



# **Sistema de frenos de aire — Guía técnica**

Una referencia completa y clara del sistema de frenos de aire de vehículos comerciales pesados — cada circuito y componente explicado, con diagnóstico y mantenimiento.

Edición 1 · Vehículos comerciales pesados (camión · autobús · remolque) · [vadenoriginal.com](http://vadenoriginal.com)

# Índice

---

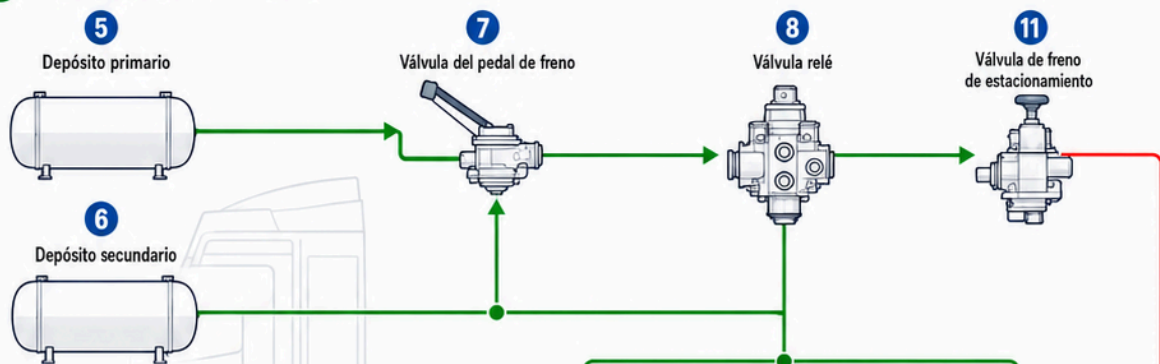
- 1 Introducción: cómo funciona un sistema de frenos neumáticos
  - 2 El circuito de alimentación de aire (circuito de carga)
  - 3 El circuito de servicio (aplicación)
  - 4 Frenos de estacionamiento y de emergencia (de muelle)
  - 5 Control de la suspensión neumática y frenado sensible a la carga
  - 6 Frenado electrónico ABS y EBS
  - 7 El circuito de frenado del remolque
  - 8 Diagnóstico de averías y mantenimiento
  - 9 Referencia rápida de componentes y glosario
-

# Diagrama del sistema de frenos neumáticos

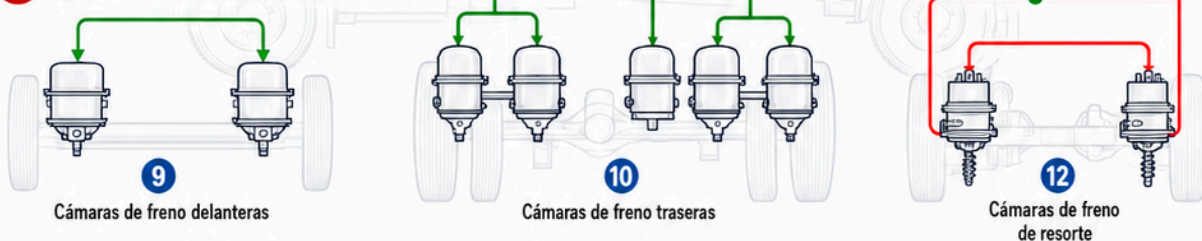
## 1 SUMINISTRO DE AIRE



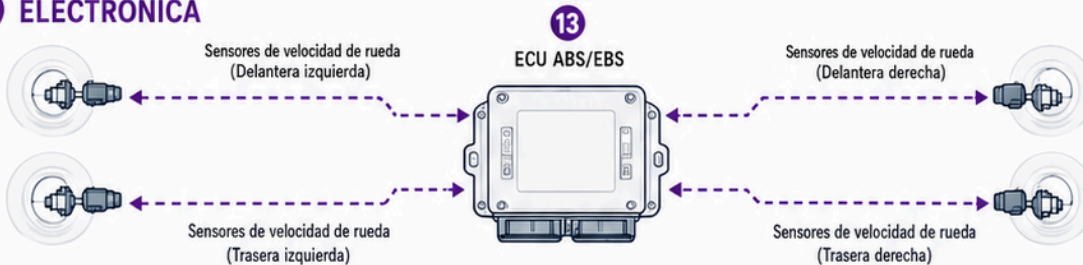
## 2 DEPÓSITOS Y CONTROL



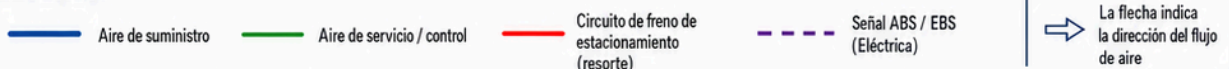
## 3 ACCIONAMIENTO DEL FRENO



## 4 ELECTRÓNICA



## LEYENDA



## Introducción: cómo funciona un sistema de frenos neumáticos

En los vehículos industriales pesados —camiones, autobuses y remolques— la frenada no se confía a un líquido, sino al aire comprimido. La razón es sencilla: un tractocamión con su semirremolque puede superar las 40 toneladas, y detener esa masa exige fuerzas de frenado muy elevadas y sostenidas. El aire es un recurso ilimitado, no se calienta ni pierde eficacia por fatiga como el líquido hidráulico, y una pequeña fuga no vacía el sistema de golpe: simplemente el compresor repone la presión. Además, permite acoplar y desacoplar remolques mediante simples cabezales de conexión (palomas) y accionar grandes actuadores en las ruedas con tiempos de respuesta adecuados a un vehículo articulado y largo.

### El principio de seguridad: el freno de muelle acumulador

La característica más importante de un freno neumático es que es de seguridad intrínseca (*fail-safe*). El freno de estacionamiento y de emergencia se mantiene liberado gracias a la presión de aire que comprime un potente muelle dentro del actuador. Si esa presión cae —por una avería, una fuga grave o al parar el motor— el muelle se libera y aplica los frenos automáticamente. Dicho de otro modo: la pérdida de presión no deja el vehículo sin frenos, sino que los activa. Es justo lo contrario de un sistema hidráulico, en el que una fuga significa quedarse sin capacidad de frenada.

### Circuitos separados: carga y aplicación

El sistema se organiza en dos funciones claramente diferenciadas:

- **Circuito de carga (alimentación):** el compresor, el regulador de presión, el secador de aire y los calderines almacenan y mantienen el aire a la presión de trabajo.
- **Circuito de aplicación (servicio):** a través de la válvula de freno de pie y las válvulas moduladoras, ese aire se dosifica hacia los actuadores de las ruedas cuando el conductor frena.

Esta separación permite que el vehículo esté siempre "cargado" y listo, entregando aire de forma controlada solo en el momento de frenar.

### Doble circuito: primario y secundario

Por seguridad, el freno de servicio se divide en dos circuitos independientes —primario y secundario—, cada uno con su propio calderín y sus propias tuberías, repartidos habitualmente entre los ejes delantero y trasero. Si un circuito falla, el otro conserva capacidad de frenada suficiente para detener el vehículo. Esta redundancia es obligatoria en la homologación de los vehículos pesados.

Elemento	Función	Comportamiento ante pérdida de presión
Circuito de carga	Genera y almacena aire	El compresor repone la presión
Circuito de servicio (primario/secundario)	Frenada modulada por el conductor	El circuito intacto sigue frenando
Freno de muelle acumulador	Estacionamiento y emergencia	Aplica los frenos automáticamente

**Cómo usar esta guía:** cada capítulo describe un grupo de componentes y remite a las categorías de producto VADEN ORIGINAL correspondientes para facilitar su identificación y sustitución.

## El circuito de alimentación de aire (circuito de carga)

---

El circuito de alimentación, también llamado circuito de carga, es el conjunto de componentes encargados de producir, secar, almacenar y distribuir el aire comprimido que da servicio a todos los circuitos de freno del vehículo. Su función es mantener el depósito de aire dentro del margen de presión de trabajo (normalmente entre unos 8 y 12,5 bar) y entregar aire limpio y seco al resto de la instalación neumática. Si esta parte del sistema falla, ningún otro circuito —servicio, estacionamiento o remolque— podrá funcionar con seguridad.

### Compresor de aire

El compresor va accionado por el motor (por engranaje o correa) y aspira aire para comprimirlo hacia el secador y los depósitos. Trabaja entre una presión de conexión (cut-in), a la que empieza a cargar, y una de desconexión (cut-out), a la que deja de cargar. Un síntoma de avería típico es una carga muy lenta del sistema o un excesivo arrastre de aceite hacia la instalación, señal de segmentos o cilindros desgastados. VADEN ORIGINAL suministra compresores de recambio.

### Regulador del compresor (governor)

El regulador (governor) controla las presiones de conexión y desconexión: mide la presión del depósito y ordena al compresor cuándo debe cargar y cuándo debe descargar. Es el «cerebro» que mantiene la instalación dentro de su margen de trabajo. Si el regulador falla, el sistema puede sobrepasar la presión y hacer saltar la válvula de seguridad, o bien no alcanzar nunca la presión de desconexión, con el compresor cargando de forma continua.

### Válvula de descarga / regulador de presión (unloader)

Cuando se alcanza la presión de desconexión, el regulador envía una señal a la válvula de descarga, que libera a la atmósfera el aire de la culata del compresor para que este siga girando «en vacío», sin comprimir. Así se evita un consumo inútil de potencia y el sobrecalentamiento. Un síntoma de fallo es que el compresor siga bombeando sin descargar, con recalentamiento, arrastre de aceite y saltos repetidos de la válvula de seguridad.

### Secador de aire y cartucho desecante

El secador de aire elimina la humedad y el aceite antes de que el aire entre en los depósitos. Su cartucho desecante retiene el agua durante la fase de carga y la expulsa en el ciclo de purga (regeneración), cuando el sistema desconecta. Un cartucho saturado deja pasar humedad a la instalación: aparece agua en los depósitos y, en invierno, riesgo de congelación de válvulas. VADEN ORIGINAL suministra secadores de aire y cartuchos desecantes de recambio.

### Válvulas antirretorno (válvulas de retención)

Las válvulas antirretorno permiten el paso del aire en un solo sentido y aíslan unos circuitos de otros. Gracias a ellas, una fuga en un circuito no vacía los depósitos de los demás, garantizando que siempre quede presión de reserva para el frenado. Un síntoma de avería es el flujo inverso de aire: una fuga en un solo circuito hace caer la presión de toda la instalación y dispara los avisadores de baja presión.

## **Depósitos húmedo, primario y secundario**

El aire pasa primero al depósito húmedo (calderín húmedo), donde por decantación se acumulan el condensado y los restos de aceite que hayan superado el secador, antes de alimentar los depósitos primario y secundario que dan servicio a los circuitos de freno. Por eso existe un depósito húmedo: hace de «trampa» de agua y aceite y protege al resto de la instalación. Es imprescindible purgar el condensado con regularidad; si no se drena, el agua corroe los depósitos, daña las válvulas y reduce la reserva de aire. Un depósito con fugas no mantiene la presión y provoca arranques constantes del compresor.

## El circuito de servicio (aplicación)

---

El circuito de servicio es el que el conductor acciona con el pedal en cada frenada normal. Su misión es convertir la presión de aire almacenada en los calderines en una fuerza mecánica en cada rueda, de forma rápida, dosificada y proporcional al esfuerzo aplicado sobre el pedal. A continuación se describe el recorrido de una pulsación del pedal hasta la zapata o la pinza, y los componentes que intervienen en cada tramo.

### Válvula de freno de pie de doble circuito (válvula de pedal)

El punto de partida es la válvula de freno de pie, también llamada válvula de pedal o válvula de mando de doble circuito. Al pisar el pedal, esta válvula deja pasar aire de los depósitos hacia el resto del circuito con una presión proporcional al recorrido y a la fuerza del pie: cuanto más se pisa, mayor es la presión de mando. Es de doble circuito para gestionar por separado el eje delantero y el eje trasero (o el conjunto tractor-remolque), de modo que, si un circuito falla, el otro conserve capacidad de frenado.

### Válvulas relé y válvulas de escape rápido

Para evitar los retrasos de respuesta que causarían las largas tuberías, la señal de presión no siempre llega directamente a los actuadores. La **válvula relé** recibe la señal de mando de la válvula de pedal, pero alimenta los actuadores con aire tomado directamente de un depósito cercano; así reduce el tiempo de aplicación y de suelta en los ejes más alejados. La **válvula de escape rápido**, montada junto a los actuadores, permite que el aire se evacúe localmente a la atmósfera al soltar el pedal, en lugar de tener que retroceder por toda la conducción, acelerando la liberación del freno.

### Actuadores de freno de servicio (de membrana)

El aire de mando llega finalmente al **actuador de freno de servicio**, o cámara de freno de membrana. En su interior, una membrana flexible separa la cámara de aire del vástago de empuje. Cuando entra aire a presión, la membrana se deforma y empuja el vástago hacia fuera, transformando la presión neumática en una fuerza mecánica lineal. Al soltar el pedal, un muelle de retorno recupera el vástago y la membrana a su posición de reposo.

### Palancas de freno automáticas (ajustadores automáticos de holgura)

El vástago actúa sobre la **palanca de freno automática** (ajustador automático de holgura). Esta palanca cumple dos funciones. Primero, actúa como brazo de palanca que multiplica la fuerza del vástago para convertirla en el par necesario sobre el eje de la leva. Segundo, gracias a su mecanismo automático, compensa el desgaste del material de fricción manteniendo constante la *carrera libre*: el pequeño recorrido en vacío del vástago antes de que las zapatas contacten con el tambor. Una carrera libre correcta garantiza una respuesta rápida y un frenado uniforme entre ruedas.

## **Leva en S, tambor y zapatas**

La palanca hace girar el eje que termina en una **leva en S**. Al girar, el perfil de la leva separa los extremos de las dos zapatas y las empuja contra la superficie interior del **tambor de freno**, que gira solidario con la rueda. El rozamiento del material de fricción de las zapatas contra el tambor genera el par de frenado. Al liberar la presión, los muelles de recuperación devuelven las zapatas a su posición y la leva vuelve a reposo.

## **La alternativa del freno de disco**

Como alternativa al conjunto de leva y tambor, muchos vehículos montan **frenos de disco de accionamiento neumático**. En este caso, el vástago del actuador acciona una pinza que, mediante un mecanismo interno de husillo, aprieta las pastillas contra ambas caras del disco. El freno de disco ofrece mejor disipación del calor, menor fatiga en uso intensivo y un reglaje más sencillo.

Dentro de este circuito, VADEN ORIGINAL suministra actuadores de freno de servicio, válvulas neumáticas (válvulas de pedal, relé y de escape rápido) y palancas de freno automáticas, garantizando compatibilidad dimensional y prestaciones equivalentes a los componentes de equipo original.

## Frenos de estacionamiento y de emergencia (de muelle)

---

Los frenos de estacionamiento y de emergencia de los vehículos industriales pesados funcionan mediante actuadores de muelle (spring brake), un principio radicalmente distinto al del freno de servicio. En el freno de servicio, el aire comprimido genera la fuerza de frenado; en el actuador de muelle ocurre justo lo contrario: un potente muelle helicoidal aplica la fuerza de frenado, y es el aire comprimido el que lo mantiene comprimido, es decir, con el freno desaplicado (OFF). Solo mientras exista presión suficiente en el circuito, el muelle permanece comprimido y las ruedas quedan libres.

### Comportamiento a prueba de fallos (fail-safe)

De este principio se deriva la seguridad intrínseca del sistema. Si la presión de aire cae por debajo de un umbral determinado —por una fuga, la rotura de un latiguillo o el vaciado del calderín—, el muelle se libera de forma automática y aplica los frenos. El vehículo no puede quedarse nunca "sin frenos" por pérdida de aire: la ausencia de presión equivale a frenado. Esta es la aplicación de emergencia o por rotura de enganche (breakaway), especialmente relevante en los conjuntos tractora-semirremolque, donde la separación accidental de las líneas provoca la inmovilización inmediata del remolque.

### Anticompound (anticompoundeo)

Cuando el freno de muelle ya está aplicado, si el conductor pisa a la vez el freno de servicio, ambas fuerzas —la del muelle y la del aire de servicio— podrían sumarse sobre la misma varilla y el mismo mecanismo de freno. Esta suma, conocida como efecto compound, somete a la timonería y a la leva a esfuerzos excesivos. Para evitarlo, la función anticompound (mediante una válvula de doble mando o válvula relé de estacionamiento) impide que ambas presiones actúen simultáneamente, protegiendo los componentes.

### Válvula de inversión / de desaplicación de estacionamiento

La válvula de inversión o de mando del freno de estacionamiento (park-release valve) gestiona la carga y descarga del compartimento de muelle a partir de la señal del pomo de estacionamiento de la cabina. Al soltar el freno de mano, envía aire al actuador para comprimir el muelle; al accionarlo, purga ese aire y permite que el muelle aplique el freno.

### Enjaulado (cageado) del muelle para mantenimiento

Para desmontar el actuador o mover un vehículo sin presión, el muelle debe neutralizarse mecánicamente mediante el tornillo de enjaulado (caging bolt o pomo de liberación). Procedimiento seguro:

- Calzar las ruedas: al enjaular el muelle se anula el freno de estacionamiento.
- Extraer el tornillo de enjaulado de su alojamiento e insertarlo en el vástago del pistón.
- Girarlo con llave (nunca con atornillador de impacto) hasta comprimir por completo el muelle.
- Verificar que la varilla se ha retraído por completo antes de intervenir.

**Nota de seguridad:** el muelle acumula una energía muy elevada. No desmonte nunca la carcasa de un actuador de muelle sin haberlo enjaulado por completo: un muelle liberado de forma incontrolada puede causar lesiones graves o mortales. Utilice siempre actuadores herméticos como unidad cerrada y no manipule la brida de cierre.

## Control de la suspensión neumática y frenado sensible a la carga

---

La fuerza de frenado que necesita un vehículo industrial no es constante: un camión o un remolque cargado a plena carga requiere mucha más presión de frenado que el mismo vehículo circulando en vacío. Si la presión aplicada a los cilindros de freno fuese siempre la misma, el eje descargado tendería a bloquearse, provocando pérdida de adherencia, desgaste irregular de las zapatas y comportamiento inestable. Para evitarlo, el circuito neumático regula la presión en función del peso que soporta cada eje.

### La válvula sensora de carga (ALB)

La válvula sensora de carga, también denominada válvula ALB (frenado automático en función de la carga, *automatic load-dependent braking*), es el componente encargado de dosificar la presión de frenado según la carga real del eje. Detecta la variación de altura entre el chasis y el eje —o la presión de los fuelles en suspensiones neumáticas— y modula proporcionalmente la presión entregada a los cilindros de freno. Así, un eje muy cargado recibe más presión y uno ligero recibe menos, manteniendo el frenado equilibrado en todas las condiciones de carga. En vehículos modernos, esta función suele estar integrada en la electrónica del ABS o del EBS, gestionada por la ECU, pero en muchas configuraciones la válvula ALB mecánica o neumática sigue siendo esencial.

### Válvula niveladora y ECAS

Para que el sistema mida correctamente la carga, la altura de marcha debe mantenerse constante. De ello se encarga la válvula niveladora (válvula de nivelación), que regula la entrada y salida de aire de los fuelles de la suspensión neumática para conservar la altura del chasis con independencia del peso transportado. En los sistemas electrónicos, esta tarea la realiza el ECAS, que controla la nivelación mediante sensores de altura y electroválvulas, permitiendo además funciones como el descenso para carga y descarga o el ajuste de altura en el muelle.

### Por qué importa el frenado proporcional a la carga

- Reduce el riesgo de bloqueo del eje descargado y mejora la estabilidad direccional.
- Reparte el esfuerzo de frenado entre ejes, prolongando la vida de zapatas, discos y tambores.
- Optimiza las distancias de frenado en todo el rango de carga.
- Garantiza una altura de marcha estable, clave para la geometría de la suspensión y la comodidad de conducción.

VADEN ORIGINAL suministra tanto válvulas ALB como válvulas niveladoras, componentes fundamentales para conservar un frenado seguro y proporcional a la carga en camiones, autobuses y remolques.

<b>Componente</b>	<b>VADEN ORIGINAL category</b>	<b>Función principal</b>
Válvula sensora de carga (ALB)	Load Sensing Valve	Dosifica la presión de frenado según la carga por eje
Válvula niveladora	Levelling Valve	Mantiene constante la altura de marcha de la suspensión neumática

## Frenado electrónico ABS y EBS

---

Los sistemas de frenado electrónico supervisan y regulan de forma continua la presión de frenado en cada rueda para mantener el vehículo estable y controlable, especialmente durante frenadas de emergencia o sobre calzada de baja adherencia. El ABS (sistema antibloqueo de ruedas) constituye la base de esta tecnología, mientras que el EBS representa su evolución hacia el mando totalmente electrónico.

### Componentes y funcionamiento del ABS

El ABS impide que las ruedas se bloqueen durante la frenada, conservando la capacidad de dirección y reduciendo la distancia de parada. Su funcionamiento se apoya en cuatro elementos principales:

- **Sensores de velocidad de rueda:** cada sensor lee una *corona dentada* (rueda fónica o anillo generador de impulsos) solidaria al buje. Al girar la rueda, los dientes generan una señal eléctrica cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de giro.
- **Válvula moduladora ABS:** instalada en la línea neumática de cada rueda o eje, regula la presión de aire hacia la cámara de freno mediante electroválvulas de accionamiento rápido.
- **Unidad de control (ECU):** compara las señales de todos los sensores. Cuando detecta que una rueda tiende a bloquearse (deceleración excesiva respecto a las demás), ejecuta un ciclo de regulación de tres fases: *liberar* presión para evitar el bloqueo, *mantener* la presión estabilizada y *reaplicar* presión para recuperar la fuerza de frenado. Este ciclo se repite varias veces por segundo.
- **Testigo de advertencia ABS:** luz en el salpicadero que informa al conductor del estado del sistema. Se enciende al arrancar como autodiagnóstico y permanece encendida si la ECU detecta una avería, en cuyo caso el frenado convencional sigue operativo pero sin regulación antibloqueo.

### El sistema EBS (frenado electrónico)

El EBS sustituye el mando neumático principal por un mando electrónico de tipo *brake-by-wire*. Al accionar el pedal, un sensor convierte la petición del conductor en una señal eléctrica que la ECU transmite a los moduladores de eje, manteniendo la vía neumática solo como respaldo de seguridad. Sus ventajas frente al ABS convencional son:

- **Respuesta más rápida:** la señal eléctrica viaja casi instantáneamente, reduciendo el tiempo de reacción y la distancia de frenado frente al retardo propio de las líneas neumáticas.
- **Reparto y desgaste optimizados:** el EBS equilibra la fuerza entre ejes y entre tractor y remolque, homogeneizando el desgaste de las guarniciones.
- **Integración con funciones de seguridad:** incorpora de serie el ASR (control de tracción) y el control de estabilidad, además de dialogar con ABS, ALB y la suspensión ECAS.

En resumen, mientras el ABS actúa como corrección puntual sobre un sistema de base neumática, el EBS gestiona electrónicamente toda la frenada, ofreciendo mayor precisión, diagnóstico avanzado y una plataforma para las funciones de asistencia modernas.

## Componentes VADEN ORIGINAL

VADEN ORIGINAL suministra moduladores y sensores para sistemas ABS y EBS con calidad de equipo original:

Componente	VADEN ORIGINAL category	Función
Sensor de velocidad de rueda	ABS Sensor	Lee la corona dentada y envía la señal de giro a la ECU.
Válvula moduladora ABS	ABS Modulator Valve	Regula la presión de aire de frenado rueda a rueda.
Modulador de eje EBS	EBS Modulator	Aplica electrónicamente la presión por eje en el frenado brake-by-wire.

## El circuito de frenado del remolque

---

En un conjunto articulado, la frenada debe transmitirse del vehículo tractor al remolque o semirremolque de forma neumática, sin ninguna conexión mecánica directa entre ambos frenos. Esta transferencia se realiza a través de dos líneas de aire independientes y de una serie de válvulas que garantizan que el remolque frene de manera proporcional y segura, incluso en caso de avería o desenganche.

### De la cabeza tractora al remolque: las dos líneas

El aire abandona el vehículo tractor a través de la **válvula de protección del vehículo tractor**, cuya función es aislar los depósitos de la cabeza tractora si la presión cae por debajo de un umbral de seguridad. De este modo, una fuga en el remolque nunca deja sin aire al freno del tractor. Desde esta válvula parten dos conductos que terminan en las **cabezas de acoplamiento** (acoplamientos tipo palma):

- **Línea roja (alimentación/emergencia):** suministra aire de forma permanente para llenar los depósitos del remolque y actúa como línea de emergencia. Al desconectarse o perder presión, provoca automáticamente la frenada del remolque.
- **Línea amarilla (servicio/mando):** transmite la señal de mando proporcional al esfuerzo aplicado sobre el pedal, indicando al remolque con qué intensidad debe frenar.

### Componentes del propio remolque

La señal amarilla llega a la **válvula relé** del remolque, que utiliza el aire almacenado en sus propios **depósitos (calderines)** para presurizar rápidamente las **cámaras de freno**. Gracias a la válvula relé, el tiempo de respuesta es corto pese a la distancia, ya que la señal de mando no tiene que recorrer todo el circuito. El técnico también puede regular la frenada desde la cabeza mediante la **válvula de mando del remolque** (válvula de mano), independiente del pedal de servicio.

### Comportamiento en desenganche y emergencia

Si el remolque se separa accidentalmente del tractor, ambas líneas se rompen y la línea roja pierde presión. Esta caída hace que la válvula relé descargue el aire de mando y aplique automáticamente los frenos del remolque con el aire acumulado en sus depósitos, deteniéndolo de forma autónoma. Es el principio de seguridad intrínseca del sistema neumático: la ausencia de aire significa freno aplicado.

<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>VADEN ORIGINAL category</b>
Válvula de protección del vehículo tractor	Aísla los depósitos del tractor ante una fuga en el remolque	Tractor Protection Valve
Cabezas de acoplamiento (roja y amarilla)	Conectan las líneas de alimentación y de mando entre ambos vehículos	Coupling Head
Válvula de mando del remolque	Permite accionar los frenos del remolque de forma independiente	Trailer Control Valve
Válvula relé	Acelera la respuesta usando el aire de los depósitos del remolque	Relay Valve
Depósito de aire	Almacena el aire comprimido para la frenada del remolque	Air Reservoir
Cámara de freno	Convierte la presión neumática en fuerza mecánica sobre el freno	Brake Chamber

## Diagnóstico de averías y mantenimiento

---

El sistema neumático de frenado exige un diagnóstico metódico: la mayoría de las averías se manifiestan como una anomalía en la presión, en la estanqueidad o en la respuesta del freno, y casi siempre tienen su origen en un componente concreto del circuito. La tabla siguiente resume los síntomas más frecuentes en vehículos industriales y remolques, su causa más probable y la comprobación o solución recomendada. Trabaje siempre con el vehículo calzado, purgue por completo la presión antes de desmontar cualquier racor y utilice recambios homologados VADEN ORIGINAL para garantizar la compatibilidad y la seguridad del conjunto.

Síntoma	Causa probable	Comprobación y solución
Subida lenta de la presión de aire	Compresor desgastado, correa floja, filtro de admisión obstruido o fugas en el circuito de carga.	Cronometre el tiempo de llenado y compárelo con el valor del fabricante. Revise la tensión y el estado de la correa, limpie o sustituya el filtro de admisión y verifique el caudal del compresor; localice y elimine fugas en las líneas de carga.
Exceso de humedad o agua en los calderines	Secador de aire saturado o ineficaz, cartucho agotado o válvula de purga defectuosa.	Purgue los calderines y observe el contenido. Sustituya el cartucho del secador de aire y compruebe el ciclo de regeneración; verifique el funcionamiento de la válvula reguladora de presión (governor) y de las válvulas de purga.
Los frenos rozan o no se liberan	Retorno incompleto por muelles fatigados, ajustador de holguras agarrotado, válvula relé o de descarga que no evacua, o cámara de freno gripada.	Compruebe que la presión cae a cero al soltar el pedal. Revise la carrera y el reglaje del ajustador de holguras, engrase los puntos previstos y verifique la válvula relé y el escape rápido; sustituya la cámara de freno si el vástago no retorna.
Fuga de aire audible	Racores flojos, tuberías o latiguillos dañados, o juntas y membranas deterioradas en válvulas y cámaras.	Aplique agua jabonosa sobre racores, válvulas y cámaras para localizar el burbujeo. Apriete o sustituya conexiones y tuberías dañadas y renueve juntas o membranas defectuosas.
El testigo de ABS permanece encendido	Sensor de rueda sucio o mal entrehierro, cableado dañado, rueda fónica deteriorada o avería en el módulo.	Lea los códigos de avería con el equipo de diagnóstico. Limpie el sensor y ajuste su holgura respecto a la rueda fónica, revise conectores y mazos; sustituya el sensor o la ECU del ABS según indique el diagnóstico.
Aviso o zumbador de baja presión	Presión de trabajo insuficiente, fuga interna, interruptor de presión defectuoso o compresor que no carga.	Contraste la presión real con un manómetro fiable. Descarte fugas internas y compruebe la válvula reguladora; sustituya el interruptor de baja presión si la lectura es correcta pero el aviso persiste.
Frenada desigual o que tira hacia un lado	Reglaje dispar entre ejes, cámaras de distinto rendimiento, contaminación de forros o válvula reguladora de carga (ALB) descalibrada.	Igualé la carrera de los vástagos en ambos lados del eje y verifique el reglaje de los ajustadores de holguras. Inspeccione forros y tambores por grasa o desgaste y calibre la válvula ALB; compruebe el equilibrado en banco de frenos.

## Intervalos de mantenimiento

- Purgar los calderines para evacuar el agua y los residuos acumulados.
- Sustituir el cartucho del secador de aire según el plan de mantenimiento.
- Inspeccionar la carrera libre (holgura) del ajustador de holguras.
- Comprobar la carrera del vástago de la cámara de freno en cada eje.
- Inspeccionar el estado y el desgaste de los forros y los tambores.

## Referencia rápida de componentes y glosario

Esta tabla resume los catorce componentes principales del sistema de frenos neumáticos de un vehículo industrial, su función esencial y la categoría de producto correspondiente en la gama VADEN ORIGINAL. Utilízela como consulta rápida en taller o como índice de referencia cruzada con el resto de la guía.

Componente	Función	Categoría VADEN ORIGINAL
Compresor de aire	Genera el aire comprimido que alimenta todo el sistema de frenos.	Air Compressor
Regulador de presión (governor)	Fija las presiones de conexión y desconexión de carga del compresor.	Pressure Regulator
Secador de aire / cartucho	Elimina la humedad y las impurezas del aire antes de los calderines.	Air Dryer & Cartridge
Válvula de descarga	Alivia al compresor de carga al alcanzarse la presión máxima.	Unloader Valve
Válvula relé	Acelera el llenado y el vaciado de las cámaras del eje trasero.	Relay Valve
Válvula de escape rápido	Evacua con rapidez el aire de las cámaras al soltar el freno.	Quick Release Valve
Cámara de freno	Convierte la presión de aire en fuerza mecánica sobre el freno de servicio.	Brake Chamber
Cámara de muelle (estacionamiento)	Aplica el freno de estacionamiento y de emergencia mediante muelle acumulador.	Spring Brake Chamber
Palanca de freno (regulador de holgura)	Transmite el esfuerzo a la leva en S y compensa el desgaste de las zapatas.	Slack Adjuster
Válvula sensora de carga (ALB)	Regula la presión de frenado en función de la carga sobre el eje.	Load Sensing Valve
Válvula niveladora	Mantiene constante la altura de la suspensión neumática.	Levelling Valve
Modulador ABS/EBS	Ajusta la presión en cada rueda para evitar el bloqueo.	ABS/EBS Modulator Valve
Freno de escape	Retiene el vehículo estrangulando los gases de escape del motor.	Exhaust Brake Valve
Servo de embrague	Asiste de forma hidroneumática el accionamiento del embrague.	Clutch Servo

## Glosario

- **cut-in / cut-out (presión de conexión / desconexión):** presiones a las que el regulador ordena al compresor empezar a cargar (cut-in) y dejar de cargar (cut-out) los calderines.
- **wet tank (calderín húmedo o depósito de purga):** primer depósito situado tras el compresor, donde se acumula y decanta el condensado antes de distribuir el aire a los distintos circuitos.
- **S-cam (leva en S):** leva con forma de S que, al girar, separa las zapatas contra el tambor en los frenos de tambor neumáticos.
- **gladhand (cabezas de acoplamiento):** conector rápido que une las mangueras neumáticas de servicio y de emergencia entre la tractora y el remolque.
- **anti-compounding (dispositivo antiacumulación):** función que impide sumar la fuerza del freno de servicio y la del muelle acumulador sobre la misma cámara, evitando sobrecargar la mecánica del freno.
- **free-stroke (carrera libre):** recorrido del vástago de la cámara antes de que las zapatas contacten con el tambor; indicador clave del reglaje del freno.
- **ALB:** del alemán *Automatischer Lastabhängiger Bremskraftregler*; regulador que adapta automáticamente la presión de frenado a la carga real del eje.
- **fail-safe (seguridad positiva):** principio por el que una pérdida de presión provoca la aplicación del freno mediante el muelle acumulador, deteniendo el vehículo de forma segura.