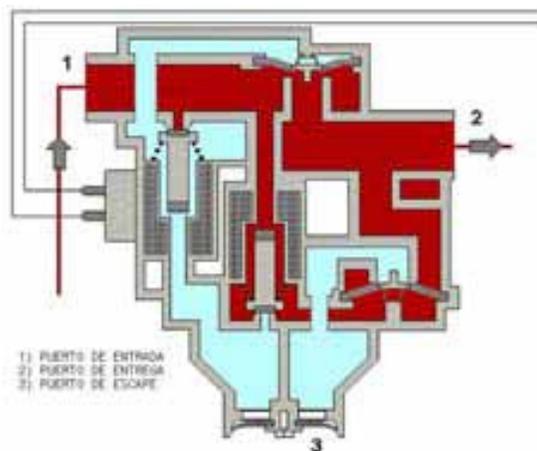


Fig. 83

La válvula moduladora de ABS mantendrá este balance (Incremento de Presión) hasta que una de las ruedas empiece a aproximarse al bloqueo. Entonces uno o ambos solenoides serán activados.

Durante esta fase de frenado normal, la presión de aire hacia los frenos puede ser reducida o aumentada por el conductor, dependiendo de la posición del pedal del freno que él este demandando.

FRENADO CON ABS (REDUCCION DE PRESIÓN)

Cuando la unidad electrónica de control determina que una de las ruedas está a punto de bloquearse, energiza (activa) ambos solenoides dentro de la válvula. Los solenoides ya energizados, permiten que la

presión de aire entre al diafragma de entrada, manteniéndolo ahora en su asiento en su sitio. Esto hace que no entre más presión de aire a la cámara de freno.

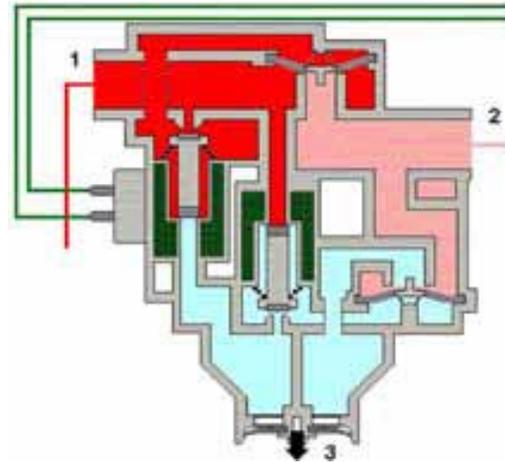


Fig. 84

Cuando el solenoide de salida está activado, corta el paso de aire hacia el diafragma de escape. Gracias a esto, la presión de aire contenida en la cámara del freno regresa a través del puerto de entrega y mueve de su sitio al diafragma de escape, abriendo el pasaje hacia el puerto de escape y por consiguiente saliendo a la atmósfera.

FRENADO CON ABS (PRESIÓN MANTENIDA)

Cuando la cantidad suficiente de aire es liberada a través del puerto de escape o salida que evitará que la rueda se bloquee, es cuando entonces el solenoide de escape o salida es desenergizado. Esto hace que el diafragma de escape o salida se asiente en su lugar y previene que más aire salga de la cámara del freno. Por su parte, el solenoide de entrada permanece energizado para prevenir que más presión de aire pase hacia la cámara.

En la figura 85 podemos observar la acción de la válvula manteniendo la presión dentro

de la cámara de freno. El ECU por su parte continuará monitoreando la velocidad de la rueda para determinar si dicha acción esta funcionando para evitar la aproximación a velocidad cero de ésta.

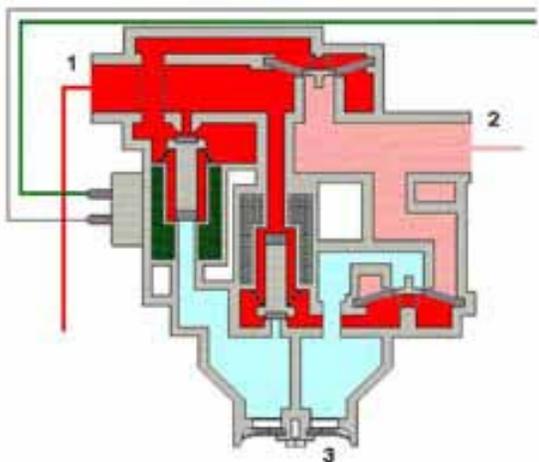


Fig. 85

FRENADO CON ABS (REAPLICACION DE PRESIÓN)

Como mencionamos anteriormente, La unidad electrónica de control continua monitoreando la velocidad de las ruedas y determina cuando reaplicar la presión de aire a la cámara del freno. Cuando es necesario, ambos solenoides son desenergizados para que el sistema retorne su estado normal de aplicación de los frenos. Esto es, el sistema regresa al valor o nivel de presión de aire solicitado por el operador del vehículo a través del pedal del freno. Es importante recordar nuevamente que, es el conductor el que determina la cantidad máxima de presión que se aplica a las ruedas. Dicha presión nunca podrá ser mayor a la que solicita el conductor cuando el ABS esta activo.

El ECU cicla los diferentes estados o modos de las válvulas muy rápidamente para poder controlar la velocidad de las ruedas.

Como se puede observar, el principio de operación del sistema ABS es muy simple.

Ahora bien, después de revisar dicha operación básica de lo que las válvulas moduladoras llevan a cabo cuando se detecta un evento de ABS, tenemos que hablar de los otros factores y componentes que trabajan también para el mejor desempeño del sistema.

ENLACE DE DATOS (DATA LINK)

La capacidad de los sistemas de frenos anti-bloqueo ha sido incrementada enormemente gracias a la tecnología del enlace de datos o "Datalink" por su término en inglés. Para explicarlo de la manera más sencilla, el enlace de datos es una comunicación física y electrónica entre todas las llamadas computadoras del vehículo, los vehículos comerciales de hoy en día hacen uso cada vez mayor de controladores electrónicos para muchos componentes dentro de ellos.

Al usar este enlace de datos y el protocolo J1939 de la SAE (Society of Automotive Engineers) el sistema mejoró su desempeño radicalmente porque ahora puede interactuar activamente con las mencionadas otras unidades electrónicas del vehículo como el ECU del Motor o el ECU de la transmisión.



Fig. 86

El sistema de frenos anti-bloqueo debe ser capaz de comunicarse con aquel componente que controla los retardadores o tercer freno del vehículo con el fin de apagar o deshabilitar esta función. La razón es porque, la acción del retardador o freno de motor puede bloquear las ruedas en ciertas condiciones de carga y características de la carretera, aun sin presión de aire en los frenos. El sistema habilitará o deshabilitará la acción de dicho tercer freno, cualquiera que este sea, cuando detecta un evento de ABS, es decir cuando una rueda esta a punto de bloquearse. El enlace de datos

SAE J1939 provee esta capacidad. Dicho enlace de datos también permite la operación efectiva del sistema en eventos de Control de Tracción o ATC por sus siglas en inglés. La función ATC del sistema será explicada y analizada más tarde en este capítulo.

CONFIGURACIONES DEL SISTEMA

El sistema más comúnmente usado hoy en día en los tractores, camiones y autobuses es el llamado 4S/4M, que significa que tiene cuatro sensores y cuatro moduladores. Un sistema 4S/4M puede ser usado en un vehículo que tiene dos o tres ejes (Ejes Tandem). Cuando se instala en un vehículo con dichos ejes, el resultado será que uno de los ejes traseros no tendrá sensores. El eje no sensado será controlado por la señal del eje con sensor.

En un vehículo con ejes Tandem y una configuración 4S/4M, es muy importante montar el sensor en el eje que tiene las mayores posibilidades de bloquearse debido a que tiene menos carga o peso. Típicamente este será el eje delantero del Tandem si el vehículo tiene una suspensión mecánica o de muelles. Por su parte, un vehículo con suspensión de aire, los sensores se montan en el eje trasero del Tandem. La figura 87 muestra un diagrama de un vehículo con un sistema 4S/4M.

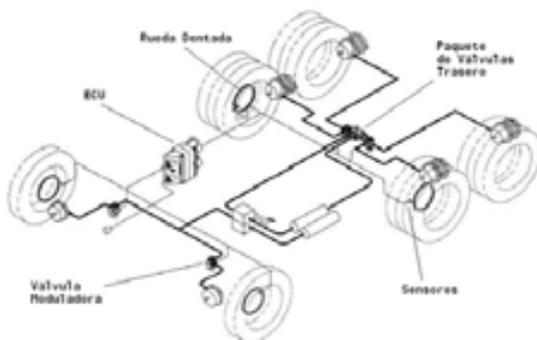


Fig. 87

Cabe destacar, que lo anterior son recomendaciones de los fabricantes. Pero un vehículo puede requerir que absolutamente por ningún motivo las ruedas se bloqueen. En dicho caso, será necesario instalar otro tipo de configuración como 6S/4M o 6S/6M.

Como podemos deducir de su nombre, un sistema 6S/4M tendrá seis sensores y cuatro válvulas moduladoras. En el caso del mismo vehículo del que estamos hablando, ahora todas las ruedas tendrán un sensor, pero las ruedas en uno de los ejes del Tandem seguirán dependiendo del control de las válvulas del otro eje. A continuación vemos en la figura 88 un esquema típico de dicha configuración.

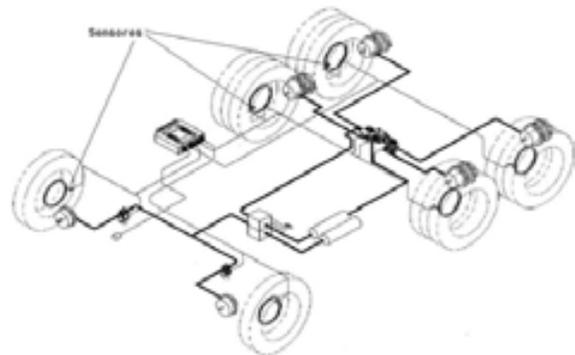


Fig. 88

Los autobuses articulados que todos conocemos, requieren un sistema 6S/6M de ABS para mantener la estabilidad lateral durante eventos de frenado en curva. La articulación que los tiene la posibilidad de provocar que el vehículo se doble. En la figura 89 vemos un esquema del 6S/6M:

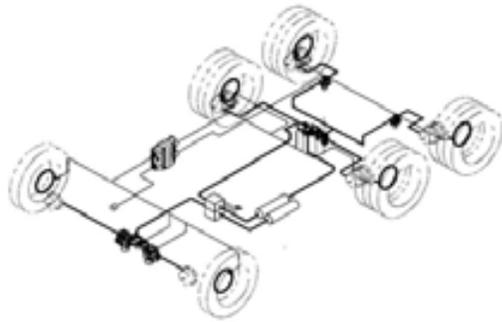


Fig. 89

ALGORITMO DE CONTROL

El Corazón de todo sistema de frenos anti-bloqueo es el algoritmo que se usa para controlar el comportamiento del sistema. Aun cuando la mayoría de los sistemas de frenos anti-bloqueo tienen esencialmente los mismos componentes (ECU, sensores de velocidad de la rueda y válvulas modificadoras), el algoritmo de control es la porción del sistema que provee la diferencia en el desempeño de cada fabricante. El algoritmo es el "software" por su término en inglés o programa que procesa la información de entrada proveniente de los sensores de rueda y determina lo que dicha información significa, así como que acción se debe tomar o que señal de control dar a las válvulas modificadoras. Es preciso tener un conocimiento muy profundo de la física y dinámica del vehículo para poder desarrollar un efectivo algoritmo de control para el sistema ABS. Cada fabricante de sistemas anti-bloqueo desarrollará su propio algoritmo, basado en su filosofía de diseño y experiencia.

CONSIDERACION PARA EL DISEÑO DEL ALGORITMO DEL SISTEMA ABS

El diseñador debe considerar un amplio rango de factores operacionales del vehículo cuando desarrolla un algoritmo de ABS. No es suficiente considerar solamente aplicaciones de freno a la máxima presión o un número limitado de configuraciones de vehículos. Máxima presión de aire se usa solamente en el 1% de las paradas de un vehículo comercial. Se debe considerar las características de las válvulas modificadoras

para asegurar un desempeño apropiado de ellas en los diferentes rangos de presión.

Como ya mencionamos, las diferentes combinaciones o configuraciones de vehículos influyen de manera significativa en el desempeño del sistema. Típicamente un vehículo con distancia entre ejes muy corta representará el peor de los casos para estabilidad y esfuerzo para direccional el camión en una situación de emergencia. Dicho vehículo con un centro de gravedad alto experimentará transferencia de peso mayores durante frenadas en las que se aplican altas presiones de aire.

Se debe tomar en consideración también el número y volumen de las cámaras de freno en el vehículo, ya que pueden afectar el tipo de respuesta a la presión de aire que se aplique. Un sistema optimizado para un vehículo 4x2 puede responder muy lento cuando se aplica a un vehículo 6x4.



Fig. 90

El diseño del sistema básico de aire puede tener también un efecto importante en la operación del sistema ABS. El tamaño de las líneas de control, de suministro y entrega, así como los cople, etcétera; pueden alterar la respuesta del sistema y por tanto deben tomarse en consideración.

El diseñador o programador debe considerar que la diferencia entra un



vehículo cargado y descargado puede llegar a ser del orden de 10:1. Así, un sistema optimizado para un vehículo descargado tendrá un pobre desempeño cuando el vehículo esta completamente cargado. Se deben de considerar también las variaciones y respuestas de la suspensión, ya que por supuesto, impactan la dinámica del vehículo.

La forma de reaccionar del algoritmo de ABS también puede ser afectada por las vibraciones inducidas debido a la agresividad de las balatas o zapatas en el sistema de frenos. Las vibraciones generadas por cruzar vías del tren, baches o carreteras en mal estado afectan el balance del diseño del programa.

Existen además otros factores por considerar en el diseño, hablamos de las vocaciones de cada vehículo que pueden requerir un algoritmo único para funcionar efectivamente. Algunos de estos factores pueden ser:

- Uso de diferentes tamaños de rueda entre ejes delanteros y traseros.
- Uso de frenos del motor o tercer freno.
- Condiciones especiales de “fuera de carretera”.

En conclusión, el desarrollo de un algoritmo de ABS aceptable es una tarea ardua y complicada, que consume enormes cantidades de tiempo y que no puede solamente hacerse en un simulador o pruebas de laboratorio. Se debe hacer un exhaustivo proceso de prueba en campo con vehículos de la vida diaria.

CONTROL DEL FRENO DE MOTOR O RETARDADOR

El sistema ABS debe de incorporar un forma de control para cualquier mecanismo auxiliar de freno, como el freno de motor, un retardador, freno de escape, etcétera; Esto es necesario debido a que la acción retardadora de dichos componentes pude

ser suficiente para bloquear las ruedas en superficies de un bajo coeficiente de rozamiento, aun sin aplicar los frenos. Los sistemas ABS de hoy incorporan un arreglo de control para desactivar los mencionados componentes auxiliares durante un evento de frenado ABS.

Si el freno de motor actua solo y el ECU detecta deslizamiento de rueda o excesiva desaceleración, el retardador se desactiva y se mantendrá desactivo hasta que la tendencia al bloqueo desaparezca o el conductor desactive manualmente dicho componente.

Si el conductor aplica los frenos de servicio junto con el freno de motor y las ruedas traseras tienden a bloquearse por esta acción, entonces el sistema modulará la presión de aire de servicio hacia las ruedas.

Ahora bien, si los frenos son aplicados severamente, de tal forma que también el eje delantero tiende a bloquearse, el freno de motor se desactivará y permanecerá en este estado para que el sistema ABS tenga un optimo desempeño.

El freno de motor o retardador es reactivado una vez que el evento de ABS se ha terminado. El control de estos componentes auxiliares puede lograrse mediante una de las siguientes acciones:

- 1) La unidad electrónica de control manda una señal de voltaje para energizar un relevador que controla al componente.
- 2) El ECU transmite un mensaje a través del enlace de datos SAE J1939 al ECM del motor, que en turno desactiva el freno de motor o retardador.

Cuando los sensores de velocidad indican que las ruedas no se están bloqueando ya, los componentes auxiliares de freno son reactivados automáticamente.

DISEÑO PARA EL DIAGNOSTICO DEL SISTEMA

Además de desarrollar el algoritmo de control para el sistema de frenos anti-bloqueo, el diseñador debe de tomar en consideración otros aspectos concernientes a la ley. Ahora que sabemos que el sistema ABS es una parte integral del sistema total de frenos del vehículo, es necesario que el sistema sea capaz de dar información al conductor cuando se detecte cualquier tipo de problema. Los sistemas de hoy en día están diseñados para revisar y confirmar automáticamente todas las funciones eléctricas del sistema durante su operación.

Todas las unidades electrónicas de control de hoy tienen la capacidad de diagnosticar problemas en el sistema. Lo anterior se logra gracias a lo siguiente:

- Código de fallas a destellos
- Panel de Instrumentos Inteligente
- Herramientas especializadas
- Programas de diagnóstico para PC

Fallas que han sido detectadas por el sistema son almacenadas en una memoria no volátil o EEPROM como es conocida en inglés. Esta capacidad de almacenamiento, es muy importante, ya que, provee al técnico o mecánico la posibilidad que ha sucedido con el sistema o la falla detectada, aun cuando ya la falla no este presente. En el ECU almacena el tipo de falla y el número de veces que ha ocurrido.

La adición de todas estas herramientas de diagnóstico, representan uno de los mas significativos avances en los sistemas de frenos ABS de hoy. En los años 70's, el diagnóstico de fallas se limitaba a determinar solamente circuitos abiertos o aterrizados. La única herramienta al alcance era un voltímetro.

El desarrollo de una buena y sólida estrategia de diagnóstico comienza con el entendimiento de todas las fallas que se pueden presentar durante la operación del sistema. Los principales objetivos de dicha estrategia son:

- ✘ Determinar y entender todos los tipos de fallas
- ✘ Detectar fallas durante el inicio y la operación del sistema
- ✘ Tomar medidas apropiadas que maximicen el comportamiento del sistema cuando una falla ha sido detectada
- ✘ Informar al conductor u operador
- ✘ Tener la capacidad de comunicar al técnico o mecánico la información necesaria para determinar el tipo de falla, localización, etc.

DETECCION DE FALLAS

Las estrategias desarrolladas para la detección de fallas en el sistema generalmente incluyen:

- ➔ Señal del sensor de velocidad
- ➔ Válvulas moduladoras de presión
- ➔ Válvula de control de tracción
- ➔ Lámparas Indicadoras de falla
- ➔ Fuente de Poder
- ➔ Comunicación con otras ECUs
- ➔ Control del retardador
- ➔ Pruebas a la memoria RAM/ROM
- ➔ Pruebas internas al ECU
- ➔ Pruebas a los parámetros del ECU

La detección de fallas en el sistema se divide en dos clasificaciones. Aquellas pruebas que hacen al iniciar o arrancar el sistema y aquellas pruebas que se llevan a cabo en forma continua o cíclica mientras el sistema esta en plena operación.



Fig. 91

Cada vez que el conductor u operador arranca el vehículo (a través del switch de ignición) una prueba interna y externa de los componentes del sistema se inicia. La unidad electrónica de control activa brevemente las válvulas moduladoras y automáticamente revisa los circuitos de los sensores de velocidad de rueda. Dentro de esta prueba inicial, también otros componentes electrónicos son verificados.

Después de la prueba inicial y de la no detección de fallas, el sistema continúa monitoreando la operación del sistema. Esto incluye, un monitoreo continuo de la señal de los sensores, las válvulas moduladoras, la válvula de ATC, el retardador, lámparas indicadoras de falla, etc. La señal de los sensores es verificada por dos razones, continuidad del circuito y fuerza de la señal, ya que si existe un espacio más grande del especificado entre el sensor y la rueda dentada, la señal se debilitará.

Si una falla es detectada durante el monitoreo, la reacción del ECU se iniciará. Esto puede incluir, iluminar la lámpara del ABS en el panel de instrumentos, grabar en la memoria la falla detectada, transmitir un mensaje de falla a través del enlace de datos (J1587 por ejemplo) e iniciar las funciones para una operación segura.

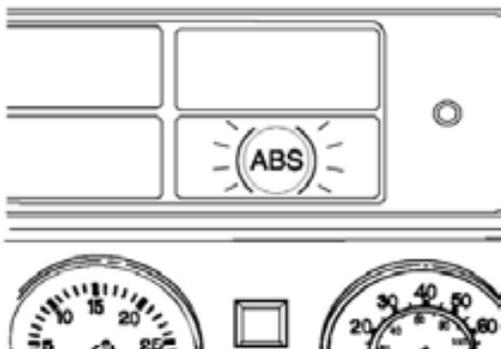


Fig. 92

Existen también las fallas de tipo intermitente, dichas fallas como falso contacto de los conectores eléctricos o contactos corroídos pueden prender y luego apagar la lámpara de falla. En estos casos, la unidad electrónica de control grabará y almacenará el tipo de falla la frecuencia con que ha ocurrido para que cuando el vehículo sea revisado, el técnico tenga dicha información a la mano. Como ya mencionas con anterioridad, existen una gran variedad de técnicas y herramientas para extraer la información de diagnóstico del sistema.

Esta habilidad para almacenar fallas intermitentes no existía en los años 70's. En dicho periodo, los mecánicos no tenían forma de determinar la causa de dichos problemas intermitentes. Por lo tanto, en muchas ocasiones los problemas regresaban cuando el vehículo estaba nuevamente en operación. Esto fue uno de los muchos factores que hicieron que la industria perdiera la confianza en los sistemas ABS de dicha era.

Actualmente, una unidad electrónica de control es capaz de monitorear e identificar un gran número de condiciones de falla. Por ejemplo, el sistema anti-bloqueo hecho por Meritor-WABCO puede identificar hasta 132 condiciones de falla en el sistema.

La tecnología de hoy, sin embargo, no tiene forma de proveer información de diagnóstico para fallas del tipo mecánico. Es por eso que es muy importante tener un mantenimiento preventivo riguroso en todos los vehículos comerciales. Quizá pronto veremos tecnologías que nos ayuden a verificar y monitorear fallas de este tipo.

HERRAMIENTAS DE DIAGNOSTICO

En la etapa inicial de los sistemas ABS por allá por los años 70's, los técnico y mecánicos de servicio no tenían las herramientas necesarias o suficientes para diagnosticar dichos sistemas. Hoy en día, como ya hemos visto, los sistemas de frenos anti-bloqueo proporcionan diferentes



Fig. 95

A diferencia de los destellos o del panel inteligente, estas herramientas permiten no solamente leer las fallas, borrarlas, etc. También tienen la capacidad de hacer pruebas a los componentes y obtener información más avanzada de ellos. Por ejemplo, podemos mencionar:

- ⇒ RPMs y voltajes de los sensores
- ⇒ Activar las válvulas moduladoras
- ⇒ Activar las lámparas de ABS y ATC
- ⇒ Hacer pruebas al enlace de datos
- ⇒ Activar el relevador del retardador

Cabe mencionar también que, algunos fabricantes de sistemas ABS tienen sus propias herramientas especializadas para comunicarse con sus computadoras, sin embargo los talleres de servicio no van a tener una herramienta para cada proveedor de sistemas de frenos anti-bloqueo. Herramientas como el *Pro-Link 9000* pueden utilizarse para diferentes sistemas ABS e incluso para comunicarse con las computadoras del motor o transmisión.

PROGRAMAS DE DIAGNOSTICO PARA PC

Hoy en día ya no es difícil encontrar en un taller de servicio una computadora personal portátil o también llamada **LapTop** por su nombre en inglés. En ella se pueden encontrar todos los diferentes programas de los diferentes fabricantes de sistemas para comunicarse con las computadoras instaladas en el vehículo.

Existen muchas ventajas en usar dicha computadora para diagnosticar el sistema

ABS, sin embargo todavía es un punto que la industria necesita más discusión por todo lo que implica. Esto es comunizar sistemas operativos, dar entrenamiento a los técnicos y por supuesto computadoras y programas al alcance de todos.

Una de la ventajas más obvias del diagnostico a través de una PC es su capacidad de proveer la información en forma detallada y gráficamente. Este tipo de programas tienen también los manuales de servicio grabados digitalmente en ellos, de esta forma, cuando el técnico lee la información de la falla, el programa también le da las instrucciones a seguir para repararla. Es posible también leer información contenida dentro de la memoria de la computadora como, número de parte del ECU, número de serie, fecha de fabricación, etc.



Fig. 96

En la figura 96 vemos un ejemplo del programa de diagnostico hecho por Meritor-WABCO llamado *ToolBox™*.

Aun cuando estos programas de diagnostico ofrecen excelentes oportunidades de mejora en el campo de los sistemas anti-bloqueo, el desarrollo de programas más sofisticados será clave para el éxito de los sistemas de frenos del futuro, estamos hablando de sistemas EBS (Sistemas electrónicos de Frenos) o ESC (Sistemas electrónicos de

control de estabilidad) dichos sistemas serán tratados en un capítulo más adelante.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de frenos anti-bloqueo en si no requiere de ningún procedimiento periódico de mantenimiento que no sea el normal para los frenos normales. Como ya hemos aprendido, los componentes del ABS no requieren cambios de liquido, lubricación y no contienen partes o sellos que requieran cambiarse debido al desgaste durante la vida útil del vehículo. Las válvulas moduladoras de presión están susceptibles a daños causados por agua o contaminación al igual que los componentes del sistema de frenos básico.

Los técnicos y mecánicos deben tener cuidado de no dañar los sensores de velocidad o las ruedas dentadas cuando remplacen las balatas y zapatas de las ruedas. Los sensores deben revisarse para confirmar que están ajustados apropiadamente.

CONTROL AUTOMATICO DE TRACCION (ATC)

El sistema ABS puede expandir sus capacidades de tal forma que puede usarse para mejorar la tracción en los vehículos comerciales. La unidad electrónica de control puede ser equipada con un algoritmo que sea capaz de controlar automáticamente la tracción del camión. Dicha función se logra utilizando los sensores de velocidad, las válvulas moduladoras, una válvula adicional, llamada válvula ATC por sus siglas en inglés y finalmente el enlace de datos J1939. El control automático de tracción también es conocido como ASR (Regulación Automática del Deslizamiento) en inglés.

Esta función determina la necesidad de mejorar la tracción del vehículo comparando la velocidad rotacional de las ruedas del eje motriz contra la velocidad rotacional de las ruedas del eje de dirección. Si la velocidad en la parte trasera del vehículo es mayor a

la velocidad en la parte delantera, es obvio que se están deslizando lo que desmerita la tracción del vehículo. Para evitar esto, el sistema utiliza dos modos de control u operación: Controla el torque del motor y la comanda una aplicación diferencial de frenos en el eje motriz.

Básicamente, si el ECU determina que una de las ruedas del eje motriz se esta deslizando, comandará a la válvula ATC para que se abra y permita que aire a presión llegue a la cámara del freno de esa rueda, activando al mismo tiempo la válvula moduladora del lado contrario para que presión de aire no llegue a la rueda que no se esta deslizando. Con esto logra, que el torque del motor se vaya hacia dicha rueda que tiene la mejor tracción y este no sea desperdiciado en la rueda deslizando.

Ahora bien si el ECU detecta que ambas ruedas del eje motriz se están deslizando, entonces mandará un mensaje a través del enlace de datos para pedir a la unidad electrónica de control del motor que reduzca el torque del motor, optimizando así la tracción del vehículo.

COMPONENTES DEL ATC

Como ya mencionamos anteriormente, la función de ATC necesita de los siguientes componentes:

- ⇒ Válvula solenoide para el control diferencial de frenos
- ⇒ Conexión con el enlace de datos
- ⇒ Válvulas moduladoras de presión
- ⇒ Algoritmo de control

La válvula ATC mostrada en la figura 97 usa un solenoide de 3 puertos y dos posiciones para aplicar presión de aire al sistema de frenos básico.



Fig. 97

Además de los componentes descritos arriba, un vehículo con ATC también tendrá una lámpara en el panel de instrumentos para el conductor, esta lámpara destellará para informarle que esta en un evento de control o regulación de la tracción.

CAPITULO 5

SISTEMAS ABS DE HOY PARA REMOLQUES

La industria de vehículos comerciales en la región de Norte América es muy vasta, abarca como ya hemos visto desde Tractores, Camiones de Carga, Autobuses, Camiones de Bomberos, Vehículos de la Construcción como grúas, vehículos militares y demás. Sin duda, los vehículos comerciales que más vemos en nuestros caminos y carreteras, son aquéllos que transportan bienes para nuestra vida diaria, estamos hablando por supuesto de combinaciones de Tractor-Remolque. El capítulo anterior abarco la parte del Tractor, ahora, trataremos el tema de los sistemas ABS para los remolques o también llamados *Traileres* por su nombre en inglés.

La adición de frenos anti-bloqueo al remolque asegura un óptimo balance entre estabilidad del vehículo y la distancia de frenado en un más amplio rango de condiciones de operación.



Fig. 98

Muy similar a la operación del ABS en los camiones, la unidad electrónica de control del sistema de frenos anti-bloqueo en el remolque monitorea continuamente la señal que le mandan los sensores de velocidad de las ruedas. El ECU utilizará su propio algoritmo de control que ha diseñado especialmente para ello para analizar dicha señal. Cuando la computadora detecta que bloqueo en alguna rueda es inminente, mandará una señal o comando a la válvula o válvulas moduladoras de presión, con ello

evitando el bloqueo y así mantener la estabilidad en el remolque.

Como lo discutimos antes en capítulos anteriores, una rueda que se bloquea durante un evento de frenado, no puede generar las fuerzas laterales necesarias para mantener el control del vehículo. Al asegurar que las ruedas continúen rodando y con ello generando dichas fuerzas laterales, el sistema minimiza la tendencia del remolque por colearse o resbalarse debido a una frenada de emergencia o de pánico (Figura 99).

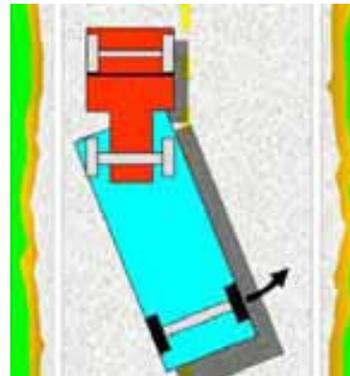


Fig. 99

En los años 70's, la ley requería que los remolques tuvieran sistemas ABS. Sin embargo, como ocurrió con dichos sistemas en los camiones, la tecnología no estaba suficientemente desarrollada, por lo que el sistema causaba más problemas a los propietarios que beneficios, más tarde la ley se cambió y los sistemas ABS fueron desechados por la industria.

A principios de los años 1990's los sistemas de frenos ABS regresaron al mercado de Norte América. Dichos sistemas mostraron avances tecnológicos significativos. A pesar de ello, la industria de remolques tardó todavía un poco en asimilar esta nueva tendencia, debido principalmente a los

antecedentes que se tenían y por supuesto al costo de estos primeros sistemas. Más tarde, algunas flotillas con una visión más progresista reconocieron los beneficios de los sistemas ABS. Los primeros fueron trailers tanques o pipas, sus dueños vieron como ahorran dinero en menos llantas dañadas por bloqueos y a la vez también, mayor estabilidad y menos accidentes.

Para entonces, los sistemas de frenos anti-bloqueo para camiones y tractores ya había demostrado su efectividad y así el mercado para los sistemas ABS de remolques se abrió y comenzó a crecer rápidamente.

Fue entonces que después de diversas pruebas en el campo, las autoridades de transporte de los Estados Unidos, a través de las regulaciones conocidas como FMVSS 121 emitieron un requerimiento por ley para que todos aquellos remolques fabricados después de Marzo 1° de 1998 fueran equipados con algún tipo de sistema de frenos anti-bloqueo. Lo que por supuesto incrementó aun más el mercado para estos sistemas de frenos.

A este respecto y como siguiente fase, la ley ahora requiere que todos los tractores que jalan remolques fabricados a partir de Marzo 1° de 2001 tienen que tener una lámpara en el panel de instrumentos dedicada exclusivamente al ABS del remolque.

Antes de dicho requerimiento, el sistema ABS del remolque operaba completamente independiente del sistema del Tractor a excepción de recibir voltaje de este.

Las que antes mencionamos, FMVSS 121, requieren como ya vimos que los remolques estén equipados con algún sistema de frenos anti-bloqueo, esto no significa que dicho sistema sea electrónico. Los requerimientos básicos que el sistema ABS para remolques debe cumplir son:

- ✓ Debe de medir o monitorear la velocidad angular de la rueda
- ✓ Debe ser capaz de transmitir la información de velocidad de la rueda a

uno o mas aparatos de control que procesen dicha información y generen respuestas de control

- ✓ Tiene que tener un modulador de aire que pueda ajustar la presión sobre la rueda en respuesta a las señales de control

Técnicamente, todo lo anterior se puede lograr mecánicamente, sin embargo, sabemos que la forma más práctica de lograrlo es con medios electrónicos. Muy similar a los de los camiones, como ya observamos, los sistemas ABS para remolques se componen de tres elementos primordiales:

- a) Una unidad electrónica de control
- b) Válvulas moduladoras de presión
- c) Sensores de velocidad de rueda

La unidad electrónica de control contiene un microprocesador que controla el sistema. Existen varias configuraciones dependiendo del número de ejes y válvulas moduladoras que el fabricante quiera usar.

TEORIA OPERACIONAL DEL ABS PARA REMOLQUES

La operación del sistema de frenos ABS para los remolques es esencialmente la misma a la del tractor o camión, la cual fue discutida en el capítulo anterior. En resumen, el remolque tiene un ECU que recibe la señal de velocidad de los sensores en las ruedas, los cuales monitorean constantemente dicha velocidad. Cuando el ECU determina a través de esta información que una rueda esta a punto de bloquearse, comandará a una o varias válvulas de control la modulación de la presión de aire hacia las cámaras de freno.



Fig. 100

COMPONENTES DEL SISTEMA

UNIDAD ELECTRONICA DE CONTROL PARA REMOLQUE

El ECU recibe e interpreta la señal de velocidad de las ruedas que los sensores le mandan y usa dicha información para determinar si una rueda se aproxima al bloqueo y así modular la presión de aire a través de las válvulas modulares, para evitar el bloqueo.

El tablero electrónico dentro del ECU esta generalmente subdividido en los siguientes grupos funcionales:

- ⊕ Circuitos de Entradas
- ⊕ Circuitos Principales
- ⊕ Circuitos de Seguridad
- ⊕ Circuitos para el control de válvulas

Las señales generadas por los sensores de rueda son recibidas y filtradas por los circuitos de entrada y convertidas a información digital.



Fig. 101

Los circuitos principales llevan a cabo revisiones de seguridad cuando el ECU recibe voltaje y el remolque comienza a moverse. Todos los sensores, válvulas solenoide, sistemas electrónicos y cables son revisados continuamente. En caso de que una falla sea detectada, los circuitos de seguridad informaran al conductor a través de la lámpara o luz de ABS montada en la cabina. Desactivando parte o completamente el sistema. Como lo estudiamos anteriormente, el sistema

también esta diseñado en tal forma que, aun cuando el sistema ABS sea desactivado completamente, el sistema de frenos básicos permanecerá intacto. Finalmente, el ECU controla las válvulas moduladoras a través de los circuitos de control de válvulas.



Fig. 102

La figura 102 nos muestra un ejemplo de la unidad electrónica de control para remolque, hecha por la compañía Meritor-WABCO.

Ahora bien, en los sistemas ABS para remolques, los componentes pueden ser instalados separados como en los tractores, o bien, pueden ser integrados en un solo ensamble, como lo podemos observar en la siguiente figura 103.

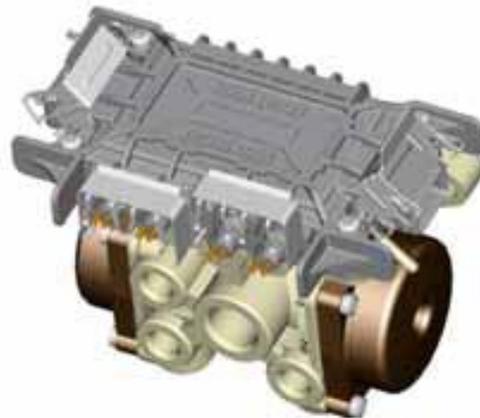


Fig. 103

El diseño mostrado arriba integra el ECU, dos válvulas moduladoras, conectores para

los sensores, un conector para el voltaje y un conector para una válvula relevadora/moduladora externa.

VALVULA RELEVADORA/MODULADORA EXTERNA

Más adelante, hablaremos de las diferentes configuraciones que el sistema ABS para remolques ofrece. Mientras tanto, cuando se trata de una configuración que así lo requiera, la imagen de la figura 104 nos muestra una válvula moduladora suplementaria que se agrega al sistema en caso necesario, dependiendo del número de ejes y ruedas que se quieran controlar.

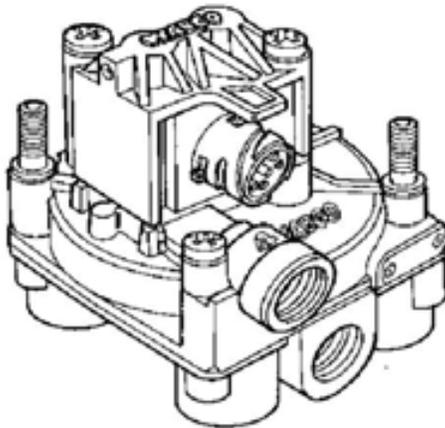


Fig. 104

Esta válvula moduladora externa, esta controlada igualmente que las del tractor, por dos solenoides operados eléctricamente. Cuando el sistema lo requiere, el ECU mandara señales a esta válvula para modular la presión a las cámaras de freno en el eje correspondiente donde este instalada dicha válvula.

Esta válvula es también una válvula relevadora, es decir abre y cierra el paso de aire de suministro desde el tanque de reserva hacia las cámaras, dependiendo de la señal de control que el conductor demande a través del pedal del freno. Entonces cuando el sistema ABS esta inactivo, esta válvula realiza simplemente su función básica de válvula relevadora. Durante un evento de ABS, la válvula

responderán a la acción de sus solenoides, liberando, manteniendo o reaplicando la presión de aire hacia las cámaras dependiendo de la duración del evento y hasta que el ECU determine que ya no existe riesgo de bloqueo en las ruedas.

SENSORES DE VELOCIDAD Y RUEDAS DENTADAS

Como ya hemos estudiado, un sensor de velocidad estará localizado en cada rueda que se quiera monitorear. Dicho sensor funciona de la misma manera descrita en el capítulo anterior. La rueda o anillo dentado usa el mismo principio que los de los tractores y camiones.

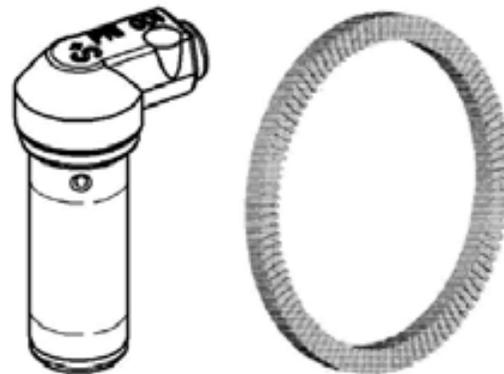


Fig. 105

Un remolque puede tener dos, cuatro o más sensores, dependiendo de la configuración del sistema. Los sensores están montados en la parte interior del ensamble de freno en los dos extremos de cada eje.

En un trailer con ejes Tandem y dos sensores, estos deberán localizarse en el eje que tiene la mayor tendencia a bloquearse primero. Esto estará determinado por las características de la suspensión.

Típicamente, los sensores se montaran en el eje delantero del Tandem si la suspensión es de muelles. Para una suspensión de aire, el eje trasero es el que tendrá los sensores.

Las anteriores, son reglas generales, sin embargo, siempre se recomienda consultar con el proveedor de la suspensión para entender completamente el desempeño de la suspensión en diversas situaciones.

LUZ O LAMPARA INDICADORA DE ABS

Una lámpara indicadora de ABS que advierta al conductor sobre fallas en el sistema es requerida. Esta debe estar montada en el cuerpo o estructura del remolque (Figura 106).

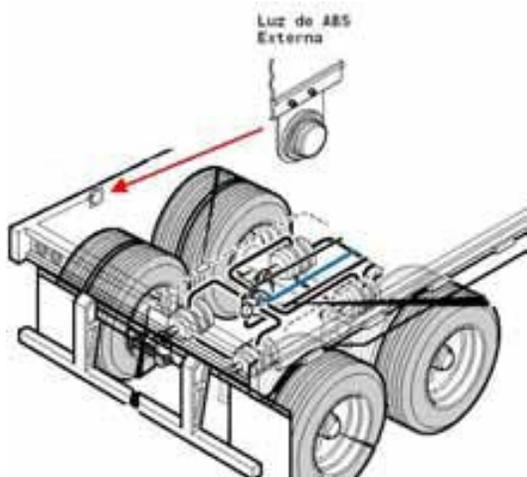


Fig. 106

La ley indica que dicha luz tiene que montarse de manera permanente en el lado izquierdo del remolque, esto con el objeto de que el conductor vea dicha lámpara cada vez que use su espejo lateral izquierdo.

Ahora bien, como vimos anteriormente, la ley también requiere hoy en día que, la computadora del remolque comunique el status de la lámpara de ABS del remolque al ECU del tractor. De esta forma, el conductor también tendrá una luz de advertencia en el panel de instrumentos dedicada exclusivamente al remolque.

La función anterior se logra a través de algo conocido en la industria como PLC (*Power Line Carrier*) por sus siglas en inglés. Más

adelante en este capítulo hablaremos sobre este tema y explicaremos la función y características del mismo en relación a la comunicación entre el tractor y el remolque.

CONECTOR PARA VOLTAJE Y TIERRA

Un conector y cable con 8 cavidades entrega el voltaje y tierra, además del control de la lámpara de ABS externa a la unidad electrónica de control (Figura 107)

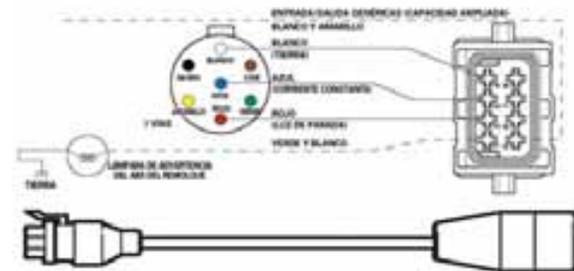


Fig. 107

Como podemos observar, el ECU recibe dos fuentes de poder, una de la luz de alto y la otra una fuente constante. Existen también cables de poder que ofrecen la opción de un conector extra para diagnóstico, pero todo esto será tratado más adelante en este capítulo.

CONFIGURACIONES DEL SISTEMA

El ensamble que presentamos anteriormente de ECU/válvulas está diseñado para operar solo o en conjunción con la válvula relevadora/moduladora externa. Las siguientes son las diferentes configuraciones que se pueden tener:

- ▶ **2S/1M** se refiere a dos sensores y ECU/modulador
- ▶ **2S/2M** se refiere a dos sensores y un ECU/dos moduladores
- ▶ **4S/2M** se refiere a cuatro sensores y un ECU/dos moduladores
- ▶ **4S/3M** se refiere a cuatro sensores, un ECU/dos moduladores y una válvula moduladora externa

Es entonces necesario explicar cada una de las anteriores configuraciones con un poco más detalle.

➤ 2 SENSORES+1 MODULADOR

Esta configuración utiliza, como ya vimos, dos sensores de velocidad de rueda y un ECU/modulador como el que se muestra en la figura 108.

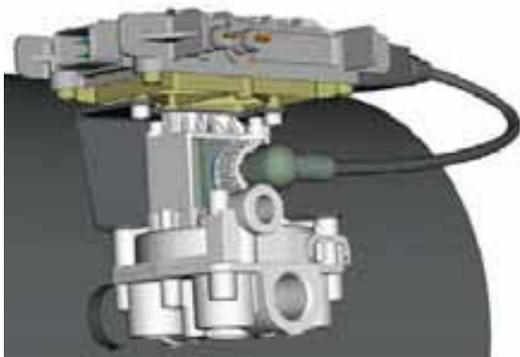


Fig. 108

Como se puede observar, este modelo integra la computadora de ABS y una válvula moduladora en un mismo ensamblaje. Se usa en un remolque con un solo eje o un eje Tandem. En caso de que el remolque tenga un Tandem, el sistema va a monitorear la velocidad de rueda en un solo eje. La única válvula moduladora, controlará la presión de aire en caso de un evento de ABS a ambos ejes. A continuación se muestra un esquema de este tipo de configuración (Figura 109):

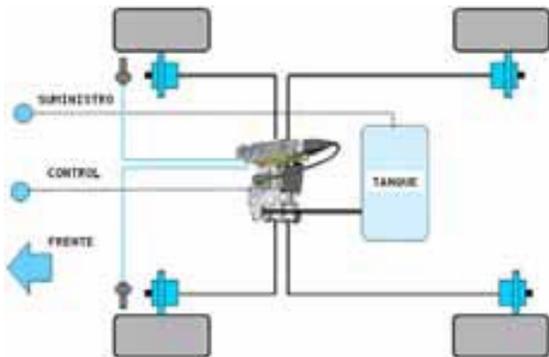


Fig. 109

➤ 2 SENSORES+2 MODULADORES

Como su nombre lo indica, esta configuración tiene dos sensores de rueda y dos válvulas moduladoras. Sin embargo, a diferencia de la anterior, este esquema utiliza el modelo de computadora integrada con dos válvulas moduladoras en un solo ensamblaje y que describimos con anterioridad en este capítulo. La figura 110 nos muestra la forma que toma en el remolque esta configuración.

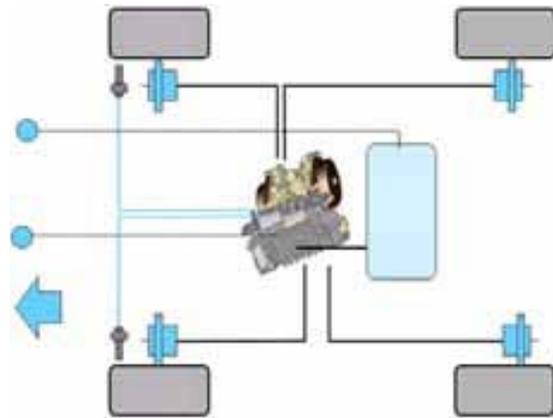


Fig. 110

Como se observa, los sensores están montados en el eje delantero. Ahora, el control de la presión de aire es de lado a lado y no en ambos ejes. Esto es, un solo eje es monitoreado a través de los sensores, pero una válvula moduladora controla la presión de las ruedas del lado izquierdo del vehículo, mientras que la otra controla las ruedas del lado derecho.

➤ 4 SENSORES+2 MODULADORES

En este caso, el sistema utiliza cuatro sensores de velocidad y un ensamblaje de ECU/dos moduladores. Los sensores están montados en cada uno de los extremos de ambos ejes del Tandem. Como en el caso anterior, el lado izquierdo y el lado derecho del trailer son controlados separadamente.

La computadora entonces recibe cuatro señales de velocidad, dos por cada lado. A

su vez las cámaras de freno del lado izquierdo son controladas por uno de los moduladores y las del derecho por la otra válvula moduladora. La figura 111 muestra el diagrama de esta configuración.

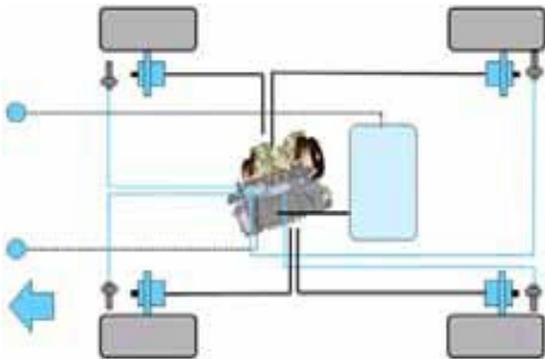


Fig. 111

Como vemos, la unidad electrónica de control tendrá en este caso una mejor visión de lo que sucede en las ruedas, ya que las cuatro serán monitoreadas.

➤ 4 SENSORES+3 MODULADORES

Siguiendo la misma lógica, esta última configuración usa un ensamble de ECU/dos válvulas moduladoras y una válvula relevadora/moduladora externa; usa también como su nombre lo indica 4 sensores de velocidad. En la figura 112 podemos observar el diagrama de una configuración 4S/3M:

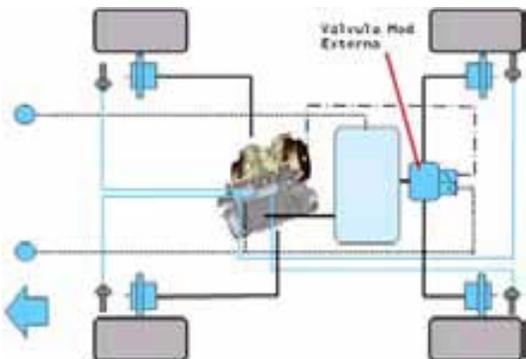


Fig. 112

En este caso podemos tener al ECU/válvula controlando uno o dos ejes del remolque,

mientras la válvula externa controlará un eje independiente. Hay que hacer la aclaración que las configuraciones que acabamos de describir son típicas en la industria de los trailers, sin embargo, existen muchos otros tipos de arreglos que varían dependiendo la aplicación del vehículo, por ejemplo remolques especiales como en la industria militar o de asistencia médica pueden requerir configuraciones muy especiales.

🚦 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA

La capacidad de diagnostico del sistema de frenos anti-bloqueo para remolques es comparable con aquella del ABS para tractores y camiones. En los sistemas de hoy en día existen 3 formas de obtener información de diagnostico del sistema, ellas son:

- ⇒ Herramienta para códigos a destellos
- ⇒ MPSI Pro-Link® 9000
- ⇒ Diagnostico a través de computadora personal

HERRAMIENTA PARA CODIGOS A DESTELLOS

Esta herramienta consiste básicamente en un switch contenido en un paquete de plástico moldeado y protegido del medio ambiente. La herramienta se conecta al puerto o conector de diagnostico del cable de poder que mencionamos anteriormente y que esta directamente conectado al enlace de datos J1587 del ECU. La figura 113 muestra esta herramienta de diagnostico:

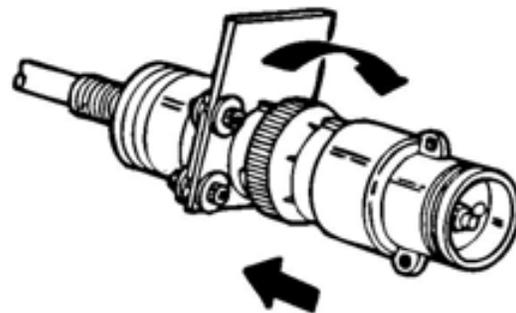


Fig. 113

Como ya mencionamos, la herramienta tiene un switch y una pequeña luz junto a él. Al oprimir el switch por un segundo, el ECU entrará en su modo de diagnóstico y comenzará a destellar las fallas contenidas en su memoria. Al igual que con el ABS del tractor o camión, el técnico solo tiene que contar y anotar los destellos, después deberá verificarlos en la tabla de su manual de servicio que le dará el tipo de falla y su localización. Con dicha herramienta también es posible borrar códigos almacenados una vez que han sido verificados y reparados.

MPSI Pro-Link® 9000

El Pro-Link® 9000 es una herramienta especializada, que tiene un microprocesador y se conecta al ECU a través de un cable adaptador en el mismo puerto o conector de diagnóstico que la herramienta de códigos a destellos. En la siguiente figura vemos dicha herramienta de diagnóstico:



Fig. 114

El Pro-Link es ampliamente usado dentro de la industria de los vehículos comerciales, ya que permite diagnosticar no solamente el sistema de frenos ABS, sino también el motor, la transmisión y otros componentes electrónicos; Esto se logra cambiando los

cartuchos que se le conectan, dependiendo del cada fabricante de sistemas. Como lo estudiamos en el capítulo de Tractores y Camiones, el Pro-Link nos da la oportunidad de probar las válvulas, leer la velocidad de rueda, además de permitirnos ver las fallas existentes y almacenadas, así como poder borrarlas.

DIAGNOSTICO CON COMPUTADORA PERSONAL

En este caso, una computadora personal con un programa especial de diagnóstico llamado Toolbox© Software es conectada a través de un cable interfase al puerto de diagnóstico. Esta herramienta ofrece muchas ventajas sobre los otros tipos de diagnóstico. Al igual que lo descrito en el capítulo anterior, ofrece una ventana en donde toda la información referente al sistema puede verse fácilmente. La figura 115 nos muestra un ejemplo de lo que el técnico de servicio puede observar con esta herramienta:



Fig. 115

◆ CONSIDERACIONES NEUMATICAS

Existen varias consideraciones prácticas que se deben tomar en cuenta cuando se planea un sistema de frenos anti-bloqueo para un remolque. Debido a que el comportamiento del sistema ABS es una función de que tan rápido responden los frenos al control y a la modulación de la

presión de aire, es importante como ya dijimos, tener un criterio específico, particularmente las características del flujo de aire en el vehículo.

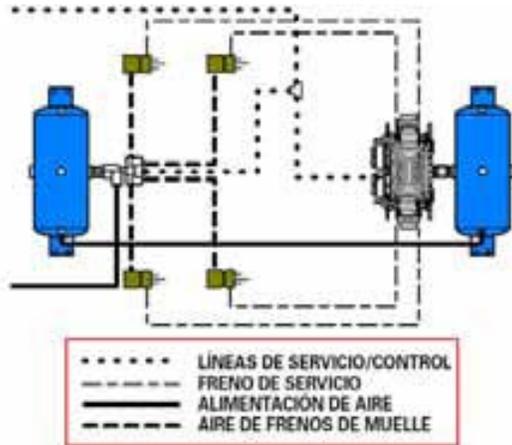


Fig. 116

Los remolques que son muy largos y que tienen cámaras de freno robustas, pueden presentar retos en cuanto a tiempo de aplicación y liberación de las balatas y zapatas de freno. En estos casos, es esencial evitar instalar "T's" y codos a 90 que trabajan desfavorablemente en el flujo de aire. Las líneas de aire deben tener el diámetro suficiente para ofrecer la menor resistencia.

La longitud de las líneas de aire entre las válvulas moduladoras y las cámaras de freno debe ser la menor posible. Si una válvula controla a dos ruedas, se deberá buscar que estas líneas de aire tengan la misma longitud y estén lo más cerca posible.

◆ CONSIDERACIONES ELECTRICAS

La selección del cableado eléctrico que se usará en la instalación del sistema ABS es también muy importante. Es por supuesto vital el grosor de los cables. Esto se hace todavía más crítico cuando hablamos de trailers muy largos como combinaciones de dos y tres remolques. Un mal cálculo de estos cables puede resultar en una excesiva

caída de voltaje, lo que afectará invariablemente el funcionamiento de la unidad electrónica de control.

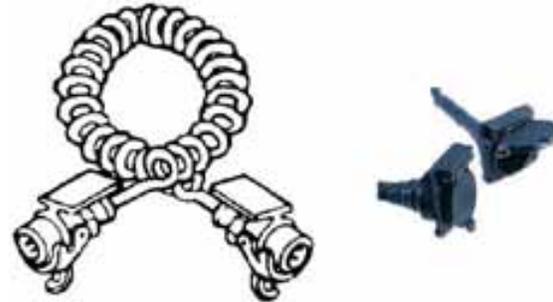


Fig. 117

Así como en los Tractores y Camiones, existen en los Estados Unidos de América asociaciones y consejos de fabricantes de remolques, que emiten recomendaciones pertenecientes a la construcción de estos vehículos. Al cumplir con dichas recomendaciones, los fabricantes se aseguran de que el desempeño del trailer y de todos sus sistemas será óptimo.

◆ CONSIDERACIONES EN LA INSTALACIÓN

La unidad electrónica de control junto con las válvulas puede ser instalada en varios lugares dentro del remolque. Puede instalarse en un riel o en un miembro cruzado del chasis, incluso puede ser montado directamente en uno de los tanques de reserva. Para hacer lo anterior, se necesita un adaptador tipo "nipple" de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

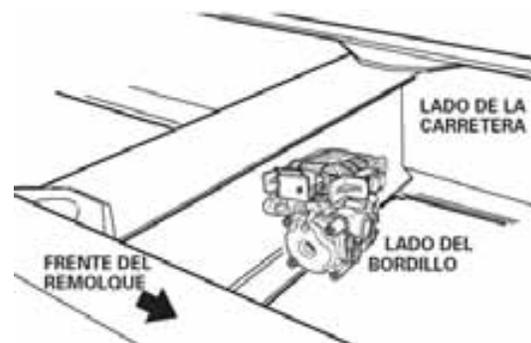


Fig. 118

Por último, la unidad electrónica de control no debe ser montada en ninguno de los ejes del remolque, debido a que allí existen cargas e impactos que pueden dañar a la computadora o a los cables y demás componentes del sistema.



Fig. 119

COMUNICACIÓN ENTRE EL TRACTOR Y EL REMOLQUE A TRAVÉS DEL *POWER LINE CARRIER* (PLC)

Las regulaciones FMVSS 121 mandan que todos los vehículos que jalan o remolcan trailers deban de tener la capacidad de proveer una señal visual al conductor del tractor en caso de una falla del sistema de frenos anti-bloqueo en el remolque. Esto por supuesto que el tractor y el trailer se comuniquen de alguna forma.

Hace mucho tiempo, la industria automotriz comercial adopto el uso de un conector de 7 terminales como estándar para la conexión eléctrica entre el tractor y el remolque. Aun cuando tiene sus desventajas, los dueños de flotillas y tractores, no quisieron cambiar a un nuevo conector, ni tampoco adoptar un segundo conector entre los vehículos.

Como resultado, los fabricantes, proveedores, asociaciones de dueños, transportistas y autoridades se inclinaron hacia el uso de PLC.

La tecnología del "Power Line Carrier" transmite una señal de radio frecuencia encima de la línea de 12 Voltios que provee el poder al remolque. Este método de comunicación se ha usado en otras

industrias como la de los trenes. Los fabricantes de sistemas ABS desarrollaron circuitos integrados capaces de realizar dicha comunicación entre el tractor y el remolque y estos fueron incorporados en las computadoras del ellos. Hoy en día, no se necesita ningún conector diferente o uno adicional para la comunicación entre ambas unidades electrónicas de control.

RESUMEN

La adición del sistema ABS a los vehículos comerciales de Tractor y Remolque representa uno de los más grandes avances en la industria, además de que otorgo cambios muy positivos en cuanto a la estabilidad y control de dichos vehículos. También se obtuvieron logros en cuanto a mejoramiento significativo en las distancias de frenado y la minimización del daño a las llantas por bloqueo de ruedas.

El siguiente gran paso para la industria automotriz comercial en cuestión de control de vehículo es la implementación de los sistemas de frenado electrónico, conocido por sus siglas en inglés como "EBS" o también llamado frenado por cable. Lo anterior proveerá un sin numero de ventajas y avances como un mejor balance en fuerzas de frenado, mejoramiento en las distancias de frenado y abrirá la puerta para la completa integración de todos los sistemas electrónicos dentro del estos vehículos y así expandir las posibilidades más allá de solo el control del vehículo.

En el siguiente capítulo de esta tesis, trataremos en forma más amplia esta nueva evolución de los sistemas de frenos y trataremos de proporcionar un mapa de hacia adonde se dirige la industria comerciales de camiones, autobuses y remolques.

CAPITULO 6

EVOLUCION Y FUTURO DE LOS SISTEMAS DE FRENOS

La introducción de los sistemas de frenos controlados electrónicamente (EBS por sus siglas en inglés) es el siguiente paso lógico de evolución para los vehículos comerciales. Los sistemas de frenos anti-bloqueo (ABS) son a veces llamados frenos electrónicamente controlados, pero esto solamente es cierto cuando existe la posibilidad o tendencia al bloqueo de las ruedas. El ABS esta inactivo cuando el frenado de un vehículo es normal. El sistema EBS va más allá de esto, ya que, integra el sistema ABS y el control de tracción con la aplicación total de la electrónica sobre todo el sistema de frenos del vehículo durante eventos de frenado normal y eventos en situaciones de emergencia.



Fig. 120

El sistema EBS reemplaza la lógica neumática de los sistemas actuales con electrónica. Esto, en consecuencia, mejora la transmisión de señales y ofrece una gama más amplia de capacidad de diagnóstico y funciones. El sistema no sustituye la función básica de aplicación del freno a través de aire comprimido. Presión de aire es requerida para proveer la fuerza de aplicación en los frenos en las ruedas, sin embargo, la electrónica ahora controlara dicha fuerza. Como resultado, los vehículos

equipados con el sistema EBS todavía tendrán sistemas para generar aire a presión (compresor, secador de aire, tanques de reserva, etc.) debido a que todavía no se ha desarrollado otra tecnología que desarrolle el suficiente poder o fuerza para frenar un vehículo comercial.

Las regulaciones que mencionamos en capítulos anteriores conocidas como FMVSS 121 se aplican a los sistemas de frenos neumáticos y no considera al sistema EBS como una alternativa de control. El sistema de frenos controlado electrónicamente puede ser usado hoy en día, si el vehículo esta equipado con un sistema completo neumático como respaldo. Esto se debe a que en los años 70's cuando dichas regulaciones federales fueron escritas, este concepto de frenos electrónicos todavía no se tenía contemplado.

Como resultado de lo anterior, la introducción de sistema EBS en el mercado de Norte América tiene que ser a través, como ya dijimos, de un sistema respaldado o redundante. Esto es, que el EBS tendrá que ser instalado encima del sistema completo neumático de frenos. Por lo que el vehículo tendrá un sistema neumático de dos circuitos de control y un sistema electrónico de un circuito (2P-1E) por sus siglas en inglés.

Por supuesto, esta aproximación es muy costosa, los dueños de camiones y flotillas tienen que pagar por un sistema extra en su vehículo, sin embargo, es necesario que la industria proceda con la implementación de este sistema de frenos, ya que así, se obtendría la información necesaria para que las autoridades de transporte modifiquen las regulaciones o emitan una regulación aparte, que al final logrará que el costo baje y el sistema EBS sea de 2 circuitos electrónicos de control o 2E.

A pesar de todas las limitaciones que ya mencionamos, la tecnología actual del sistema de frenos controlados electrónicamente provee beneficios muy importantes y ofrece la posibilidad de desarrollar tecnologías que darán avances significativos. Hoy en día el sistema EBS provee lo siguiente:

- ⇒ Mejoramiento en la distribución de la fuerza dinámica de frenado.
- ⇒ Distancias de frenado menores
- ⇒ Mejoramiento en el desgaste de balatas y zapatas de freno.
- ⇒ Mejoramiento en el balance del sistema de frenos.
- ⇒ Autodiagnóstico de fallas y monitoreo constante del sistema.

Cuando la redundancia neumática es eliminada, el sistema EBS simplificará significativamente la instalación del sistema de frenos en el vehículo, esto como resultado de la minimización o eliminación de líneas de aire que hoy en día tienen que pasar a través de la cabina. El futuro desarrollo de diferentes tipos de sensores como de temperatura, torque, etc., expandirá los beneficios del EBS más allá de lo que los sistemas de hoy ofrecen. Dichos sensores permitirán al diseñador de los sistemas electrónicos incorporar algoritmos de control que balancearan el trabajo de los frenos en cada rueda en tiempo real. Se podrán eliminar también las variaciones en desgaste y operación, optimizando así, el comportamiento general del vehículo.



Fig. 121

Los fabricantes de estos sistemas producirán la tecnología necesaria para eliminar el aire comprimido como la fuente de poder para aplicar los frenos. Esto, junto con el sistema EBS algún día dará la pauta para eliminar completamente dicho aire comprimido de los vehículos comerciales. Ahora bien, aun cuando a habido avances muy significativos a este respecto, no hay duda, que existen todavía muchos retos y oportunidades en el futuro para los futuros ingenieros de diseño.



Fig. 122

Aún cuando la introducción del sistema EBS al mercado de Norte América esta cerca, el desarrollo y evolución de esta sistema esta ya en proceso. Como discutiremos un poco más adelante en este capítulo, este desarrollo expandirán las capacidades del sistema EBS para incluir funciones como el control electrónico de estabilidad. Este sistema electrónico de estabilidad controlará la dinámica del vehículo en situaciones donde no se esta frenando para evitar volcaduras en maniobras de emergencia. Esta evolución revolucionará a la industria automotriz comercial.

SISTEMA EBS PARA TRACTOR O CAMION

Una vez que hemos hablado de lo que el futuro de los sistemas de frenos nos depara, es tiempo de dar una descripción de los componentes y función del sistema de frenos controlados electrónicamente "EBS" o también conocido en otros círculos de la industria como freno a través de cable (*Brake-by-wire* en inglés).

La figura 123, nos muestra un sistema EBS de 2P-1E (2 canales neumáticos y canal electrónico).

EBS PARA TRACTOR/ CAMIÓN

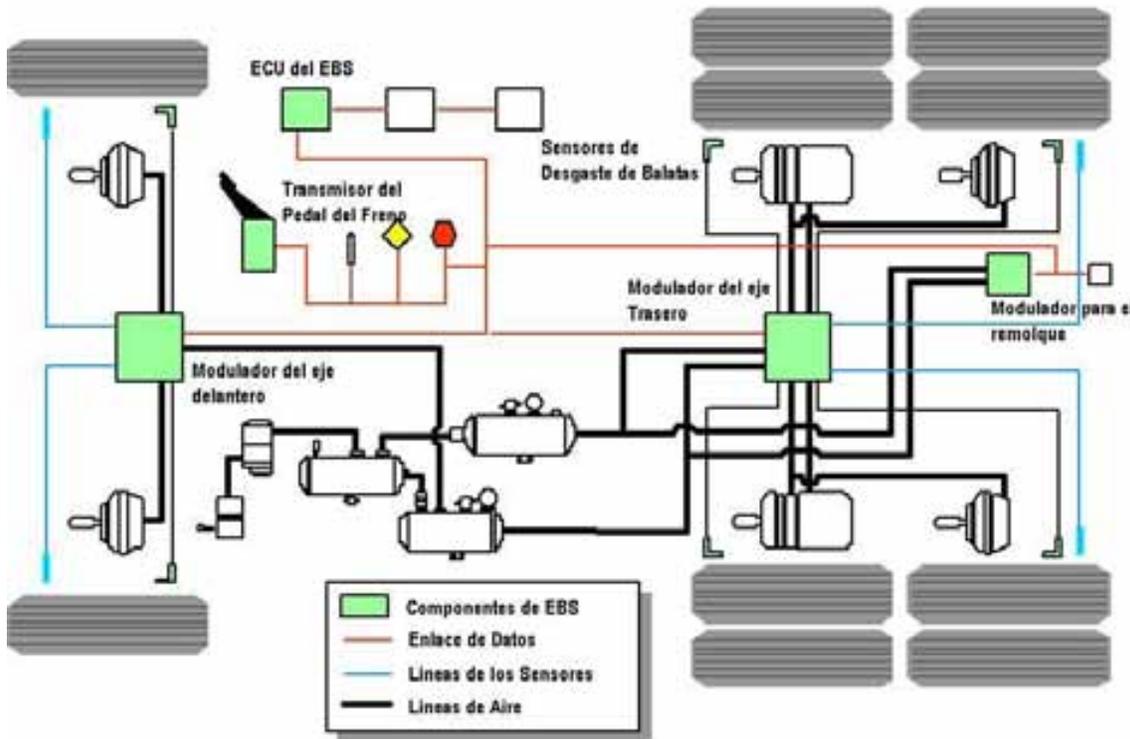


Fig. 123

El sistema consiste de lo siguiente:

- Una unidad central electrónica de control para lo siguiente:
 - ▶ Manejo y control general de las funciones de frenado.
 - ▶ Control de la presión de aire en el eje delantero y para el remolque.
 - ▶ Evaluación de las señales de velocidad de los sensores en el eje delantero e intercambio de información con el modulador del eje trasero a través del enlace de datos del sistema.
- Un transmisor de señal de freno ubicado en el pedal del freno, que produce dos tipos de señales: una neumática y una electrónica cuando el conductor activa los frenos.
- Una válvula relevadora electro neumática proporcional para controlar la presión en el eje delantero, además de dos válvulas moduladoras de ABS para ambas ruedas, dichas válvulas son iguales a las válvulas del sistema ABS de lo vehículos ya descritos.
- Una unidad electrónica de control o modulador para el eje trasero que integra las funciones neumáticas y electrónicas que controla la presión de aire para los frenos traseros. Además del intercambio de información y recepción de la señal de los sensores de desgaste de las balatas o zapatas.
- Una válvula de respaldo para el eje trasero en caso de falla.
- Una válvula electro neumática para el control y activación de los frenos del remolque.

Como ya mencionamos con anterioridad, el sistema de dos canales neumático en un vehículo equipado con EBS, es idéntico en estructura y función al sistema convencional de frenos descrito en capítulos anteriores. En este caso, el sistema neumático funciona solamente como respaldo y solo se activa en el caso de que ocurra una falla en el circuito electro neumático.

◆ FUNCIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

El sistema EBS utiliza control de desaceleración para modular el comportamiento del sistema. El valor nominal eléctrico que produce el conductor al activar el pedal del freno es convertido en una meta de desaceleración nominal. Esta desaceleración nominal se incrementa progresivamente conforme el viaje del pedal del freno.

El control por desaceleración se basa en que, al pisar el pedal del freno, el conductor intenta desacelerar el vehículo más allá de la aceleración existente causada por gradientes en la carretera, fricción de las ruedas y resistencia en el aire. Por esta razón, dichos factores de desaceleración son medidos y considerados antes de que el conductor active los frenos y se usan como la línea de base. Dependiendo de la variación entre la desaceleración que el conductor demanda al activar el pedal y la desaceleración actual justo antes de que los frenos sean activados, un valor de desaceleración nominal es determinado y usado para calcular el torque necesario en los frenos de servicio y el retardador. Una vez calculado el monto de torque de frenado necesario es calculado, entonces la presión en los frenos delanteros, traseros y del remolque se define.

El valor de la presión de aire necesaria para el eje trasero se transmite al modulador de dicho eje vía en enlace de datos del sistema. El modulador del eje trasero controla y mide la presión de aire para el lado derecho e izquierdo de eje. La presión de aire para el eje delantero o de dirección y

para el remolque es controlada por la unidad electrónica de control central.

Esta forma de control por desaceleración permite que exista una relación constante entre la posición del pedal del freno y la desaceleración del vehículo, independientemente del peso de este. Esto permite que el conductor sienta un comportamiento igual, ya sea con un vehículo vacío o con uno cargado a totalidad.

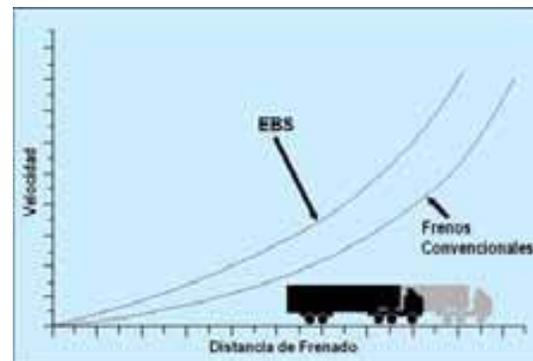


Fig. 124

Las funciones de ABS y control de tracción han sido integradas al sistema EBS. Algunos otros adelantos de comportamiento han sido también incorporados a los algoritmos de control, como resultado de más información y datos disponibles con relación a la aplicación de los frenos, valores de desaceleración nominal, peso o cargas y presión de aire.

COMPONENTES DEL SISTEMA

● TRANSMISOR DE LA SEÑAL DEL FRENO

El transmisor es usado para generar las señales eléctrica y neumática para aplicar o liberar la presión de aire. Sirve la misma función que la válvula de pie en un sistema convencional de frenos. La unidad está diseñada con dos circuitos neumáticos y dos circuitos electrónicos. Cada circuito electrónico tiene un sensor de viaje o recorrido para medir la demanda del

conductor, también tiene un switch para confirmar la activación del transmisor.



Fig. 125

Como ya dijimos, el sensor en cada circuito determina la demanda del conductor. Esta demanda es transmitida a la unidad electrónica central. El transmisor del freno también controla la presión en los circuitos neumáticos de respaldo. Estos circuitos de respaldo, como aprendimos anteriormente, proveen fuerza de frenado convencional en el caso de que hay una falla en la parte electrónica del sistema EBS.

● UNIDAD ELECTRONICA CENTRAL

El modulo electrónico central es usado para controlar y monitorear la operación del EBS. Se encarga del manejo y la comunicación de funciones de todo el sistema.



Fig. 126

El ECU central determina la desaceleración que el conductor esta intentando hacer para el vehículo, basado como ya vimos, en la señal del transmisor del pedal del freno. Usa esta información junto con la señal proveniente de los sensores de velocidad de rueda para establecer el valor de presión de aire para cada una de las cámaras de freno del vehículo. Además, la velocidad de las

ruedas es evaluada para activar el ABS en caso de que una o varias de ellas muestren una tendencia al bloqueo.

La unidad central usa el enlace de datos del sistema para intercambiar datos con el modulador del eje trasero. Usa también el enlace de datos para comunicarse con otros módulos dentro del vehículos, como son, el modulo de control del motor, el modulo de control de la transmisión o el retardador.

● VALVULA RELEVADORA PROPORCIONAL

Esta válvula relevadora modula la presión de aire en el eje delantero o de dirección. Consiste de una válvula solenoide proporcional, una válvula relevadora y un sensor de presión. La válvula relevadora proporcional es controlada por la unidad electrónica central.



Fig. 127

La corriente eléctrica de control determinada por el algoritmo en la unidad central es convertida por la válvula relevadora proporcional a presión de aire de control en la porción relevadora de ella. De nuevo, este componente también recibe una señal neumática proveniente del pedal del freno, sin embargo, solo es utilizada en caso de perdida de la señal electrónica.

● VALVULA DE RESPALDO

La válvula de respaldo se usa para incrementar o decrementar rápidamente la presión de aire en las cámaras de freno del eje o ejes de propulsión en el caso que se presente una falla catastrófica en el sistema EBS que inhabilite completamente el control

electrónico. Esta válvula consiste en una válvula relevadora y una válvula solenoide de tres vías.



Fig. 128

En operación normal, la válvula solenoide cierra el paso a la presión de aire proveniente del pedal del freno. En caso de falla, entonces el paso a dicha presión se abre en esta válvula y presurizará las cámaras de freno del eje trasero como un sistema neumático convencional.

Como se ha mencionado en este capítulo, este componente será eliminado del sistema en cuanto el sistema EBS de dos circuitos electrónicos sin respaldo neumático sea probado y permitido por las regulaciones.

● MODULADOR DEL EJE TRASERO

El modulador del eje trasero controla, como su nombre lo indica, la presión de aire para los frenos en el eje o ejes motrices. Contiene dos circuitos independientes electro neumáticos de control. Cada uno de estos circuitos es controlado por un par de solenoides, uno de entrada y uno de escape, además de un sensor de presión. También integra una unidad electrónica de control que provee el manejo de cada uno de los valores independientes de presión y monitoreo de funciones.



Fig. 129

El modulo de control del eje trasero, también incorpora la función de ABS para el eje motriz, usando su propio ECU y la información que proveen los sensores de velocidad de rueda en este mismo eje.

● VALVULA PARA FRENOS DEL REMOLQUE

La válvula de control para frenos del remolque es una variación de la válvula relevadora proporcional para el eje delantero. Consiste en una válvula solenoide proporcional, una válvula relevadora, una válvula de emergencia y un sensor de presión. La activación eléctrica y el monitoreo son controlados por el ECU central del sistema. Una señal electrónica desde el ECU central activa la válvula solenoide, esta a su vez, activa la válvula relevadora, mandando rápidamente presión de aire hacia el sistema de frenos del remolque.



Fig. 130

En caso de una falla en el sistema EBS, la válvula será controlada por presión de aire proveniente de la porción de respaldo neumático del transmisor de señal del pedal del freno. Esta válvula también puede ser activada a través de la válvula de mano convencional.

La válvula de control de frenos del remolque también permite la importante función de que un tractor equipado con EBS puede trabajar en conjunto con un remolque que no esta equipado con dicho sistema. Esta última característica es necesaria y mandataria por ley, ya que, va a pasar mucho tiempo para que tractores y remolques tengan todos sistemas EBS.

● COMPONENTES ADICIONALES

El Sistema de frenos controlados electrónicamente, requiere de algunos componentes adicionales para ser instalado apropiadamente en un vehículo, estos son:

- ✘ Válvulas Moduladoras de ABS (mismas que en un sistema convencional)

- ✘ Sensores de velocidad de rueda (mismos que en un sistema convencional)
- ✘ Cableado y arneses eléctricos
- ✘ Tuberías neumáticas
- ✘ Compresor y otros componentes del sistema convencional como Secador de Aire y Tanques de reserva

SISTEMA EBS PARA REMOLQUE O TRAILER

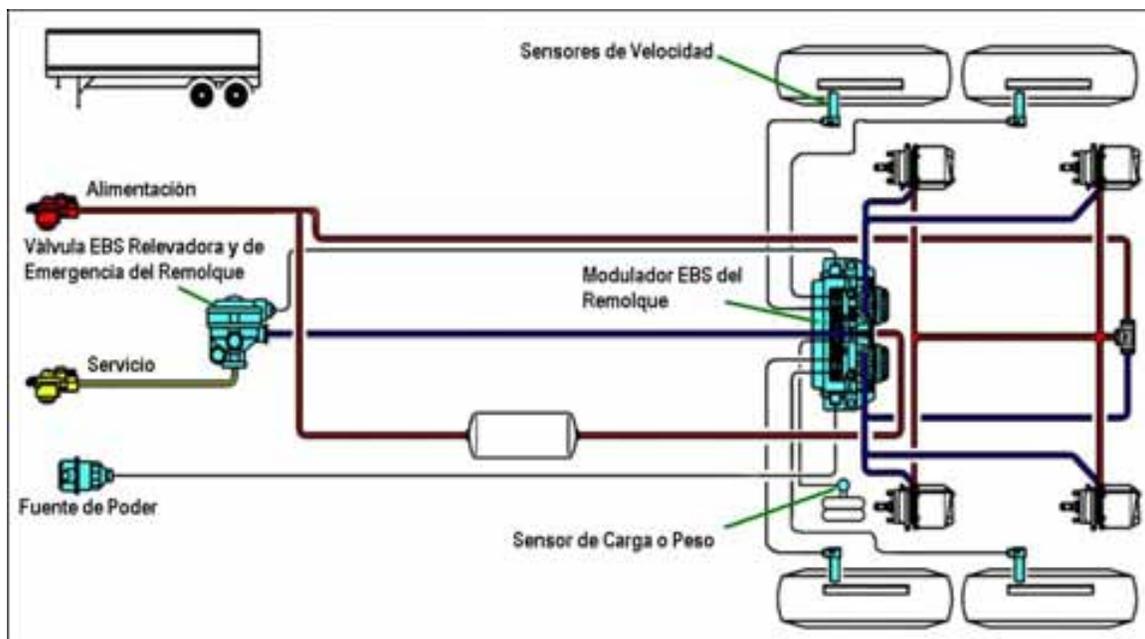


Fig. 131

El sistema EBS para remolques esta ahora mismo en producción en Europa. En forma similar a lo que ocurre con el sistema EBS para tractores y camiones, el desarrollo e introducción en el mercado de Norte América ha sido lento y difícil, debido principalmente a la necesidad que existe de modificar las regulaciones federales que contemplen este tipo de nuevos sistemas.

El costo de estos sistemas es excesivo por la misma razón, se requiere que el sistema EBS sea instalado por encima del sistema neumático convencional. Los dueños de flotillas no van a invertir en vehículos equipados con EBS pagando por un sistema de frenos extra. Ahora bien, ha sido

demostrado plenamente el beneficio que tienen estos sistemas en el comportamiento del vehículo, es por ello, que el progreso para su integración al mercado continuará hasta que las redundancias en las regulaciones de transporte sean reducidas y estos equipos se conviertan en tecnología común en este tipo de vehículos comerciales.

La figura 131 muestra un sistema EBS instalado en un remolque o trailer típico de tres ejes. El sistema consiste de un Modulador EBS para remolque de dos canales, que tiene un enlace de datos para comunicarse con el sistema EBS del Tractor que lo esta jalando, una válvula EBS

relevadora y de emergencia, un sensor de carga o peso y sensores de velocidad de rueda.

Los remolques con sistema EBS deben ser compatibles con tractores convencionales y con tractores nuevos equipados con EBS. Deben de tener sistemas con respaldo neumático en caso de falla. Esto resulta en tres diferentes modos de operación

- ⇒ Operación con nuevos Tractores equipados con EBS: Los dos vehículos se comunicaran entre si a través del enlace de datos y esto permitirá la utilización completa de todas las funciones del EBS.
- ⇒ Operación con tractores convencionales: No existirá comunicación electrónica entre el tractor y el remolque, por lo que no se recibirá señal alguna del ECU del tractor. El remolque utilizará la señal proveniente del sensor de presión que se localiza al frente del trailer.
- ⇒ Operación con respaldo neumático o conocido como redundancia: En el evento que se presente una falla eléctrica o que el remolque este acoplado a un tractor que no provee voltaje constante, entonces los frenos en el remolque serán operados a través de la señal neumática. El sistema ABS no podrá ser activado.

COMPONENTES DEL SISTEMA

● VALVULA EBS RELEVADORA Y DE EMERGENCIA

Como ya estudiamos, esta válvula activa los frenos del remolque reumáticamente en caso que se presente una falla electrónica. La válvula tiene un sensor de presión, que proporciona el valor de fuerza de frenado que el conductor esta demandando si el remolque esta acoplado a un tractor sin EBS. Además, un switch de presión esta integrado a esta válvula que monitorea al sensor de presión y detectará cualquier interrupción en la línea de alimentación. La evaluación eléctrica y los procesos de

monitoreo serán llevados a cabo por el modulador central del remolque.



Fig. 132

La figura 132 nos muestra una válvula EBS relevadora y de emergencia. Para alcanzar el mejor tiempo de aplicación de los frenos, esta válvula deberá ser montada lo más cerca posible de las mangueras de acoplamiento.

● MODULADOR EBS DEL REMOLQUE

Este componente se encarga del control y monitoreo de todas las funciones electro neumáticas del sistema EBS. Esta montado en el chasis del remolque cerca del los ejes del vehículo. Este modulo de control tiene dos canales neumáticos independientes, una válvula de respaldo y un sensor de presión.



Fig. 133

Como ya mencionamos, si el remolque se acopla a un tractor con EBS, el valor de presión de aire solicitado por el conductor se mandará a través del enlace de datos. Sino, el valor será proporcionado por la válvula relevadora de emergencia. El Modulador de EBS del remolque, también tiene una conexión para un sensor de carga o peso. La fuerza de frenado será

modificada conforme cambie el peso del vehículo. El modulo también se encarga de las funciones de ABS, por lo que los sensores de velocidad de rueda están conectados a él.

● SENSOR DE CARGA O PESO

Este sensor de presión se localiza en las bolsas de aire de la suspensión del remolque. El sensor proporciona la información de carga que lleva el vehículo. La fuerza de frenado será ajustada de acuerdo dicha información de carga del trailer.



Fig. 134

La figura 134 nos muestra el sensor de carga o peso. Dicho sensor debe ser colocado siempre en la bolsa de aire de aquel eje o ejes que el modulo de EBS esta controlando.

● COMPONENTES ADICIONALES

Al igual que el sistema EBS de los tractores, el sistema electrónico de frenado de los remolques requiere de ciertos componentes adicionales para su funcionamiento. Entre ellos podemos nombrar: Los sensores de velocidad de rueda, cableado y arneses eléctricos, líneas neumáticas de alimentación y tanques de reserva.



Fig. 135

Aun cuando el diseño actual del EBS para el mercado de Norte América ofrece muchos beneficios, es necesario que los costos se reduzcan para que los fabricantes y dueños de flotillas lo acepten y lo ordenen en sus vehículos. Cuando las redundancias sean reducidas, el costo de desarrollo baje, el EBS será la plataforma para otras muchas funciones que se pueden alcanzar en los sistemas no solamente de frenos pero de cualquier tipo.

SISTEMA ELECTRONICO DE CONTROL DE ESTABILIDAD (ESC)

El siguiente paso más allá del EBS es el sistema electrónico de control de estabilidad. La función de ABS o de control de tracción (ATC) fueron diseñadas para el control de la dinámica de manejo longitudinal (frenado y aceleración). El sistema ESC, por sus siglas en inglés, extiende la función del EBS, gracias a la adición de sensores y algoritmos, para proveer protección contra la perdida de control debido a fuerzas rotacionales que se generan al hacer un cambio repentino de carril o dar vuelta en una curva demasiado rápido (Figura 136).



Fig. 136

Al agregar sensores y algoritmos apropiados, el EBS se expande a tal grado que ahora tiene la capacidad de aplicar los frenos individualmente. Esto permitir un balance mejor, contra restando las fuerzas rotacionales que mencionábamos para dar mayor estabilidad durante maniobras en de no frenado. Lo anterior se logra integrando

las siguientes funciones al sistema EBS y agregando nuevos componentes:

1) Funciones Existentes

Control del Torque del Motor
ABS y Control de Tracción
Control individual de frenado
Control del Retardador

2) Nuevos Componentes

Sensor angular en el volante
Sensor de aceleración lateral
Sensor Direccional

Un algoritmo de control se desarrollo para definir el comportamiento del vehículo usando las funciones y sensores arriba mencionados. Este algoritmo incluye las siguientes funciones básicas:

- Determinar la demanda del conductor basado en el sensor angular del volante y la velocidad del vehículo, considerando la capacidad de respuesta del mismo. Esto es comparado con la velocidad direccional real y el curso deseado se calcula.
- Estimar la capacidad en curva para mantener la estabilidad del vehículo, basado en el sensor de aceleración lateral y la velocidad de las ruedas. Esto es comparado contra la velocidad direccional real y se determina el gradiente del ángulo de deslizamiento lateral, así como su valor.
- Determinar el comportamiento del vehículo con las variables antes mencionadas; Calcular las variables de control y detectar la presencia excesivo volanteo o lo contrario.
- Determinar e iniciar las acciones correctivas para mantener la estabilidad del vehículo.

Las señales provenientes de los sensores de velocidad de rueda, el sensor angular del volante, el sensor de aceleración lateral y el sensor direccional, son procesadas por la unidad de control electrónica del ESC. La unidad de control usa el algoritmo mencionado para evaluar la respuesta real del vehículo, basa en la demanda relativa

del conductor. El comportamiento estable que el vehículo debe tener en una curva se calcula basado en los sensores antes mencionados. El sensor direccional provee la información que permite a la unidad de control determinar si la respuesta del vehículo es apropiada a la demanda del conductor o si este esta volanteando excesivamente o pobremente.



Fig. 137

Si el ECU determina que una condición de excesivo o pobre volanteo existe, entonces selectivamente activará control de torque del motor, el freno apropiado en cada rueda para contra restar la acción y los frenos del remolque para enderezar al vehículo completo. Una luz indicadora en el tablero de instrumentos se iluminará para avisar al conductor que el sistema esta siendo activado.



Fig. 138

Las pruebas de campo han demostrado la efectividad operacional del ESC y han demostrado también que esta tecnología puede optimizar significativamente el

comportamiento del vehículo, durante maniobras de frenado y de no frenado, en cuanto a estabilidad se refiere. El sistema ESC merece ser desarrollado e implementado en los vehículos comerciales lo más rápido posible.

Ahora bien, hay que recordar que, no importa cuanto avance la tecnología, las leyes de la física se aplican y no pueden ser alteradas. Este sistema extiende y optimiza grandemente la estabilidad de los vehículos, pero no puede sobre pasar dichas leyes físicas, no puede asegurar estabilidad en todo tipo de superficie, en todo tipo de condiciones de manejo. Hasta que no se desarrolle una tecnología que no requiere conductor, él es sin duda, la parte más importante para mantener seguro su vehículo.

CONTROL DE CRUSERO ACTIVO (ACC)

Con el creciente volumen de tráfico y la creciente demanda de transporte en carreteras es evidente que los sistemas de asistencia al conductor serán más y más necesitados y apreciados. El control de cruceo activo es parte de la evolución de los sistemas de frenos para vehículos comerciales, no solo en Norte América, sino en todo el mundo. El ACC por sus siglas en inglés en un relativo nuevo desarrollo en este campo. Este sistema es un sistema de control de cruceo que además controla o guarda la distancia con el vehículo que esta directamente enfrente. Los efectos del ACC son notables para los conductores, ya que incrementa el confort y la seguridad.



Fig. 139

Cuando hablamos de confort, quiere decir que, el ajuste automático y electrónico de la distancia entre el camión y el vehículo enfrente de él, da un sentimiento de tranquilidad y alivio al conductor, con esto se reduce el stress y la fatiga.

En cuestión de seguridad, el sistema ACC alerta con una alarma visual y acústica al conductor si un vehículo repentinamente frena enfrente o si un vehículo más lento se introduce al carril en el que el camión viaja, en adición, el sistema automáticamente inicia la aplicación de los frenos con una desaceleración limitada. En situaciones más críticas, el sistema reaccionará generalmente más rápido que el propio conductor, acortando así la distancia de frenado.

Ahora bien, ¿Cómo funciona el ACC?: Como con un sistema convencional de control de cruceo, este requiere de un valor determinado de velocidad deseada. La distancia entre vehículos puede variar y depende también del deseo del conductor.

En operación, el ACC trabaja en tres niveles diferentes:

- 1) Función de Control de Cruceo: cuando ningún otro vehículo es detectado en el mismo carril, el ACC automáticamente mantiene la velocidad deseada constante.
- 2) Control Activo de Distancia: si el vehículo de enfrente esta en el mismo carril y viajando a una velocidad que es menor a la establecida por el conductor del camión, entonces el ACC ajusta la velocidad del camión para mantener siempre una distancia segura.
- 3) Función de Advertencia o Aviso: como ya mencionamos, el ACC avisa al conductor cuando la distancia del vehículo de enfrente se disminuye repentinamente; al mismo tiempo activará los frenos si la situación lo demanda.

Las funciones y niveles de operación antes mencionados, se llevan a cabo gracias a un

sensor-radar colocado al frente del vehículo que mide y calcula la velocidad relativa del vehículo que viaja enfrente del camión. La información se manda a la unidad electrónica central de control del sistema ABS para ser procesada.



Fig. 140

El sistema de control de cruceo activo puede ser integrado a cualquier tipo de vehículo comercial.

En cuanto a los vehículos comerciales se refiere, los beneficios que proporciona el sistema ACC van más allá de solamente el confort. Usado adecuadamente, el ACC protege al vehículo y optimiza el consumo de combustible.



Fig. 141

El ACC representa solamente un paso hacia una nueva generación de sistemas de frenos y asistencia para los conductores de vehículos comerciales. A este le seguirán sistemas para la evasión de colisión, sistemas automáticos para la dirección y sistemas más avanzados de aplicación de frenos.

El tráfico en nuestros tiempos es cambiando a pasos agigantados; se está volviendo más denso y más inteligente. La importancia de

alcanzar nuestro destino rápidamente, no importando las condiciones, es ahora un objetivo primordial global.

El incremento en la competencia y los mercados en crecimiento están poniendo demandas y requerimientos mucho más exigentes a la industria del transporte comercial. Hoy en día, se espera que los camiones y demás vehículos comerciales trabajen más seguros, efectivos y confortables.

Gracias a soluciones inteligentes de asistencia al conductor, como el ACC y en conexión con el uso de computadoras y sistemas de control de tráfico, la industria comercial de vehículos va a superar todos los obstáculos antes mencionados.



Fig. 142

Debido a lo complejo y enfocado hacia los costos que está el mercado de Norte América y quizá de todo el continente, los avances tecnológicos se inician en Europa y lentamente trascienden hacia este lado del mundo. Sin embargo, lo más importante es aprender y aplicar las soluciones que cada mercado necesita y demanda. Los vehículos comerciales son una herramienta primordial para transportar bienes y servicios por lo que han sido una de las más importantes invenciones de los últimos cien años de la humanidad.

COMENTARIOS FINALES

Los sistemas de frenos han cambiado significativamente durante el último siglo en la historia de la industria automotriz. Algunos cambios fueron lentos y metódicos con mejoras importantes para los sistemas y componentes. Algunos fueron casi insignificantes y quizá imperceptibles individualmente pero colectivamente se convirtieron en avances sumamente importantes para la seguridad. Algunos de estos cambios fueron de tal magnitud que revolucionaron completamente a toda la industria. Pero como todos los cambios, han sido motivados pro la necesidad de evolucionar y adaptarse al ambiente que en el que se desarrollan y operan.



Fig. 143

Las últimas diez o doce décadas de la historia de los camiones han visto un amplio rango de sistemas y componentes, desde primitivos sistemas bloques de madera que rozaban contra una la rueda, hasta lo más avanzados en controles electrónicos de frenos. Aun ahora la evolución continua con los frenos actualmente conocidos como "Freno a través de cable" y controles electrónicos de estabilidad. Dicha evolución no solamente continuara, sino que se acelerará. Conforme la población del mundo se incrementa, la eficiencia en el transporte de bienes tiene acrecentarse cada día. Las mejoras a los sistemas debe lograrse en un ambiente cada vez más conglomerado y que requiere pensar más en le medio ambiente. El incremento en la densidad vehicular requerirá de nuevos conceptos en sistemas de frenos, control de velocidad automático, evasión o prevención

de colisiones, sistemas de control de distancia, etc. Algunos de estos sistemas ya están en desarrollo. Algunos apenas están por concebirse y otros por descubrirse.

El costo, el peso y el tamaño de los sistemas de frenos continuarán reduciéndose, al igual que la necesidad de reparación y servicio. El mantenimiento debe ser reemplazado por una predicción preactiva de los posibles problemas para que la acción correctiva no necesite que el vehículo se detenga o se saque de servicio. La meta a alcanzar será, eliminar completamente el mantenimiento, lo que requerirá de avances en tecnología de materiales y aplicación.

La eliminación completa del aire como medio de fuerza en los sistemas de frenos de estos vehículos es el siguiente paso lógico y necesario de esta evolución. Los sistemas de control electrónico que ahora se están introduciendo, eliminan la porción de control que el aire tenia en el vehículo, pero deshacerse del aire como fuente de poder es el objetivo a seguir. Por supuesto, esto requerirá de avances tecnológicos en los componentes de aplicación.



Fig. 144

Como consecuencia de lo anterior, los compresores, tanques de reserva, líneas de aire, cámaras del freno y demás componentes neumáticos no formarán parte ya de los sistemas de frenos del futuro.

El hecho de que para poder frenar un vehículo se convierta su energía cinética en calor y simplemente disiparlo hacia la atmósfera es un desperdicio de dicha energía. En el futuro, lo anterior puede convertirse quizá en un problema ambiental en el mundo. Aunque suena quizás un poco descabellado en estos momentos, consideremos que los diseñadores en el inicio de la historia del motor de combustión interna nunca imaginaron las acciones y avances que hoy son muy comunes e incluso leyes en cuestión de emisiones de contaminantes. Un modo práctico y efectivo para regenerar la energía en los sistemas de frenos no debe estar lejos.



Fig. 145

Dentro de cincuenta años, los ingenieros y diseñadores voltearán la cara a los sistemas que tenemos actualmente y se preguntarán como pudimos operar nuestros vehículos con sistemas tan primitivos como sistemas neumáticos y electrónicos.

Los últimos años han sido excitantes y demandantes para los ingenieros y diseñadores de sistemas de frenos, pero la evolución apenas y ha comenzado.



Fig. 146

El ritmo que se ha alcanzado en los últimos diez años, hace que el ritmo de los diez años anteriores luzca lento. Por consiguiente, el ritmo de los siguientes diez será mucho más rápido y así el de los siguientes diez hará ver al ritmo de hoy todavía más lento.



Fig. 147

Definitivamente no faltarán retos y oportunidades para los ingenieros del mañana. Ellos deben continuar con la tarea de encontrar y desarrollar nuevas tecnologías para satisfacer los constantes cambios y demandas de nuestra sociedad.

El objetivo primordial de esta tesis ha sido el de proveer un entendimiento de los sistemas de frenos de hoy en día, así como la historia que llevo a su desarrollo y dar una breve introducción a lo el futuro depara para este tipo de tecnología siempre cambiante.

Ojalá y contribuya al conocimiento y despierte la curiosidad de personas interesadas en este fascinante mundo que es la industria automotriz.

Grandes oportunidades están delante de nosotros, es nuestra obligación tomarlas y dejar nuestra huella en la historia de la ingeniería y no solamente en eso, si no que podemos seguramente, dejar nuestra huella en la historia de la humanidad.



BIBLIOGRAFIA

- 1) Radiliski, R.W. "Braking Performance of Heavy Vehicles" Training Course at Meritor-WABCO 2002.
- 2) Buckman, C.L. "Commercial Vehicle Braking Systems": SAE International, SP-1405. November 2002.
- 3) Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 121: "Air Brake Systems" U.S. Government 2003.
- 4) "Anti-lock Braking Systems for Commercial Vehicles". WABCO Westinghouse. Fahrzeugbremsen 1994.
- 5) WABCO Product Literature "ABS/ASR for Commercial Vehicles. Fahrzeugbremsen 1989.
- 6) "Anti-lock Brakes Training Program" TP 9738. Meritor WABCO VCS. March 1998.
- 7) "Easy Stop Trailer ABS Training Program". Meritor WABCO VCS. March 1998.
- 8) WABCO Technical Literature. "EBS-Electronically Controlled Braking System". Germany, 1996.
- 9) WABCO Technical Literature. "Electronically Controlled Braking System for US Market". October 1997.
- 10) Murphy, B.R.. "Anti-lock Braking System For NA Buses, Coaches and Motorhomes". SAE, 1997.
- 11) Winter Test Reports. Meritor WABCO VCS, from 1990 to 2002.
- 12) Product Literature. ArvinMeritor. U.S.A. 1990-2003.
- 13) Gutiérrez, V.H.. Notas de Referencia Personales, desde 1998 al 2003.

**"Por mi raza hablara el espíritu"
2006**



