



FIRE
APPARATUS
MANUFACTURERS'
ASSOCIATION



NFPA 1901
Estándar para
aparatos contra
incendio
automotrices



SISTEMAS DE FRENADO

Máquinas o Camiones de Bomberos



Los frenos son fundamentales en la seguridad del personal de bomberos en las vías. En casa nos esperan

Carlos Armando Oviedo Sabogal – Jorge Ardila Pallares



Contenido

Sistema de frenado máquinas o camiones de bomberos	3
1. Freno de servicio	3
2. Freno de estacionamiento	4
3. Freno de emergencia	5
4. Freno auxiliar	5
FAMA – Fire Apparatus Manufacturers Association	6
1. Retardadores electromagnéticos	7
3. Freno de compresión	8
4. Retardador de la transmisión	9
Métodos de control	9
Tabla comparativa de sistemas auxiliares de frenado.	10
NFPA 1901-2016 – Estándar para aparatos contra incendio Automotrices	10
Principales características	10
Frenos de servicio	10
Freno auxiliar.	11
Bibliografía	12

Sistema de frenado máquinas o camiones de bomberos

Los sistemas de frenos para vehículos de bomberos (máquinas o camiones) deberán ser diseñados específicamente para este tipo de vehículos, y debe contar con al menos cuatro (4) sistemas de frenado, así:

1. Freno de servicio

El sistema de freno de servicio es el principal sistema de frenos. Este es usado para frenar la máquina y mantenerla inmóvil; debe garantizar las siguientes características mínimas:

a) La seguridad en todas las condiciones funcionales de marcha, con la carga operativa para este tipo de vehículos.

El freno de servicio o de pie, puede ser hidráulico, neumático o combinación de ambos, actuando sobre todas las ruedas del vehículo.

El sistema de frenado podrá ser con discos en las cuatro ruedas, asistido con los siguientes sistemas de control antibloqueo:

- Sistema antibloqueo (ABS) *Anti-Lock Brake System*.
- Sistema (ALB) *Anti-Lock Bracker*.
- Sistema de Tracción Antideslizante (ASR) *Anti Slip Regulation*.

Además, podrán incluir por lo menos uno de los siguientes sistemas:

- EBS - *Electronic Braking System* - Sistema Electrónico de Frenado,
- EBL - *Electronic Brake Limiter* - Limitador Electrónico de Frenado,
- EBD - *Electronic Brake Distribution* - Distribución Electrónica de Frenado

Entre otros; el (los) cual(es) deberá(n) garantizar las condiciones de frenado referidas previamente.

- b) Ser capaces de detener completamente el vehículo de bomberos desde una velocidad de 32,2 km/h (20 mph) en una distancia que no exceda de 10,7 m (35 pies).
- c) Los frenos de servicio, así como el freno de parqueo, deben ser sistemas independientes, accesibles para ajuste y mantenimiento.
- d) Sistema de libre mantenimiento en los ajustadores automáticos y los ejes de levas.

- e) Se deberá conocer la capacidad del compresor de aire en m³ (cúbicos) por minuto.
- f) El conjunto de frenado tendrá un sistema automático de expulsión de agua y humedad (secador de aire - *air dryer*) al estar el vehículo en operación.
- g) Debe contar con válvulas de drenaje manual en cada tanque de reserva.
- h) Controles en el tablero de instrumentos de la cabina (interruptor/perilla con válvula para accionar/liberar freno de parqueo, manómetros para visualizar presión del sistema).
- i) El sistema de frenos estará acorde al cálculo estático y dinámico del vehículo, el peso bruto y demás componentes que se requieran de modo tal que se garantice el frenado y estabilidad del vehículo
- j) El vehículo contará con una salida de aire conectada al sistema de neumático de los frenos y como accesorio contará con una manguera de 10 metros con salida para suministro de aire.

2. Freno de estacionamiento

El sistema de freno de estacionamiento o parqueo, es un freno cuyo objetivo es mantener la máquina estacionada en su lugar. (En algunas máquinas el freno de parqueo sirve también de freno de emergencia.

Si el freno de parqueo es utilizado para frenar la máquina, este debe ser probado posteriormente para verificar la capacidad de parqueo después del incidente. que garanticen las siguientes características mínimas:

- Que el freno de estacionamiento o de mano, podrá actuar solamente sobre las ruedas del eje trasero, y su efectividad será tal que, a plena

carga, permitirá mantener inmóvil el vehículo en una pendiente del 40 % sobre terreno seco rugoso y no disgregable.

- Los frenos de servicio, así como el freno de parqueo, deben ser sistemas independientes, accesibles para ajuste y mantenimiento.
- Debe poseer mecanismo de accionamiento para freno de parqueo, todo este sistema alimentado por compresor de aire con capacidad mínima para el peso bruto del vehículo y demás componentes de este.

3. Freno de emergencia

El sistema de freno emergencia o secundario es un sistema de emergencia en caso de que algo le pase al sistema de freno de servicio.

(En muchos casos el sistema de freno de emergencia es de menos capacidad y debe ser usado solo para detener la máquina en caso de

4. Freno auxiliar

Debe garantizar las siguientes características mínimas:

- Que el frenado auxiliar puede realizarse mediante la acción del motor, la transmisión u otros medios que actúen sobre la transmisión del aparato.

Los sistemas de frenado auxiliares complementan los frenos de servicio, aumentando la potencia de frenado y reducen la probabilidad de que los frenos de servicio se sobrecalienten.

El Comité de Aparatos de la NFPA consideró que esta capacidad era importante en los aparatos de bomberos, que son más propensos a frenar con fuerza y frecuencia. Además de estos beneficios en materia de seguridad, el uso adecuado de un sistema de frenado auxiliar prolongará la vida útil de los frenos de servicio, reduciendo el coste y la frecuencia del mantenimiento.

emergencia. Debe garantizar las siguientes características mínimas:

- Que el freno de emergencia será de accionamiento automático y entrará en acción cuando accidentalmente se produzca una avería que haga descender la presión del circuito de freno por debajo de su nivel mínimo de seguridad.

- Deberá contar con un (1) sistema de frenos adicionales a los frenos de servicio del vehículo; entre los cuales podrá ser:
 - Retardador de la transmisión
 - Retardador de la línea de transmisión
 - Retardador de escape.
 - Retardador hidráulico
 - Retardador hidrodinámico.
 - Freno de escape
 - Freno de motor
 - Retardador de la línea motriz
 - Retardador de la transmisión
- El sistema de frenado auxiliar deberá entregarse con una certificación donde se indique que el freno auxiliar a instalar es aceptado por el fabricante del vehículo, en caso de no ser suministrado por éste.
- Adicionalmente, debe garantizar:
 - Que no disminuye el desempeño o calidades del vehículo, así como el plazo de la garantía que ofrece el fabricante.

- Que no afecte la distancia mínima requerida al piso al elemento más bajo del vehículo, 35 centímetros (13.78 pulgadas).

INFORMACIÓN SOBRE FRENOS CON SOPORTE DE AMBITO INTERNACIONAL – TÉCNICO

FAMA – Fire Apparatus Manufacturers Association

TC033 – Buyers Guide - Auxiliary Braking Systems 180323



El estándar NFPA 1901 para aparatos de bomberos automotores exige que todo aparato de más de 33.000 libras (14968.548 kilogramos) de peso bruto esté equipado con un sistema de frenado auxiliar. Esto significa un sistema que ayuda a detener el aparato aparte de los frenos de servicio ubicados en los extremos de las ruedas. El frenado auxiliar puede realizarse mediante:

- La acción del motor,
- La transmisión u otros medios que actúen sobre el tren motriz del aparato.

Al igual que con cualquier diseño de sistema de ingeniería, los diferentes tipos de frenos auxiliares tienen ventajas y desventajas para cada sistema

Los aparatos de bomberos, como cualquier otro vehículo pesado de carretera, están equipados con un sistema de frenado que utiliza la fricción para reducir la velocidad del vehículo. Esta fricción proviene del contacto físico entre un material consumible y los tambores o rotores metálicos. La fuerza de contacto se crea mediante una fuerza hidráulica (típica en los vehículos más pequeños) o

mediante aire comprimido (típico en los vehículos pesados). La presión del aire en los vehículos pesados suele ser proporcionada por un compresor accionado por el motor.

El inconveniente de los sistemas de frenado por fricción es que crean calor que debe ser disipado. Cuanto más pesado sea el vehículo y más rápida sea la parada, más calor se crea. En situaciones de frenado intenso, este calor puede hacer que los frenos se desvanezcan o pierdan su potencia de frenado. Esto puede ocurrir si los frenos se utilizan con frecuencia, o consistentemente en largas bajadas. En situaciones de frenado extremo, los componentes pueden calentarse lo suficiente como para dañar los frenos.

Todos los sistemas de frenado auxiliares disponibles en el mercado utilizan algún método distinto de la fricción mecánica para ayudar a reducir la velocidad del vehículo.

1. Retardadores electromagnéticos

Los ralentizadores electromagnéticos crean su poder de detención utilizando la fuerza que puede generar un campo magnético. Esta fuerza se puede experimentar si se juntan los polos norte o sur de dos imanes. En las aplicaciones para vehículos, los campos magnéticos se crean mediante la electricidad que fluye a través de un conjunto de bobinas. La energía eléctrica inicial para generar el campo proviene de las baterías del vehículo, y se sustituye por la salida del alternador del motor. La energía eléctrica adicional se genera a través de la acción giratoria del sistema

Los ralentizadores electromagnéticos proporcionan la máxima potencia a velocidades más altas de la transmisión. A medida que la velocidad del vehículo disminuye, también lo hace el campo magnético generado. Los ralentizadores se suelen dimensionar en función del peso bruto total del vehículo y de la capacidad de la junta universal. Se pueden dimensionar para proporcionar más retardo del que puede producir el motor del vehículo.

Pros:

- Funcionamiento silencioso.
- Capaz de frenar cuando el motor no está en marcha o la transmisión está en punto muerto.
- No requiere mantenimiento específico.
- Los ralentizadores electromagnéticos proporcionan un tiempo de reacción más rápido que los ralentizadores hidráulicos.
- Frenado progresivo en función de la posición del pedal.
- No se requieren piezas de desgaste ni sustitución de fluidos.
- Se puede integrar con los sistemas ABS.

Contras:

- Necesidad de formación de los operarios sobre el uso general y sobre cuándo utilizarlo en condiciones resbaladizas.
- Consume electricidad del vehículo para funcionar - puede requerir un alternador más grande.

2. Freno de escape

Todo motor de combustión interna toma aire a través de la toma de aire y lo expulsa por el tubo de escape. Si se tapara el tubo de escape para que no pudieran salir los gases, el motor dejaría de girar. Este es el efecto que utiliza el freno de escape para proporcionar potencia de frenado.

Pros:

- Freno auxiliar más económico.
- Los motores con turbos de geometría variable son capaces de proporcionar

frenado de escape sin necesidad de hardware adicional.

- Más silencioso que los frenos de compresión del motor.

Contras:

- Proporciona aproximadamente la mitad de potencia de frenado que los frenos de compresión tradicionales.

3. Freno de compresión

Al igual que el freno de escape, el freno de compresión utiliza la acción de "bombeo" de un motor de combustión interna para crear potencia de frenado. Pero mientras que el freno de escape utiliza un dispositivo externo al bloque del motor, el freno de compresión utiliza las válvulas del propio motor

Cuando se requiere fuerza de frenado, el sistema permite que el motor comprima el aire de admisión, pero luego libera este aire a la corriente de escape antes de que pueda retroceder. Este tipo de freno hace que el motor pase de ser un dispositivo de producción de energía a un dispositivo de absorción de energía. En efecto, el motor se convierte en un compresor de aire.

Pros:

- Más económico que otros sistemas de retardadores.

- Para los sistemas que no son VGT, puede ser necesario un mantenimiento o ajuste periódico de la válvula.
- No se dispone de múltiples ajustes - funcionamiento on/off.
- Fuerza de frenado limitada a bajas revoluciones del motor.

- Más fuerza de frenado que los frenos de escape tradicionales.
- Requiere un mantenimiento mínimo: se ajusta al ajustar las válvulas y los inyectores.
- Nivel de frenado seleccionable por el usuario.
- Puede integrarse con el control de cruce para una aplicación automatizada.
- Controles integrados con las transmisiones automáticas que permiten reducir la marcha para frenar mejor.
- Funcionamiento fluido.

Contras:

- Puede provocar un ruido de escape adicional no permitido por algunas ordenanzas municipales.
- Necesidad de formación de los operarios sobre el uso general y sobre cuándo utilizarlo en condiciones resbaladizas.
- Fuerza de frenado limitada a bajas revoluciones del motor.

4. Retardador de la transmisión

Mientras que los frenos de servicio utilizan la fricción mecánica para detener un vehículo, el ralentizador de la transmisión utiliza la fricción del líquido. En el interior de la carcasa del ralentizador hay un volante de inercia que gira a la velocidad del eje de salida de la transmisión. En funcionamiento normal, este volante gira en una cavidad con aire a su alrededor. Este giro crea una resistencia mínima en la línea de transmisión. Cuando se requiere un frenado auxiliar, la cavidad se llena de líquido de transmisión.

Esta acción de agitación ralentiza el vehículo, pero también calienta el líquido de la transmisión. Los diseñadores de chasis deben tener en cuenta este calor adicional al diseñar el sistema de refrigeración.

Se aumenta la capacidad del refrigerador de la transmisión y el resto del sistema se diseña para acomodar el calor.

Métodos de control

Mientras que la aplicación de los frenos de servicio es una simple pulsación del pedal de freno, el control de los frenos auxiliares ofrece muchas más posibilidades. No todos los métodos de control posibles están disponibles con todos los tipos de frenos auxiliares. Estos son algunos de los posibles métodos, consulte con el fabricante de su aparato para seleccionar un método que esté disponible en el tipo de freno que seleccione:

Pros:

- Funcionan independientemente del régimen del motor o de la relación de transmisión.
- Potente fuerza de retardo incluso a bajas velocidades del vehículo.
- Integrado en la transmisión y controlado por el controlador de esta.

Contras:

- Generan calor que debe ser disipado por el sistema de refrigeración del vehículo.
- Más costoso que el freno de escape o el freno de compresión del motor.

- Encendido total al soltar el pedal del acelerador.
- Encendido total al pisar el pedal del freno.
- Se enciende cuando se pisa el pedal de freno, con un aumento progresivo de la frenada a medida que se pisa más el pedal.
- Palanca de mano separada.

Tabla comparativa de sistemas auxiliares de frenado.

Son muchas las consideraciones que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar un sistema auxiliar de frenado para el vehículo. Cada método tiene sus propias ventajas, desventajas y costes. La buena noticia es que los fabricantes de aparatos

llevan décadas instalando todos estos sistemas y la tecnología está madura. La siguiente tabla presenta una comparación general de cada método:

	Freno de escape	Freno Motor de	Retardador de la línea de transmisión	Retardador de la transmisión
Potencia de frenado	Bajo	Medio	El más alto	Alto
Ruido	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Peso	Bajo	Bajo	El más alto	Medio
Coste de la opción	Baja/Media*	Medio	El más alto	El más alto
Generación de calor	Bajo	Bajo	Alto	El más alto
Mantenimiento	Bajo	Bajo	Medio	Medio

NFPA 1901-2016 – Estándar para aparatos contra incendio Automotrices

Principales características

Frenos de servicio

Los frenos de servicio (de aire o hidráulicos) deberán detener completamente la máquina de bomberos desde una velocidad de 20 mph (32,2

km/h) en una distancia que no exceda de 35 pies (10,7 m).



Freno auxiliar.

Todos los aparatos con un GVWR de 36.000 lb (16.330 kg) o superior deberán estar equipados con un sistema de frenado auxiliar.

- Los frenos auxiliares deben tener un interruptor para desactivarlos en condiciones de carretera adversas.
 - Las luces de freno *DOT* se iluminarán cuando se aplique el freno auxiliar.
 - Siempre que se utilice un dispositivo de frenado secundario, como los ralentizadores de la transmisión o los dispositivos de restricción de los gases de escape, deberán tener un interruptor para apagarlos durante las condiciones adversas de la carretera.
 - Todos los aparatos de bomberos, incluidos los que tengan un eje de más de 29.000 libras, deberán cumplir con la norma 49 CFR 571.121.
1. El sistema de frenado auxiliar debe funcionar según lo previsto por el fabricante del sistema de frenado auxiliar.
 2. Si el aparato tiene una bomba contra incendios, la curva de potencia de frenado certificada por el fabricante del motor

suministrado, mostrando la velocidad máxima regulada.

3. La certificación de la curva de potencia de frenado deberá estar firmada por un funcionario responsable del fabricante del motor.
4. En el panel del operador de la bomba se colocará una etiqueta de prueba que indique las descargas y presiones nominales junto con la velocidad del motor determinada por la prueba de certificación para cada unidad, la posición de la bomba en serie/paralela utilizada y la velocidad regulada del motor indicada por el fabricante del motor en una curva de potencia de frenado certificada.

Los compradores de aparatos de bomberos con un *GVWR - Gross Vehicle Weight Rating* inferior a 36.000 lb (16.300 kg) también deberían considerar equipar el aparato con un sistema de frenado auxiliar. Los aparatos de bomberos suelen realizar repetidas paradas a altas velocidades que provocan un rápido desgaste de los forros de los frenos y un desvanecimiento de los mismos, lo que a veces provoca accidentes.

Los sistemas auxiliares de frenado se recomiendan en los aparatos que están expuestos regularmente a pendientes pronunciadas o largas, que operan en áreas congestionadas donde las paradas repetidas son normales, o que responden a un alto número de emergencias.

Algunos ejemplos de sistemas auxiliares de frenado son los ralentizadores del motor, los ralentizadores de la transmisión, los ralentizadores del escape y los ralentizadores de la cadena cinemática. Estos dispositivos tienen varios niveles de eficacia en el frenado. Además, los sistemas pueden activarse por diversos medios y ajustes,

tanto de funcionamiento automático como manual.

El comprador debe evaluar cuidadosamente todos los sistemas auxiliares de frenado en función del peso del vehículo, el terreno, el ciclo de trabajo y demás factores que considere necesarios.

Algunos dispositivos auxiliares de frenado deben desconectarse cuando el aparato se utiliza en superficies resbaladizas. Siga las recomendaciones del fabricante del dispositivo de frenado auxiliar para obtener las instrucciones adecuadas

Síntesis, traducción y ajustes de redacción.

Carlos Armando Oviedo Sabogal
Subcomandante de Bomberos (R)
UAE Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá
Colombia

Jorge Ardila Pallares
Cabo de Bomberos
Bomberos Voluntarios de San Vicente de Chucurí
Colombia

Bibliografía

- Fire Apparatus Manufacturers' Association TC033 – Buyers Guide - Auxiliary Braking Systems 180323
- NFPA 1901 Edition 2016 - Standard for Automotive Fire Apparatus