II

(Actos no legislativos)

ACTOS ADOPTADOS POR ÓRGANOS CREADOS MEDIANTE ACUERDOS INTERNACIONALES

Solo los textos originales de la CEPE surten efectos jurídicos con arreglo al Derecho internacional público. La situación y la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento deben verificarse en la última versión del documento de la CEPE «TRANS/WP.29/343», que puede consultarse en: http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html

Reglamento nº 13-H de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) — Disposiciones uniformes sobre la homologación de los vehículos de turismo en lo relativo al frenado [2015/2364]

Incorpora todo el texto válido hasta:

el suplemento 16 de la versión original del Reglamento, con fecha de entrada en vigor: 15 de junio de 2015

ÍNDICE

REGLAMENTO

1. Ámbito de aplicación

2. Definiciones

3. Solicitud de homologación

4. Homologación

5. Especificaciones

6. Ensayos

7. Modificación de un tipo de vehículo o de un sistema de frenado y extensión de la homologación

8. Conformidad de la producción

9. Sanciones por no conformidad de la producción

10. Cese definitivo de la producción

11. Nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de las autoridades de homologación de tipo

12. Disposiciones transitorias

ANEXOS

1 Comunicación

Apéndice. Lista de datos del vehículo para las homologaciones con arreglo al Reglamento nº 90

2 Disposición de las marcas de homologación

3 Ensayos de frenado y eficacia de los sistemas de frenado

Apéndice. Procedimiento de supervisión del estado de la carga de las baterías

4 Disposiciones sobre las fuentes de energía y los dispositivos de almacenamiento de energía (acumuladores de energía)

5 Distribución del frenado entre los ejes de los vehículos

Apéndice 1. Procedimiento de ensayo de la secuencia de bloqueo de la rueda

Apéndice 2. Procedimiento de ensayo de la rueda del par

6 Requisitos de ensayo de los vehículos equipados con sistemas antibloqueo

Apéndice 1. Símbolos y definiciones

Apéndice 2. Utilización de la adherencia

Apéndice 3. Eficacia sobre superficies de distinta adherencia

Apéndice 4. Método de selección de la superficie de adherencia baja

7 Método de ensayo dinamométrico de inercia para forros de freno

8 Requisitos especiales aplicables a los aspectos relativos a la seguridad de sistemas electrónicos complejos de control del vehículo

9 Sistemas de control electrónico de la estabilidad y de asistencia en el frenado

Apéndice 1. Utilización de la simulación de la estabilidad dinámica

Apéndice 2. Herramienta de simulación de la estabilidad dinámica y validación de la misma

Apéndice 3. Acta de ensayo de la herramienta de simulación de la función de control de la estabilidad del vehículo

Apéndice 4. Método de determinación de F_{ABS} y a_{ABS}

Apéndice 5. Tratamiento de datos para el BAS

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.1. El presente Reglamento se aplica al frenado de los vehículos de las categorías M_1 y N_1 [1].

1.2 El presente Reglamento no se aplica a:

1.2.1. los vehículos cuya velocidad por fabricación no supere los 25 km/h;

1.2.2. los vehículos adaptados a los conductores con discapacidad.

2. DEFINICIONES

A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

2.1. «Homologación de un vehículo»: homologación de un tipo de vehículo en lo relativo al frenado.

2.2. «Tipo de vehículo»: categoría de vehículos que no difieran entre sí en aspectos esenciales como:

2.2.1. la masa máxima, según se define en el punto 2.11 siguiente;

2.2.2. la distribución de la masa entre los ejes;

[1] El presente Reglamento ofrece una serie alternativa de requisitos aplicables a los vehículos de la categoría N_1, distintos de los incluidos en el Reglamento nº 13. Las Partes Contratantes que aplican el Reglamento nº 13 y el presente Reglamento reconocen como igualmente válidas las homologaciones concedidas con arreglo a cualquiera de ambos reglamentos. Las categorías de vehículo M_1 y N_1 figuran definidas en la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, punto 2 - www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

2.2.3. la velocidad máxima por fabricación;

2.2.4. un tipo diferente de equipo de frenado, con especial referencia a la existencia o no de un equipo para el frenado de un remolque y a la existencia de un sistema de frenado eléctrico;

2.2.5. el tipo de motor;

2.2.6. el número de marchas y las relaciones de transmisión;

2.2.7. las relaciones finales de transmisión;

2.2.8. las dimensiones de los neumáticos.

2.3. «Equipo de frenado»: conjunto de partes que tienen por función disminuir progresivamente la velocidad de un vehículo en marcha, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya detenido; estas funciones se especifican en el punto 5.1.2 siguiente. El equipo está compuesto por el mando, la transmisión y el freno propiamente dicho.

2.4. «Mando»: pieza directamente accionada por el conductor para proporcionar a la transmisión la energía necesaria para el frenado o para controlarla. Esta energía podrá ser tanto la muscular del conductor como otra controlada por este, o bien una combinación de ambos tipos.

2.5. «Transmisión»: conjunto de componentes situados entre el mando y el freno que los une funcionalmente. La transmisión podrá ser mecánica, hidráulica, neumática, eléctrica o mixta. Cuando la fuente de energía utilizada en el frenado o como ayuda para este sea independiente del conductor, pero controlada por este, la reserva de energía existente en el sistema formará también parte de la transmisión.

La transmisión consta de dos partes con funciones independientes: transmisión del mando y transmisión de energía. Cuando en este Reglamento se utilice la palabra «transmisión» sola, se sobrentenderán ambas funciones, la de «transmisión del mando» y la de «transmisión de la energía».

2.5.1. «Transmisión del mando»: conjunto de componentes de la transmisión que controlan el funcionamiento de los frenos, incluida la función de mando y la o las reservas de energía necesarias.

2.5.2. «Transmisión de la energía»: conjunto de componentes que suministran a los frenos la energía necesaria para que funcionen, incluidas la o las reservas de energía necesarias para el funcionamiento de los frenos.

2.6. «Freno»: pieza donde se desarrollan las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo. El freno puede ser de fricción (cuando las fuerzas se producen por el rozamiento de dos piezas del mismo vehículo que se mueven la una en relación con la otra); eléctrico (cuando las fuerzas se producen por acción electromagnética entre dos piezas del vehículo en movimiento relativo pero sin contacto entre sí); hidráulico (cuando las fuerzas se producen por la acción de un líquido situado entre dos elementos del vehículo que se mueven el uno en relación con el otro); o motor (cuando las fuerzas proceden de un aumento artificial de la acción de frenado del motor que se transmite a las ruedas).

2.7. «Tipos diferentes de equipo de frenado»: aquellos que difieren en aspectos esenciales como los siguientes:

2.7.1. componentes con características diferentes;

2.7.2. un componente fabricado con materiales que tienen características distintas o un componente cuya forma o tamaño sean diferentes;

2.7.3. un montaje diferente de los componentes.

2.8. «Componente del equipo de frenado»: cada una de las piezas que, montadas juntas, forman el equipo de frenado.

2.9. «Frenado progresivo y graduado»: frenado durante el cual, dentro del campo de funcionamiento normal del dispositivo y durante el accionamiento de los frenos (véase el punto 2.16 siguiente):

2.9.1. el conductor puede, en todo momento, aumentar o disminuir la fuerza del frenado accionando el mando;

2.9.2. la fuerza del frenado varía proporcionalmente a la acción sobre el mando (función monótona);

2.9.3. se puede regular fácilmente con la suficientemente precisión la fuerza del frenado.

2.10. «Vehículo cargado»: a no ser que se indique lo contrario, vehículo cargado de forma que alcance su «masa máxima».

2.11. «Masa máxima»: la masa máxima técnicamente admisible declarada por el fabricante del vehículo (esta masa puede ser superior a la «masa máxima autorizada» por la administración nacional).

2.12. «Distribución de la masa entre los ejes»: distribución entre los ejes del efecto de la gravedad sobre la masa del vehículo y su contenido.

2.13. «Carga por rueda o eje»: la reacción (fuerza) vertical estática de la superficie de rodadura ejercida en la zona de contacto con la rueda o ruedas del eje.

2.14. «Máxima carga estacionaria por rueda o eje»: la carga estacionaria por rueda o eje alcanzada con el vehículo cargado.

2.15. «Equipo de frenado hidráulico con reserva de energía»: equipo de frenado cuya energía es suministrada por un líquido hidráulico a presión, almacenado en uno o varios acumuladores alimentados por una o varias bombas de presión, cada una de los cuales está provista de un limitador de la presión a un valor máximo. Dicho valor será especificado por el fabricante.

2.16. «Accionamiento»: tanto la acción de ejercer una presión sobre el mando como la de dejar de ejercerla.

2.17. «Frenado eléctrico con recuperación de energía»: sistema de frenado que permite convertir la energía cinética del vehículo en energía eléctrica durante la deceleración.

2.17.1. «Mando del frenado eléctrico con recuperación de energía»: dispositivo que modula la acción del sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía.

2.17.2. «Sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría A»: sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía que no forma parte del sistema de frenado de servicio.

2.17.3. «Sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B»: sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía que forma parte del sistema de frenado de servicio.

2.17.4. «Estado eléctrico de la carga»: relación instantánea entre la cantidad de energía eléctrica almacenada en la batería propulsora y la cantidad máxima de energía eléctrica que puede almacenarse en esa batería.

2.17.5. «Batería propulsora»: conjunto de acumuladores que almacena la energía que alimenta el o los motores propulsores del vehículo.

2.18. «Frenado coordinado»: medio que puede utilizarse cuando dos o más fuentes de frenado son accionadas desde un mando común, por el cual se puede dar prioridad a una de ellas neutralizando progresivamente la(s) otra(s), de forma que sea necesario realizar un mayor movimiento en el mando antes de que entren en servicio.

2.19. Son necesarias definiciones del «valor nominal» de la eficacia de referencia del frenado para asignar un valor a la función de transferencia del sistema de frenado que relaciona los valores obtenidos con los aportados por cada vehículo.

2.19.1. «Valor nominal»: característica que puede demostrarse en la homologación y que relaciona el coeficiente de frenado del vehículo por sí mismo con el nivel de la variable aportada por el frenado.

2.20. «Frenado accionado automáticamente»: función de un sistema electrónico complejo de control en la que se accionan el sistema o sistemas de frenado o los frenos de determinados ejes a fin de decelerar el vehículo con o sin la intervención directa del conductor, resultante de la evaluación automática de la información activada a bordo del vehículo.

2.21. «Frenado selectivo»: función de un sistema electrónico complejo de control en la que los distintos frenos se accionan por medios automáticos y en la que la deceleración del vehículo es menos importante que la modificación del comportamiento del mismo.

2.22. «Señal de frenado»: señal lógica que indica la activación del frenado con arreglo al punto 5.2.22 del presente Reglamento.

2.23. «Señal de frenado de emergencia»: señal lógica que indica el frenado de emergencia con arreglo al punto 5.2.23 del presente Reglamento.

2.24. «Ángulo de dirección de Ackermann»: ángulo cuya tangente es la distancia entre los ejes dividida por el radio del giro a muy baja velocidad.

2.25. «Sistema de control electrónico de la estabilidad» o «sistema ESC»: sistema que dispone de todos los atributos siguientes:

2.25.1. Mejora la estabilidad direccional del vehículo mediante, al menos, la capacidad de controlar automáticamente los pares de frenado de las ruedas izquierda y derecha de cada eje ([2]) para inducir un momento de deriva corrector a partir de la evaluación del comportamiento real del vehículo en comparación con una determinación del comportamiento del vehículo solicitada por el conductor.

2.25.2. Está controlado por un módulo informático que utiliza un algoritmo de bucle cerrado para limitar el sobrevirado y el subvirado del vehículo a partir de la evaluación del comportamiento real del mismo en comparación con una determinación del comportamiento del vehículo solicitada por el conductor.

2.25.3. Dispone de un medio para determinar directamente la velocidad angular de guiñada del vehículo y estimar su deriva o la derivada de esta con respecto al tiempo.

2.25.4. Posee un medio para controlar las señales dadas a la dirección por el conductor.

2.25.5. Cuenta con un algoritmo para determinar la necesidad de modificar el par de propulsión y un medio de hacerlo, en caso necesario, a fin de ayudar al conductor a mantener el control del vehículo.

([2]) Un grupo de ejes se tratará como si fuera un único eje y las ruedas gemelas de tratarán como si fueran ruedas independientes.

2.26. «Aceleración transversal»: componente del vector de aceleración de un punto del vehículo perpendicular al eje (longitudinal) x del vehículo y paralelo al plano de la carretera.

2.27. «Sobrevirado»: condición en la que la velocidad angular de guiñada del vehículo es mayor que la que se produciría a la velocidad del vehículo como resultado del ángulo de dirección de Ackermann.

2.28. «Deriva o ángulo de deriva»: arco tangente del cociente de la velocidad transversal con respecto a la velocidad longitudinal del centro de gravedad del vehículo.

2.29. «Subvirado»: condición en la que la velocidad angular de guiñada del vehículo es menor que la que se produciría a la velocidad del vehículo como resultado del ángulo de dirección de Ackermann.

2.30. «Velocidad angular de guiñada»: velocidad del cambio del rumbo del vehículo medida en grados/segundos de rotación en torno a un eje vertical que atraviese el centro de gravedad del vehículo.

2.31. «Coeficiente de frenado máximo (PBC)»: medida de la fricción entre el neumático y la carretera basada en la deceleración máxima de un neumático en rotación.

2.32. «Espacio común»: zona en la que puede mostrarse más de un testigo, indicador, símbolo de identificación u otro mensaje, pero no simultáneamente.

2.33. «Factor de estabilidad estática» (SSF): la mitad de la anchura de vía de un vehículo dividida por la altura de su centro de gravedad, también expresado como SSF = T/2H, donde: T = anchura de vía (en el caso de vehículos con más de una achura de vía, se utilizará la media; cuando se trate de ruedas gemelas, se emplearán las ruedas exteriores al calcular «T») y H = altura del centro de gravedad del vehículo.

2.34. «Sistema de asistencia en el frenado» (BAS): función del sistema de frenado que deduce una situación de frenado de emergencia a partir de una característica del intento de frenar del conductor y que, en tales condiciones:

a) ayuda al conductor a lograr el índice máximo de frenada; o

b) es suficiente para hacer que el ABS realice ciclos completos.

2.34.1. «Sistema de asistencia en el frenado de categoría "A" »: dispositivo que detecta una situación de frenado de emergencia basándose principalmente ([3]) en la fuerza que el conductor aplica sobre el pedal del freno.

2.34.2. «Sistema de asistencia en el frenado de categoría "B" »: dispositivo que detecta una situación de frenado de emergencia a partir principalmente ([3]) de la velocidad a la que el conductor utiliza el pedal de freno.

2.35. «Código de identificación»: identifica los discos o tambores de freno cubiertos por la homologación del sistema de frenos conforme al presente Reglamento. Como mínimo, contiene la denominación comercial o marca del fabricante y un número de identificación.

3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN

3.1. La solicitud de homologación de un tipo de vehículo respecto al frenado será presentada por el fabricante del vehículo o por su representante debidamente acreditado.

([3]) Según declaración del fabricante del vehículo.

3.2. Dicha solicitud deberá ir acompañada de los documentos que se mencionan a continuación, por triplicado, así como de los elementos siguientes:

3.2.1. Una descripción del tipo de vehículo por lo que respecta a los elementos mencionados anteriormente en el punto 2.2 anterior. Deberán indicarse los números y símbolos que identifiquen el tipo de vehículo y el tipo de motor.

3.2.2. Una lista de los componentes, debidamente identificados, que constituyan el equipo de frenado.

3.2.3. Un diagrama del equipo de frenado montado y la indicación de la posición de sus componentes en el vehículo.

3.2.4. Dibujos detallados de cada componente que permitan localizarlo e identificarlo fácilmente.

3.3. Se entregará al servicio técnico encargado de la realización de los ensayos de homologación un vehículo representativo del tipo de vehículo que se desee homologar.

4. HOMOLOGACIÓN

4.1. Si el tipo de vehículo presentado para su homologación con arreglo al presente Reglamento satisface los requisitos que se exponen en los puntos 5 y 6, se concederá la homologación de dicho tipo de vehículo.

4.2. Se asignará un número de homologación a cada tipo de vehículo homologado; sus dos primeros dígitos indicarán la serie de modificaciones que incorporen los últimos cambios importantes de carácter técnico realizados en el Reglamento en el momento en que se expidió la homologación. Una misma Parte Contratante no podrá asignar idéntico número al mismo tipo de vehículo equipado con otro tipo de equipo de frenado o a otro tipo de vehículo.

4.3. Se comunicará la homologación o la denegación de la homologación de un tipo de vehículo con arreglo al presente Reglamento a las Partes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento mediante un formulario como el que figura en el anexo 1 del presente Reglamento y un resumen de la información incluida en los documentos a que se refieren los puntos 3.2.1 a 3.2.4 anteriores; el formato de los dibujos proporcionados por el solicitante de la homologación no será superior a A4 (210 × 297 mm), o bien se plegarán en dicho formato, y estarán a la escala adecuada.

4.4. En cada vehículo que se ajuste a un tipo de vehículo homologado con arreglo al presente Reglamento se colocará una marca de homologación internacional, de manera bien visible y en un lugar fácilmente accesible especificado en el formulario de homologación; la marca consistirá en los elementos siguientes:

4.4.1. la letra «E» dentro de un círculo, seguida del número distintivo del país que haya concedido la homologación ([4]), y

4.4.2. el número del presente Reglamento seguido de la letra «R», un guion y el número de homologación a la derecha del círculo mencionado en el punto 4.4.1 anterior.

4.4.3. En el caso de un vehículo que satisfaga los requisitos relativos al control electrónico de la estabilidad y al sistema de asistencia en el frenado previstos en el anexo 9 del presente Reglamento, además se añadirán las letras «ESC» inmediatamente a la derecha de la letra «R» mencionada en el punto 4.4.2 anterior.

4.4.4. En el caso de vehículos que cumplan los requisitos sobre la función de estabilidad del vehículo previstos en el anexo 21 del Reglamento nº 13 y los relativos a asistencia en el frenado contemplados en el anexo 9 del presente Reglamento, se añadirán las letras «VSF» inmediatamente a la derecha de la letra «R» mencionada en el punto 4.4.2 anterior.

([4]) Los números distintivos de las Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 figuran en el anexo 3 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, anexo 3- www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

4.5. Si el vehículo es conforme a un tipo de vehículo homologado de acuerdo con uno o varios Reglamentos anejos al Acuerdo en el país que ha concedido la homologación con arreglo al presente Reglamento, no será necesario repetir el símbolo prescrito en el punto 4.4.1; En ese caso, el Reglamento, los números de homologación y los símbolos adicionales de todos los Reglamentos según los cuales se ha concedido la homologación en el país que la concedió de conformidad con el presente Reglamento se colocarán en columnas verticales a la derecha del símbolo exigido en el punto 4.4.1.

4.6. La marca de homologación será claramente legible e indeleble.

4.7. La marca de homologación se colocará en la placa de características del vehículo o junto a ella.

4.8. En el anexo 2 del presente Reglamento figuran algunos ejemplos de disposición de las marcas de homologación.

5. ESPECIFICACIONES

5.1. Generalidades

5.1.1. Equipo de frenado

5.1.1.1. El equipo de frenado deberá ser diseñado, fabricado e instalado de forma que, en condiciones normales de utilización y a pesar de las vibraciones a las que pudiera estar sometido, el vehículo se ajuste a las disposiciones del presente Reglamento.

5.1.1.2. En particular, el equipo de frenado deberá ser diseñado, fabricado e instalado de forma que sea capaz de resistir los fenómenos de corrosión y de envejecimiento a los que estará expuesto.

5.1.1.3. Queda prohibido el uso de amianto en los forros de freno.

5.1.1.4. La eficacia del equipo de frenado no deberá verse mermada a causa de interferencias producidas por campos magnéticos y eléctricos. (Ello se demostrará mediante el cumplimiento del Reglamento nº 10, serie 02 de modificaciones).

5.1.1.5. La señal de demanda de la transmisión del mando podrá ser interrumpida brevemente (< 10 ms) por una señal de detección de un fallo, siempre que la eficacia del frenado no se vea afectada por ello.

5.1.2. Funciones del dispositivo de frenado

El equipo de frenado definido en el punto 2.3 del presente Reglamento deberá desempeñar las funciones siguientes:

5.1.2.1. Sistema de frenado de servicio

El sistema de frenado de servicio permitirá controlar el movimiento del vehículo y pararlo de forma segura, rápida y eficaz, cualesquiera que sean la velocidad, la carga o la pendiente en la que se encuentre el vehículo. Sus efectos deberán ser graduables. El conductor podrá frenar desde el puesto de conducción sin quitar las manos del mecanismo de dirección.

5.1.2.2. Sistema de frenado de socorro

El sistema de frenado de socorro deberá permitir, accionando el mando del mismo, detener el vehículo en una distancia razonable en caso de que falle el freno de servicio. Sus efectos deberán ser graduables. El conductor podrá frenar desde el puesto de conducción sin quitar las manos del mecanismo de dirección. Para los fines de las presentes disposiciones, se supone que no podrá producirse a la vez más de un fallo del sistema de frenado de servicio.

5.1.2.3. Sistema de frenado de estacionamiento

El sistema de frenado de estacionamiento deberá permitir mantener inmóvil el vehículo en una pendiente incluso en ausencia del conductor, quedando mantenidas en posición de bloqueo las superficies activas del freno por medio de un dispositivo de acción puramente mecánica. El conductor podrá frenar de esta forma desde el puesto de conducción.

5.1.3. Se aplicarán los requisitos del anexo 8 a los aspectos relativos a la seguridad de todos los sistemas electrónicos complejos de control del vehículo que proporcionen o formen parte de la transmisión del mando de la función de frenado, incluidos los que utilicen los sistemas de frenado para el frenado accionado automáticamente o el frenado selectivo.

No obstante, los sistemas o funciones que utilicen el sistema de frenado como medio para lograr un objetivo de un nivel superior solo estarán sujetos al anexo 8 en la medida en que tengan un efecto directo en el sistema de frenado. Si esos sistemas están disponibles, no se desactivarán durante los ensayos de homologación de tipo del sistema de frenado.

5.1.4. Disposiciones relativas a la inspección técnica periódica de los sistemas de frenado

5.1.4.1. Deberá ser posible evaluar la condición de desgaste de los componentes del freno de servicio que estén sometidos a desgaste, como los forros de fricción y los tambores o discos (en el caso de los tambores o discos, la evaluación podrá efectuarse no necesariamente con motivo de la inspección técnica periódica). En el punto 5.2.11.2 del presente Reglamento se define el método con el que ello podrá efectuarse.

5.1.4.2. Debe ser posible verificar de una manera frecuente y sencilla el correcto estado de funcionamiento de los sistemas electrónicos complejos que controlen el frenado. Si se precisa información especial, esta se facilitará sin impedimentos.

5.1.4.2.1. En aquellos casos en que el estado de funcionamiento se indique al conductor mediante señales de advertencia, con arreglo al presente Reglamento, será posible confirmar el correcto estado de funcionamiento en una inspección técnica periódica mediante la observación visual de las señales de advertencia después de dar el contacto.

5.1.4.2.2. En el momento de la homologación de tipo, los medios implementados para proteger contra una modificación simple no autorizada del funcionamiento de los medios de verificación elegidos por el fabricante (la señal de aviso, por ejemplo) se describirán a título confidencial. Como alternativa, este requisito de protección se cumplirá cuando se disponga de un medio secundario que permita comprobar que el estado de funcionamiento es el correcto.

5.1.4.3. Será posible generar máximas fuerzas de frenado en condiciones estáticas sobre un dispositivo de ensayo de los frenos de superficie rodante o con rodillos.

5.2. Características de los sistemas de frenado

5.2.1. El conjunto de sistemas de frenado con los que esté equipado un vehículo deberá cumplir los requisitos exigidos a los sistemas de frenado de servicio, socorro y estacionamiento.

5.2.2. Los sistemas que aseguren el frenado de servicio, de socorro y de estacionamiento podrán tener componentes comunes, siempre que se ajusten a los requisitos siguientes:

5.2.2.1. Deberán existir como mínimo dos mandos, independientes entre sí, y a los que el conductor tenga fácil acceso en la posición normal de conducción. Los mandos del freno estarán diseñados de manera que al dejar de accionarlos vuelvan a la posición inicial. Este requisito no es aplicable al mando del freno de estacionamiento cuando se encuentre bloqueado mecánicamente en posición activa.

5.2.2.2. El mando del sistema de frenado de servicio deberá ser independiente del mando del sistema de frenado de estacionamiento.

5.2.2.3. La eficacia de la conexión entre el mando del sistema de frenado de servicio y los diferentes componentes de los sistemas de transmisión no deberá disminuir después de un periodo de uso determinado.

5.2.2.4. El sistema de frenado de estacionamiento estará diseñado de manera que pueda accionarse estando el vehículo en movimiento. Este requisito podrá cumplirse mediante la actuación del sistema de frenado de servicio del vehículo, incluso parcialmente, por medio de un mando auxiliar.

5.2.2.5. No obstante las exigencias previstas en el punto 5.1.2.3 del presente Reglamento, el sistema de frenado de servicio y el sistema de frenado de estacionamiento podrán utilizar componentes comunes en sus transmisiones, a condición de que, en caso de fallo de una parte de las transmisiones, se sigan satisfaciendo los requisitos relativos al frenado de socorro.

5.2.2.6. En caso de rotura de algún componente que no sean los frenos (tal como se definen en el punto 2.6 anterior) o de los componentes descritos en el punto 5.2.2.10 siguiente, o de cualquier otro fallo en el sistema de frenado de servicio (funcionamiento defectuoso, agotamiento total o parcial de una reserva de energía), la parte del sistema de frenado de servicio que no haya sido afectada por el fallo deberá poder detener el vehículo en las condiciones exigidas al frenado de socorro.

5.2.2.7. Si el freno de servicio se acciona mediante la energía muscular del conductor asistida por una o varias reservas de energía, el frenado de socorro deberá poder accionarse, en caso de fallo de dicha asistencia, por la energía muscular del conductor asistida por las reservas de energía no afectadas por el fallo, si las hubiera, y sin que la fuerza que se aplique sobre el mando del freno sobrepase el máximo prescrito.

5.2.2.8. Si la fuerza del frenado de servicio y su transmisión se obtienen exclusivamente por la utilización de una reserva de energía controlada por el conductor, deberá haber al menos dos reservas de energía completamente independientes y provistas de sus propias transmisiones igualmente independientes. Cada una de ellas podrá actuar exclusivamente sobre los frenos de dos o más ruedas, elegidas de forma que por sí solas puedan lograr la eficacia del frenado de socorro prescrita, sin comprometer la estabilidad del vehículo durante el frenado. Cada una de esas reservas de energía deberá estar provista, además, del dispositivo de advertencia descrito en el punto 5.2.14 siguiente.

5.2.2.9. Si la fuerza del frenado de servicio y la transmisión dependen exclusivamente de la utilización de una reserva de energía, se considerará suficiente con una reserva de energía para la transmisión, a condición de que el frenado de socorro prescrito esté garantizado por la acción de la energía muscular del conductor sobre el mando del freno de servicio y se satisfagan las exigencias del punto 5.2.5 siguiente.

5.2.2.10. Determinadas piezas, tales como el pedal y su soporte, el cilindro principal y su pistón o pistones, el distribuidor, la conexión entre el pedal y el cilindro principal o el distribuidor, los cilindros de los frenos y sus pistones, así como los conjuntos palancas/levas de los frenos no se considerarán susceptibles de rotura, con la condición de que dichas piezas tengan unas dimensiones ampliamente calculadas, que sean fácilmente accesibles para su mantenimiento y presenten unas características de seguridad por lo menos iguales a las que se exigen para los demás componentes esenciales del vehículo (por ejemplo, para la transmisión de la dirección). Cualquiera de esas piezas cuyo fallo impidiera el frenado del vehículo con una eficacia como mínimo igual a la exigida para el freno de socorro, deberá ser metálica o de un material de características equivalentes y no deberá deformarse apreciablemente durante el funcionamiento normal del sistema de frenado.

5.2.3. Todo fallo en el sistema de transmisión hidráulico deberá serle anunciado al conductor mediante un dispositivo dotado de un indicador rojo que se ilumine antes de o al aplicar una presión diferencial no superior a 15,5 bar entre el equipo de frenado activo y el que ha fallado, medida en la salida del cilindro principal. Este indicador deberá permanecer encendido mientras persista el fallo y el interruptor de contacto se encuentre en la posición de «marcha». No obstante, se admitirá que el dispositivo esté provisto de un indicador rojo que se ilumine cuando el nivel del líquido en los depósitos sea inferior al valor indicado por el fabricante. El indicador rojo deberá ser visible incluso de día. El conductor deberá poder verificar fácilmente desde su asiento el buen estado de la señal. El fallo de un componente del dispositivo no deberá implicar la pérdida total de la eficacia del equipo de frenado. Se indicará también al conductor que se ha accionado el freno de estacionamiento. Se podrá utilizar el mismo indicador para ello.

5.2.4. Cuando se recurra a una energía que no sea la muscular del conductor, la fuente de energía (bomba hidráulica, compresor de aire, etc.) podrá ser única, pero en este caso el sistema de accionamiento del dispositivo que constituya dicha fuente deberá ofrecer las máximas garantías de seguridad.

5.2.4.1. En caso de fallo en una parte cualquiera de la transmisión de un sistema de frenado, la parte no afectada por el fallo deberá seguir disponiendo de energía suficiente, si ello fuera necesario, para detener el vehículo con la eficacia prescrita para el frenado de socorro. Esta condición se reunirá, bien por medio de dispositivos que puedan accionarse fácilmente cuando el vehículo esté parado, o bien mediante un dispositivo automático.

5.2.4.2. Además, los depósitos situados en el circuito a continuación de este dispositivo deberán estar concebidos de tal manera que, en el caso de que falle la alimentación de energía, después de cuatro accionamientos a fondo del mando del freno de servicio en las condiciones prescritas en el punto 1.2 del anexo 4 del presente Reglamento, aún sea posible detener el vehículo al quinto accionamiento con la eficacia prevista para el frenado de socorro.

5.2.4.3. No obstante, en lo que respecta a los sistemas de frenado hidráulico con reserva de energía, se podrá considerar que los mismos se ajustan a estas disposiciones si cumplen las condiciones señaladas en el punto 1.3 del anexo 4 del presente Reglamento.

5.2.5. Los requisitos de los puntos 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4 deberán cumplirse sin recurrir a dispositivos automáticos cuya ineficacia pueda ser susceptible de no ser advertida por el hecho de que ciertas piezas normalmente en posición de reposo sólo se pongan en funcionamiento cuando falle el sistema de frenado.

5.2.6. El sistema de frenado de servicio deberá actuar en todas las ruedas del vehículo y su acción deberá estar convenientemente repartida entre los ejes.

5.2.7. En el caso de vehículos provistos de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B, la contribución al frenado de otras fuentes de frenado podrá dosificarse adecuadamente para permitir la aplicación exclusiva del sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía, siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes:

5.2.7.1. Las variaciones intrínsecas del par de salida del sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía (por ejemplo, como resultado de cambios en el estado eléctrico de la carga en las baterías propulsoras) se compensan automáticamente mediante una variación adecuada de la dosificación relativa, en la medida en que se cumplan los requisitos ([5]) de uno de los siguientes anexos del presente Reglamento:

anexo 3, punto 1.3.2, o

anexo 6, punto 5.3 (incluido el caso en el que el motor eléctrico funciona) y

5.2.7.2. siempre que sea necesario, a fin de garantizar que el coeficiente de frenado ([3]) sigue estando relacionado con el intento de frenar del conductor, teniendo en cuenta la adhesión del neumático sobre la calzada de la que se disponga, el frenado deberá aplicarse automáticamente a todas las ruedas del vehículo.

5.2.8. La acción del sistema de frenado de servicio deberá estar repartida simétricamente entre las ruedas de un mismo eje con relación al plano longitudinal medio del vehículo.

Se declararán la compensación y las funciones como, por ejemplo, antibloqueo, que puedan causar desviaciones de esa distribución simétrica.

5.2.8.1. Se indicará al conductor la compensación del deterioro o el fallo del sistema de frenado efectuada por la transmisión eléctrica del mando mediante la señal de advertencia amarilla especificada en el punto 5.2.21.1.2. Este requisito será de aplicación en todos los estados de carga cuando la compensación supere los límites siguientes:

5.2.8.1.1. Una diferencia en las presiones transversales de frenado en cualquiera de los ejes de:

a) 25 % del valor más elevado en las deceleraciones del vehículo ≥ 2 m/s^2,

b) un valor equivalente al 25 % a 2 m/s^2 en las deceleraciones inferiores a este valor.

([5]) La autoridad de homologación de tipo que vaya a conceder la homologación tendrá derecho a comprobar el sistema de frenado de servicio mediante procedimientos suplementarios de ensayo de vehículos.

5.2.8.1.2. Un valor individual compensador en cualquiera de los ejes:

a) 50 % del valor nominal en las deceleraciones del vehículo ≥ 2 m/s^2,

b) un valor equivalente al 50 % del valor nominal a 2 m/s^2 en las deceleraciones inferiores a este valor.

5.2.8.2. La compensación así definida se autoriza únicamente cuando el accionamiento inicial del freno se efectúe yendo el vehículo a una velocidad superior a 10 km/h.

5.2.9. El funcionamiento defectuoso de la transmisión eléctrica del mando no accionará los frenos contra la voluntad del conductor.

5.2.10. Los sistemas de frenado de servicio, de socorro y de estacionamiento deberán actuar sobre superficies de fricción unidas a las ruedas por medio de componentes adecuadamente robustos.

En aquellos casos en que el par de frenado correspondiente a uno o varios ejes sea producido a la vez por un sistema de frenado por fricción y un sistema de frenado eléctrico de la categoría B con recuperación de energía, se permite la desconexión de la primera fuente, a condición de que la fuente de frenado por fricción quede permanentemente conectada y capaz de proporcionar la compensación mencionada en el punto 5.2.7.1.

No obstante, en el caso de efectos transitorios de desconexión de carácter breve, se admite una compensación incompleta, pero en 1s dicha compensación deberá haber alcanzado al menos el 75 % de su valor final.

Sin embargo, en todos los casos, la fuente de frenado por fricción conectada permanentemente garantizará que tanto el sistema de frenado de servicio como el de socorro sigan funcionando con el grado de eficacia prescrito.

Se permitirá la desconexión de las superficies de frenado del sistema de frenado de estacionamiento solo con la condición de que la desconexión esté controlada exclusivamente por el conductor desde su asiento mediante un sistema que no pueda activarse a causa de una fuga.

5.2.11. El desgaste de los frenos se podrá compensar fácilmente mediante un sistema de reajuste manual o automático. El mando y los componentes de la transmisión y de los frenos deberán disponer, además, de una reserva de recorrido tal y, en caso necesario, de unos medios de compensación tales que, aunque los frenos se hayan recalentado o los forros hayan alcanzado un cierto grado de desgaste, se asegure la eficacia del frenado sin necesidad de un ajuste inmediato.

5.2.11.1. El ajuste de desgaste será automático en los frenos de servicio. Los dispositivos de ajuste de desgaste automáticos deberán garantizar un frenado efectivo después de un calentamiento de los frenos seguido de un enfriamiento. En particular, el vehículo deberá poder circular de manera normal una vez efectuados los ensayos según el punto 1.5 del anexo 3 (ensayo del tipo I).

5.2.11.2. Comprobación del desgaste de los componentes de fricción de los frenos de servicio

5.2.11.2.1. Deberá poder comprobarse fácilmente el desgaste de los forros de los frenos de servicio desde fuera o desde debajo del vehículo sin extraer las ruedas, mediante orificios de inspección adecuados o por otros medios. Ello podrá lograrse con herramientas sencillas habituales o con un equipo corriente de inspección de vehículos.

También puede aceptarse un dispositivo detector por rueda (las ruedas gemelas se consideran una única rueda), que advertirá al conductor en el puesto de conducción de que es necesario sustituir el forro. En el caso de una señal óptica de advertencia, podrá utilizarse la señal de advertencia amarilla especificada en el punto 5.2.21.1.2.

5.2.11.2.2. La evaluación del desgaste de las superficies de fricción de los discos o tambores de los frenos solo podrá realizarse mediante la medición directa del componente en cuestión o el examen de cualquier indicador de desgaste de los discos o tambores de los frenos, lo que puede requerir algún grado de desmontaje. Por lo tanto, en el momento de la homologación de tipo, el fabricante del vehículo definirá los elementos siguientes:

a) El método con el que podrá evaluarse el desgaste de las superficies de fricción de los tambores y los discos, incluido el grado de desmontaje necesario y las herramientas y el proceso necesario para conseguirlo.

b) Información que establezca el límite máximo aceptable de desgaste a partir de que es necesario proceder a la sustitución.

Esta información se proporcionará sin impedimentos, por ejemplo en el manual del vehículo o en un soporte electrónicos de datos.

5.2.12. Las bocas de llenado de los depósitos de líquido de los sistemas de frenado de transmisión hidráulica deberán ser fácilmente accesibles. Los recipientes que contengan la reserva de líquido deberán, además, estar diseñados de manera que permitan un fácil control del nivel de la reserva, sin que sea necesario abrirlos y que la capacidad total mínima del depósito equivalga al desplazamiento de líquido que se produce cuando todos los cilindros o pistones calibradores de la rueda alimentados por los depósitos pasen de la posición totalmente retraída de un forro nuevo a la totalmente aplicada de uno totalmente desgastado. Si no se cumplieran estos últimos requisitos, la señal de advertencia roja especificada en el punto 5.2.21.1.1 deberá permitir al conductor advertir cualquier descenso de la reserva de líquido capaz de provocar un fallo en el sistema de frenado.

5.2.13. El tipo de líquido que se use en los sistemas de frenado de transmisión hidráulica deberá quedar identificado por un símbolo acorde con las figuras 1 o 2 de la norma ISO 91282006 y la marca DOT que corresponda (p. ej., DOT 3). Los símbolos y las marcas se colocarán en un lugar visible y de forma indeleble a no más de 100 mm de las bocas de llenado de los depósitos de líquido. Los fabricantes podrán facilitar información adicional.

5.2.14. Dispositivo de advertencia

5.2.14.1. Todo vehículo equipado con un freno de servicio accionada a partir de un depósito de energía deberá estar provisto, para el caso de que fuera imposible lograr con dicho dispositivo la eficacia prescrita para el freno de socorro sin hacer uso de la energía acumulada, de un dispositivo de advertencia que indique de forma óptica o acústica que la energía acumulada en una parte cualquiera del sistema ha descendido a un valor capaz de asegurar, sin recarga del depósito de energía y cualquiera que sea la carga del vehículo, un quinto frenado con la eficacia prescrita para el freno de socorro después de accionar a fondo cuatro veces el freno de servicio (el dispositivo de transmisión del freno de servicio deberá estar en buen estado de funcionamiento y los frenos ajustados al máximo). Dicho dispositivo de advertencia deberá estar conectado al circuito de forma directa y permanente. Cuando el motor esté en marcha en las condiciones normales de funcionamiento y el sistema de frenado esté en buen estado, como es normal en los ensayos de homologación, el dispositivo de advertencia no deberá emitir señal alguna, excepto durante el tiempo necesario para el llenado del depósito o depósitos de energía después del arranque del motor. Se podrá utilizar como señal óptica de advertencia la señal de advertencia roja especificada en el punto 5.2.21.1.1.

5.2.14.2. No obstante, en los vehículos que se ajusten a los requisitos del punto 5.2.4.1 del presente Reglamento por cumplir los requisitos del punto 1.3 del anexo 4 del presente Reglamento, el dispositivo de advertencia deberá emitir una señal acústica además de una señal luminosa. No será necesario que estos dispositivos funcionen simultáneamente, siempre que ambos se ajusten a los requisitos antes señalados y que la señal acústica no sea emitida antes que la luminosa. Se podrá utilizar como señal óptica de advertencia la señal de advertencia roja especificada en el punto 5.2.21.1.1.

5.2.14.3. Ese dispositivo acústico podrá no funcionar mientras esté accionado el freno de estacionamiento o, en el caso de una transmisión automática y si así lo prefiriera el fabricante, mientras el selector esté en la posición de «estacionamiento».

5.2.15. Sin perjuicio de las condiciones a las que se refiere el punto 5.1.2.3, cuando la utilización de una fuente auxiliar de energía sea indispensable para el accionamiento de un sistema de frenado, la reserva de energía deberá ser tal que, en caso de que se pare el motor o de que falle el medio de accionamiento de la fuente de energía, la eficacia del frenado sea suficiente para detener el vehículo en las condiciones prescritas. Por otra parte, si la fuerza muscular ejercida por el conductor sobre el sistema de frenado de estacionamiento estuviera reforzada por un servomecanismo, el accionamiento del freno de estacionamiento deberá quedar asegurado, en caso de que falle el servomecanismo, recurriendo, si es necesario, a una reserva de energía independiente de la que normalmente aprovisiona al servomecanismo. Esta reserva de energía podrá ser la destinada al sistema de frenado de servicio.

5.2.16. Los equipos auxiliares neumáticos o hidráulicos deberán abastecerse de energía en condiciones tales que durante su funcionamiento se puedan alcanzar los valores de deceleración exigidos y que, incluso en caso de fallo de la fuente de energía, el funcionamiento de los equipos auxiliares no dé lugar a que las reservas de energía que alimentan los sistemas de frenado desciendan por debajo del nivel indicado en el punto 5.2.14.

5.2.17. En lo que concierne a los vehículos de motor equipados para arrastrar un remolque con frenos de servicio eléctricos, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

5.2.17.1. La capacidad del sistema de alimentación eléctrica (dinamo y acumulador) del vehículo de motor deberá ser suficiente para suministrar la corriente necesaria al sistema de frenado eléctrico. Con el motor girando al ralentí, según las indicaciones del fabricante, y estando conectados todos los dispositivos eléctricos suministrados por el fabricante dentro del equipamiento de serie del vehículo, la tensión de los circuitos eléctricos no deberá descender por debajo del valor de 9,6 V medido en el punto de conexión, cuando el consumo de corriente del sistema de frenado eléctrico se encuentre al nivel máximo (15 A). Los circuitos eléctricos no deberán cortocircuitarse ni siquiera en caso de sobrecarga.

5.2.17.2. Si falla el sistema de frenado de servicio de un vehículo de motor, estando constituido dicho sistema por dos unidades independientes como mínimo, la unidad o unidades no afectada(s) por el fallo deberán poder accionar los frenos del remolque total o parcialmente.

5.2.17.3. Solo se autorizará la utilización del conmutador y del circuito de la luz de frenado para accionar el sistema de frenado eléctrico, con la condición de que el circuito de accionamiento y la luz de freno estén conectados en paralelo y de que el conmutador y el circuito instalados puedan soportar la carga suplementaria consiguiente.

5.2.18. Requisitos adicionales para vehículos equipados con sistemas de frenado eléctrico con recuperación de energía

5.2.18.1. Vehículos provistos de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría A

5.2.18.1.1. El frenado eléctrico con recuperación de energía se activará exclusivamente mediante el mando del acelerador o en la posición de punto muerto de la caja de cambios.

5.2.18.2. Vehículos eléctricos provistos de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B

5.2.18.2.1. No se podrá desconectar parcial o totalmente una parte del sistema de frenado de servicio si no es con medios automáticos. Ello no deberá interpretarse como una excepción a los requisitos del punto 5.2.10.

5.2.18.2.2. El sistema de frenado de servicio tendrá un único dispositivo de mando.

5.2.18.2.3. El sistema de frenado de servicio no se verá perjudicado por el desembrague del motor o por la relación de transmisión utilizada.

5.2.18.2.4. Si el funcionamiento del componente eléctrico del freno se asegura mediante la relación establecida entre la información procedente del mando del freno de servicio y la fuerza de frenado resultante en las ruedas, un fallo de esta relación que conduzca al incumplimiento de los requisitos de distribución del frenado entre los ejes (anexos 5 o 6, según proceda) se indicará al conductor mediante una señal óptica de advertencia no más tarde del momento en que se accione el mando, esta señal permanecerá encendida mientras persista el fallo y el interruptor de contacto este en la posición de marcha.

5.2.18.3. En el caso de los vehículos provistos de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de una u otra categoría, se aplicarán todos los requisitos pertinentes, excepto el punto 5.2.18.1.1. En este caso, el freno eléctrico con recuperación de energía se activará mediante el mando del acelerador o en la posición de punto muerto de la caja de cambios. Además, el accionamiento del mando del frenado de servicio no debe reducir el efecto de frenado generado al soltar el mando del acelerador.

5.2.18.4. El funcionamiento del freno eléctrico no deberá verse afectado por campos magnéticos o eléctricos.

5.2.18.5. En el caso de los vehículos provistos de un dispositivo antibloqueo, este dispositivo controlará el sistema de frenado eléctrico.

5.2.18.6. El estado de la carga de las baterías propulsoras se determinará con el método expuesto en el apéndice del anexo 3 del presente Reglamento ([6]).

5.2.19. Requisitos especiales adicionales aplicables a la transmisión eléctrica del sistema de frenado de estacionamiento:

5.2.19.1. Si se produce una avería en la transmisión eléctrica, deberá impedirse la activación no deliberada del sistema de frenado de estacionamiento.

5.2.19.2. En caso de producirse un fallo eléctrico en el mando o una rotura del cableado de la transmisión eléctrica del mando entre el mando y la unidad electrónica de control conectada directamente al mismo, excluida la alimentación de energía, deberá seguir pudiéndose activar el sistema de frenado de estacionamiento desde el asiento del conductor con la eficacia de frenado de estacionamiento y, por lo tanto, poder mantener detenido el vehículo cargado en una pendiente ascendente o descendente del 8 %. Como alternativa, en este caso, se permite el accionamiento automático del freno de estacionamiento cuando el vehículo esté parado, con la condición de que se consiga el resultado antes mencionado y, una vez aplicado, el freno de estacionamiento siga aplicado independientemente del estado del interruptor de contacto. En esta alternativa, el freno de estacionamiento se liberará automáticamente en cuanto el conductor empiece a poner el vehículo de nuevo en movimiento. Se podrá utilizar la transmisión del motor o la manual o la transmisión automática (posición de estacionamiento) para alcanzar la eficacia mencionada o contribuir a conseguirla.

5.2.19.2.1. Las roturas del cableado de la transmisión eléctrica o los fallos eléctricos en el mando del sistema de frenado de estacionamiento se señalarán al conductor mediante la señal de advertencia amarilla especificada en el punto 5.2.21.1.2. Cuando esté provocada por una rotura del cableado de la transmisión eléctrica del mando del sistema de frenado de estacionamiento, la señal de advertencia amarilla aparecerá en cuanto se produzca la rotura.

Además, este tipo de fallos eléctricos en el mando o de roturas del cableado externo a las unidades de control, excluida la alimentación de energía, se señalarán al conductor mediante destellos de la señal de advertencia roja especificada en el punto 5.2.21.1.1 tanto tiempo como la llave de contacto (arranque) se mantenga girada en la posición de «encendido» (marcha), incluido un período posterior de al menos 10 s, y tanto tiempo como el mando esté en la posición de activado («on»).

No obstante, si el sistema de frenado de estacionamiento detecta que el freno de estacionamiento se ha aplicado correctamente, se podrán suprimir los destellos de la señal de advertencia roja, la cual se utilizará sin destellos para indicar la correcta aplicación del freno de estacionamiento.

En aquellos casos en que el accionamiento del freno de estacionamiento se indique normalmente mediante una señal de advertencia roja aparte que satisfaga todos los requisitos del punto 5.2.21.2, esta señal se utilizará para cumplir los requisitos antes expuestos sobre la señal de advertencia roja.

5.2.19.3. Se podrán alimentar equipos auxiliares con energía procedente de la transmisión eléctrica del sistema de frenado de estacionamiento, con la condición de que el suministro de energía sea suficiente para permitir el accionamiento dicho sistema de frenado además de la carga eléctrica del vehículo en ausencia de fallos. Además, si la reserva de energía es utilizada también por el sistema de frenado de servicio, serán de aplicación los requisitos del punto 5.2.20.6.

5.2.19.4. Después de apagado el interruptor que controla la energía eléctrica del equipo de frenado o después de quitada la llave, seguirá siendo posible accionar el sistema de frenado de estacionamiento y se impedirá que se pueda dejar de accionar.

5.2.20. Requisitos especiales adicionales aplicables a los sistemas de frenado de servicio con transmisión eléctrica del mando:

5.2.20.1. Con el freno de estacionamiento sin accionar, el sistema de frenado de servicio deberá cumplir los requisitos siguientes:

([6]) Si así lo aceptase el servicio técnico, no se exigirá la evaluación de la situación de la carga en el caso de los vehículos que cuenten con una fuente de energía a bordo para cargar las baterías de tracción y los medios de regular su situación de la carga.

a) con el mando de encendido/apagado del sistema de propulsión en la posición de «On» (encendido) («Run» —en marcha), generar una fuerza estática total de frenado equivalente al menos a la exigida por el ensayo del tipo 0 para la eficacia del frenado de servicio, conforme a lo dispuesto en el punto 2.1 del anexo 3 del presente Reglamento;

b) durante los primeros 60 segundos después de que se haya desactivado el mando de encendido/apagado del sistema de propulsión poniéndose en la posición «Off» (apagado) o «Lock» (bloqueado) y/o se haya retirado la llave de contacto, con tres accionamientos del freno se generará una fuerza estática total de frenado equivalente al menos a la exigida por el ensayo del tipo 0 para la eficacia del freno de servicio, conforme a lo dispuesto en el punto 2.1 del anexo 3 del presente Reglamento; y

c) tras el plazo arriba citado o a partir del cuarto accionamiento del freno dentro del plazo de 60 segundos si este tiene lugar antes, generar una fuerza estática total de frenado equivalente al menos a la exigida por el ensayo del tipo 0 para la eficacia del frenado de servicio, conforme a lo dispuesto en el punto 2.2 del anexo 3 del presente Reglamento.

Se entenderá que se dispone de energía suficiente en la transmisión de energía del sistema de frenado de servicio.

5.2.20.2. Si se produce un único fallo momentáneo (< 40 ms) en la transmisión eléctrica del mando, excluida su alimentación de energía, (p. ej.: señal no transmitida o error en los datos), este no afectará a la eficacia del frenado de servicio.

5.2.20.3. Los fallos en la transmisión eléctrica del mando ([7]), excluida su reserva de energía, que afecten al funcionamiento o la eficacia de los sistemas objeto del presente Reglamento se comunicarán al conductor mediante la señal de advertencia roja o amarilla especificada en los puntos 5.2.21.1.1 y 5.2.21.1.2 respectivamente, según proceda. Si no se puede mantener la eficacia del frenado de servicio prescrita (señal de advertencia roja), se señalarán al conductor, en cuanto sucedan, los fallos por pérdida de la continuidad eléctrica (p. ej.: rotura, desconexión) y la eficacia del frenado de socorro prescrita se conseguirá accionando el mando del frenado de servicio con arreglo al punto 2.2 del anexo 3 del presente Reglamento.

5.2.20.4. Si falla la fuente de energía de la transmisión eléctrica del mando, a partir del valor nominal del nivel de energía, se garantizará la gama completa de control del sistema de frenado de servicio después de 20 accionamientos consecutivos a fondo del mando del freno de servicio. Se accionará a fondo durante el ensayo el mando del freno durante 20 segundos y se le soltará durante 5 segundos en cada accionamiento. Se entenderá que se dispone de energía suficiente durante el ensayo en la transmisión de energía para garantizar el accionamiento a fondo del sistema de frenado de servicio. No deberá interpretarse que este requisito contradice los del anexo 4.

5.2.20.5. Si la tensión de la batería desciende por debajo de un valor determinado por el fabricante, valor al que no se puede garantizar la eficacia del frenado de servicio prescrita o que impide al menos a dos circuitos de frenado de servicio independientes alcanzar la eficacia de frenado de socorro prescrita, se encenderá la señal de advertencia roja especificada en el punto 5.2.21.1.1. Una vez activada la señal de advertencia, deberá poderse accionar el mando del freno de servicio y obtenerse como mínimo la eficacia de socorro exigida en el punto 2.2 del anexo 3 del presente Reglamento. Se entenderá que se dispone de energía suficiente en la transmisión de energía del sistema de frenado de servicio.

5.2.20.6. Si el equipo auxiliar obtiene energía de la misma reserva que la transmisión eléctrica del mando, se debe garantizar que, con el motor a un régimen no superior al 80 % del régimen máximo, el suministro de energía sea suficiente para alcanzar los valores de deceleración prescritos, bien mediante un aporte de energía capaz de evitar la descarga de esta reserva cuando todos los equipos auxiliares estén funcionando, bien desconectando automáticamente partes predeterminadas de los equipos auxiliares cuando la tensión supere el umbral crítico previsto en el punto 5.2.20.5 del presente Reglamento, evitando así una mayor descarga de dicha reserva. Se demostrará el cumplimiento de este requisito mediante cálculos o un ensayo práctico. El presente punto no es de aplicación a los vehículos en los que los valores prescritos de la deceleración puedan conseguirse sin el uso de energía eléctrica.

([7]) Hasta que no se hayan acordado procedimientos de ensayo uniformes, el fabricante proporcionará al servicio técnico el análisis de los fallos potenciales de la transmisión del mando y de sus repercusiones. El servicio técnico y el fabricante del vehículo podrán discutir esa información y ponerse de acuerdo al respecto.

5.2.20.7. Si el equipo auxiliar obtiene energía de la transmisión eléctrica del mando, deberán reunirse los requisitos siguientes:

5.2.20.7.1. Si falla la fuente de energía, mientras el vehículo esté en movimiento, la energía del depósito bastará para accionar los frenos cuando se apriete el mando.

5.2.20.7.2. Si falla la fuente de energía, mientras el vehículo esté inmóvil y el sistema de frenado de estacionamiento activado, la energía del depósito bastará para encender las luces incluso cuando se accionen los frenos.

5.2.21. En los siguientes subpuntos se establecen los requisitos generales relativos a las señales ópticas de advertencia cuya función consista en indicar al conductor determinados fallos (o defectos) especificados del equipo de frenado del vehículo de motor. Sin perjuicio de lo dispuesto en el punto 5.2.21.5, estas señales se utilizarán exclusivamente para los fines prescritos en el presente Reglamento.

5.2.21.1. Los vehículos de motor dispondrán de una señal óptica de advertencia del fallo de los frenos y de una señal de advertencia de defectos como se especifica a continuación:

5.2.21.1.1. Una señal de advertencia roja, que indica un fallo definido en el presente Reglamento del equipo de frenado del vehículo que impide conseguir la eficacia del frenado de servicio prescrita o el funcionamiento de al menos dos de los circuitos del frenado de servicio independientes.

5.2.21.1.2. Si procede, una señal de advertencia amarilla, que indica un defecto detectado eléctricamente del equipo de frenado del vehículo que no es indicado por la señal de advertencia roja exigida en el punto 5.2.21.1.1.

5.2.21.2. Las señales de advertencia deberán ser visibles incluso de día. El conductor deberá poder verificar fácilmente desde su asiento el buen estado de las señales; el fallo de un componente del dispositivo de advertencia no deberá implicar pérdida alguna de la eficacia del sistema de frenado.

5.2.21.3. Salvo indicaciones particulares:

5.2.21.3.1. un fallo o defecto especificados serán señalados al conductor mediante las señales anteriormente mencionadas no más tarde del accionamiento del mando del frenado correspondiente;

5.2.21.3.2. la señal o señales de advertencia permanecerán indicadas mientras persista el fallo o defecto y el interruptor de contacto se encuentre en la posición de «encendido» («marcha»); y

5.2.21.3.3. la señal de advertencia será constante (no se tratará de destellos).

5.2.21.4. Las señales de advertencia mencionadas se encenderán al suministrar energía al equipo eléctrico del vehículo (y el sistema de frenado). Estando el vehículo parado, el sistema de frenado verificará que no hay ninguno de los fallos o defectos especificados antes de apagar las señales. Los fallos o defectos especificados que activan las señales de advertencia mencionadas, pero que no se detectan estando el vehículo parado, se memorizarán al ser detectados y se indicarán al arrancar y todo el tiempo que el interruptor de contacto se encuentre en la posición de «marcha» mientras siga existiendo el fallo o defecto.

5.2.21.5. Los fallos (o defectos) no especificados, u otra información relativa a los frenos o a los órganos de rodadura del vehículo de motor podrán indicarse mediante la señal amarilla prevista en el punto 5.2.21.1.2, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

5.2.21.5.1. el vehículo está parado;

5.2.21.5.2. después del primer accionamiento del equipo de frenado y una vez que la señal haya indicado que, conforme a los procedimientos del punto 5.2.21.4, no se han identificado fallos (o defectos) especificados; y

5.2.21.5.3. los fallos no especificados u otras informaciones se indicarán exclusivamente mediante destellos de la señal de advertencia. No obstante, la señal de advertencia se apagará la primera vez que el vehículo supere los 10 km/h.

5.2.22. Producción de una señal de frenado para encender las luces de frenado

5.2.22.1. La activación del sistema de frenado de servicio por parte del conductor generará una señal que se utilizará para iluminar las luces de frenado.

5.2.22.2. La activación del sistema de frenado de servicio mediante el «frenado accionado automáticamente» generará la señal antes mencionada. No obstante, cuando la deceleración producida sea inferior a 0,7 m/s^2, podrá suprimirse la señal ([8]).

5.2.22.3. La activación de parte del sistema de frenado de servicio mediante el «frenado selectivo» generará la señal antes mencionada ([9]).

5.2.22.4. Los sistemas de frenado eléctrico regenerativo, definidos en el punto 2.17 del presente Reglamento, que producen una fuerza de deceleración al soltar el pedal del acelerador, deberán generar la señal mencionada anteriormente conforme a las disposiciones siguientes:

Deceleraciones del vehículo	Generación de la señal
≤ 0,7 m/s^2	La señal no se generará
> 0,7 m/s^2 y ≤ 1,3 m/s^2	La señal podrá generarse
> 1,3 m/s^2	La señal deberá generarse

En todos los casos, la señal se desactivará a más tardar cuando la deceleración sea inferior a 0,7 m/s^2 ([8]).

5.2.23. Cuando un vehículo esté equipado con medios para indicar el frenado de emergencia, la activación y desactivación de la señal de frenado de emergencia solo se generará accionando el sistema de frenado de servicio cuando se cumplan las condiciones siguientes ([8]):

5.2.23.1. La señal no se activará cuando la deceleración del vehículo sea inferior a 6 m/s^2 pero podrá generarse a cualquier deceleración a este valor o por encima de él, siendo el fabricante quien defina el valor efectivo.

La señal se desactivará a más tardar cuando la deceleración sea inferior a 2,5 m/s^2.

5.2.23.2. También podrán aplicarse las condiciones siguientes:

a) la señal podrá generarse a partir de una estimación de la deceleración del vehículo resultante de la demanda de frenado respetando los umbrales de activación y desactivación definidos en el punto 5.2.23.1 anterior; o bien

b) la señal podrá activarse a una velocidad superior a 50 km/h cuando el sistema antibloqueo ejecute ciclos completos (según se establece en el punto 2 del anexo 6).

La señal se desactivará cuando el sistema antibloqueo deje de ejecutar ciclos completos.

([8]) En el momento de la homologación de tipo, el fabricante del vehículo confirmará la conformidad con este requisito.
([9]) En situación de «frenado selectivo», la función podrá pasar a «frenado accionado automáticamente».

5.2.24. Cualquier vehículo equipado con un sistema ESC que se ajuste a lo definido en el punto 2.25 anterior cumplirá los requisitos de ensayo, prestaciones y equipamiento de la parte A del anexo 9 del presente Reglamento.

5.2.24.1. Como alternativa al requisito del punto 5.2.24 anterior, los vehículos de las categorías M_1 y N_1 con una masa en orden de marcha > 1 735 kg podrán estar equipados con una función de estabilidad del vehículo que incluya un control antivuelco y un control direccional y que cumpla los requisitos técnicos del anexo 21 del Reglamento nº 13.

5.2.25. Los vehículos de motor de las categorías M_1 y N_1 que cuenten con ruedas/neumáticos de repuesto de uso temporal cumplirán los requisitos técnicos pertinentes del anexo 3 del Reglamento nº 64.

6. ENSAYOS

En el anexo 3 del presente Reglamento se describen los ensayos de frenado a los que deberán someterse los vehículos cuya homologación se solicite, así como la eficacia de frenado exigida.

7. MODIFICACIÓN DE UN TIPO DE VEHÍCULO O DE UN SISTEMA DE FRENADO Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

7.1. Todas las modificaciones de un tipo de vehículo o de su sistema de frenado se notificarán a la autoridad de homologación de tipo que homologó el tipo de vehículo. En tal caso, la autoridad podrá:

7.1.1. considerar que las modificaciones probablemente no tendrán un efecto negativo apreciable y que, en cualquier caso, el vehículo sigue cumpliendo los requisitos; o bien

7.1.2. solicitar una nueva acta del servicio técnico encargado de los ensayos.

7.2. La confirmación, extensión o denegación de una homologación se comunicará, con arreglo al procedimiento especificado en el punto 4.3, a las Partes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento.

7.3. La autoridad de homologación de tipo que conceda la extensión de una homologación asignará un número de serie a cada impreso de comunicación preparado para dicha extensión.

8. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Los procedimientos de conformidad de la producción se ajustarán a los expuestos en el apéndice 2 del Acuerdo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev. 2), más los requisitos siguientes:

8.1. Un vehículo homologado con arreglo al presente Reglamento será fabricado de conformidad con el tipo homologado cumpliendo los requisitos expuestos en el punto 5 anterior.

8.2. La autoridad de homologación de tipo que haya expedido la homologación de tipo podrá verificar en cualquier momento los métodos de control de la conformidad aplicados en cada planta de producción. La frecuencia normal de esas verificaciones será una vez cada dos años.

9. SANCIONES POR NO CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

9.1. Se podrá retirar la homologación concedida a un tipo de vehículo con arreglo al presente Reglamento si no se cumplen los requisitos exigidos en el punto 8.1 siguiente.

9.2. Si una Parte Contratante en el Acuerdo que aplique el presente Reglamento retira una homologación que concedió anteriormente, lo notificará inmediatamente a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento mediante una copia del formulario de comunicación que se ajuste al modelo que figura en el anexo 1 del presente Reglamento.

10. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

Si el titular de una homologación cesa definitivamente de fabricar un tipo de vehículo homologado con arreglo al presente Reglamento, lo señalará a la autoridad de homologación de tipo que concedió la homologación. Una vez recibida esta comunicación, dicha autoridad informará a las demás Partes Contratantes en el Acuerdo que apliquen el presente Reglamento mediante copias de un formulario de comunicación que se ajusten al modelo que figura en el anexo 1 del presente Reglamento.

11. NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LAS AUTORIDADES DE HOMOLOGACIÓN DE TIPO

Las Partes en el Acuerdo que apliquen el presente Reglamento enviarán a la Secretaría de las Naciones Unidas los nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de las autoridades de homologación de tipo que conceden la homologación y a los que deben enviarse los formularios que certifican la homologación, extensión, denegación o retirada de la homologación expedidos en otros países.

12. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

12.1. A partir de la fecha de entrada en vigor del suplemento 16 del presente Reglamento, ninguna Parte Contratante que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de homologaciones de tipo con arreglo al mismo en su versión modificada por el suplemento 16, ni se negará a aceptarlas.

12.2. Una vez transcurridos 24 meses a partir de la entrada en vigor del suplemento 16 del presente Reglamento, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento concederán homologaciones de tipo únicamente si el tipo de vehículo sometido a la homologación responde a los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por el suplemento 16.

12.3. No obstante lo dispuesto en los puntos 12.1 y 12.2 anteriores, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento continuarán concediendo homologaciones a aquellos tipos de vehículos que no estén equipados con una función de control de la estabilidad del vehículo o ESC y BAS y que cumplan los requisitos del anexo 9 del presente Reglamento.

12.4. Las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento no denegarán la concesión del extensiones de las homologaciones de tipo para tipos existentes, independientemente de si están equipados o no con una función de control de la estabilidad del vehículo o ESC y BAS, sobre la base de las disposiciones válidas en el momento de la homologación original.

12,5 A reserva de lo dispuesto en el punto 12.6 siguiente, incluso después de la fecha de entrada en vigor del suplemento 16 del presente Reglamento, las homologaciones de tipo con arreglo a cualquier suplemento del presente Reglamento seguirán siendo válidas y las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento seguirán aceptándolas.

12.6. Las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento no estarán obligadas a aceptar, a efectos de homologación de tipo nacional o regional, una homologación de tipo correspondiente a aquellos vehículos que no estén equipados de una función de control de la estabilidad del vehículo o ESC y BAS.

ANEXO 1

COMUNICACIÓN (*)

[Formato máximo: A4 (210 × 297 mm)

expedida por: Nombre del servicio administrativo
.....
.....
.....

relativa a (2): la concesión de la homologación
la extensión de la homologación
la denegación de la homologación
la retirada de la homologación
el cese definitivo de la producción

de un tipo de vehículo con respecto al frenado, conforme al Reglamento nº 13-H

Nº de homologación: ..... Nº de extensión: .....

1. Denominación comercial o marca del vehículo: .....
2. Tipo de vehículo: .....
3. Nombre y dirección del fabricante: .....
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante: .....
5. Masa del vehículo .....
5.1. Masa máxima del vehículo: .....
5.2. Masa mínima del vehículo: .....
6. Distribución de la masa en cada eje (valor máximo): .....
7. Marca y tipo de forros, discos y tambores de freno:
7.1. Forros de freno
7.1.1. Forros de freno sometidos a los ensayos pertinentes del anexo 3: .....
7.1.2. Forros de freno alternativos sometidos a ensayo conforme al anexo 7: .....
7.2. Discos y tambores de freno
7.2.1. Código de identificación de los discos de freno cubiertos por la homologación del sistema de frenado .....
7.2.2. Código de identificación de los tambores de freno cubiertos por la homologación del sistema de frenado .....
8. Tipo de motor: .....
9. Número de marchas y relaciones de transmisión: .....
10. Relación(es) de la transmisión final: .....
11. En su caso, masa máxima de los remolques que pueden ser enganchados: .....
11.1. Remolque sin frenos: .....

12. Dimensiones de los neumáticos: .....

12.1. Dimensiones del neumático o rueda de repuesto provisional: .....

12.2. El vehículo cumple los requisitos técnicos del anexo 3 del Reglamento nº 64: .....
Sí/No (2)

13. Velocidad máxima por construcción: .....

14. Descripción somera del equipo de frenado: .....

15. Masa del vehículo en el ensayo:

	Cargado (kg)	Descargado (kg)
Eje 1		
Eje 2		
Total		

16. Resultados de los ensayos:

Velocidad de ensayo (km/h)	Eficacia medida	Fuerza medida aplicada sobre el mando (daN)

16.1. Ensayos del tipo 0: .....

Motor desembragado .....

Frenado de servicio (cargado) .....

Frenado de servicio (descargado) .....

Frenado de socorro (cargado) .....

Frenado de socorro (descargado) .....

16.2. Ensayos del tipo 0: .....

Motor embragado .....

Frenado de servicio (cargado) .....

Frenado de servicio (descargado) .....

[Conforme al punto 2.1.1, letra B), del anexo 3] .....

16.3. Ensayos del tipo I: .....

Frenados previos (para determinar la fuerza del pedal) .....

Eficacia en caliente (1ª parada) .....

Eficacia en caliente (2ª parada) .....

Eficacia de la recuperación .....

16.4. Eficacia dinámica del freno de estacionamiento: .....

17. Resultado de los ensavos de eficacia del anexo 5: .....

18. El vehículo está/no está (2) equipado para arrastrar un remolque con sistemas de frenado eléctrico.

19. El vehículo está/no está (2) equipado de un sistema antibloqueo.

19.1. El vehículo cumple los requisitos del anexo 6: Sí/No (2)

19.2. Categoría del sistema antibloqueo: categoría 1/2/3 (2)

20. Se suministró documentación adecuada con arreglo al anexo 8 en relación con el/los sistema(s) siguiente(s): Sí/No/No procede (2)

21. El vehículo está equipado con un sistema ESC: ..... Sí/No (2)

En caso afirmativo: El sistema ESC ha sido sometido a ensayo conforme a la parte A del anexo 9 y cumple los requisitos de la misma: ..... Sí/No (2)

o bien: La función de estabilidad del vehículo ha sido sometida a ensayo conforme al anexo 21 del Reglamento nº 13 y cumple los requisitos del mismo: ..... Sí/No (2)

22. El vehículo dispone/no dispone (2) de un sistema de asistencia en el frenado que reúne los requisitos de la parte B del anexo 9.

22.1. Categoría del sistema de asistencia en el frenado A/B (2)

22.1.1. En el caso de los sistemas de categoría A, defínase el umbral de fuerza a partir del cual aumenta la relación entre la fuerza del pedal y la presión del freno (2). .....

22.1.2. En los sistemas de categoría B, defínase la velocidad del pedal del freno a la que se debe llegar para que se active el sistema de asistencia en el frenado (por ejemplo, la velocidad de carrera del pedal [mm/s] durante un intervalo de tiempo determinado) (2). .....

23. Vehículo presentado para su homologación el día: .....

24. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación: .....

25. Fecha del acta de ensayo extendida por dicho servicio: .....

26. Número del acta de ensayo extendida por dicho servicio: .....

27. Homologación concedida/denegada/extendida/retirada (2)

28. Emplazamiento de la marca de homologación en el vehículo: .....

29. Lugar: .....

30. Fecha: .....

31. Firma: .....

32. Se adjunta a esta comunicación el resumen a que se hace referencia en el punto 4.3 del presente Reglamento.

(*) A petición de los solicitantes de una homologación conforme al Reglamento nº 90, la información será proporcionada por el organismo de homologación de tipo con arreglo a la lista del apéndice 1 del presente anexo. No obstante, dicha información no se proporcionará a efectos distintos de la homologación con arreglo al Reglamento nº 90.

(1) Número de identificación del país que ha concedido/extendido/denegado/retirado la homologación (véanse las disposiciones del Reglamento).

(2) Táchese lo que no proceda.

Apéndice

Lista de datos del vehículo para las homologaciones con arreglo al Reglamento nº 90

1. Descripción del tipo de vehículo: .....

1.1. Denominación comercial o marca del vehículo, en caso de disponerse de la misma: .....

1.2. Categoría de vehículo: .....

1.3. Tipo de vehículo según la homologación con arreglo al Reglamento nº 13-H: .....

1.4. Modelos o denominaciones comerciales de los vehículos pertenecientes al tipo de vehículo: .....

1.5. Nombre y dirección del fabricante: .....

2. Marca y tipo de forros, discos y tambores de freno:

2.1. Forros de freno

2.1.1. Forros de freno sometidos a los ensayos pertinentes del anexo 3: .....

2.1.2. Tipos de freno alternativos sometidos a ensayo conforme al anexo 7: .....

2.2. Discos y tambores de freno

2.2.1. Código de identificación de los discos de freno cubiertos por la homologación del sistema de frenado .....

2.2.2. Código de identificación de los tambores de freno cubiertos por la homologación del sistema de frenado .....

3. Masa mínima del vehículo: .....

3.1. Distribución de la masa en cada eje (valor máximo): .....

4. Masa máxima del vehículo: .....

4.1. Distribución de la masa en cada eje (valor máximo): .....

5. Velocidad máxima del vehículo: .....

6. Dimensiones del neumático y la rueda: .....

7. Configuración del circuito de freno (por ejemplo: división delante/detrás o diagonal): .....

8. Declaración de cuál es el sistema de frenado de socorro: .....

9. Especificaciones de las válvulas del freno (si procede) .....

9.1. Especificaciones del ajuste de la válvula detectora de la carga: .....

9.2. Ajuste de la válvula de presión: .....

10. Distribución de la fuerza del freno por diseño: .....

11. Especificación del freno .....

11.1. Tipo de freno de disco (p. ej.: número de pistones con diámetro[s], disco macizo o ventilado):

11.2. Tipo de tambor de freno (p. ej., «duo-servo», con tamaño de pistón y dimensiones del tambor): .....

11.3. En el caso de los dispositivos de frenado de aire comprimido, por ejemplo: tipo y tamaño de las cámaras, palancas, etc.:

12. Tipo y tamaño del cilindro principal: .....

13. Tipo y tamaño del servo: .....

ANEXO 2

DISPOSICIÓN DE LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN

MODELO A

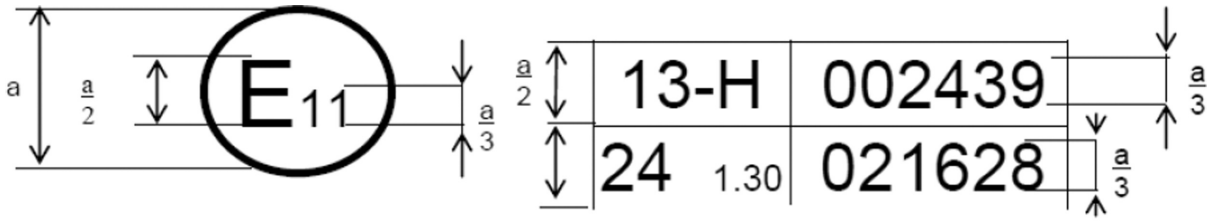
(Véase el punto 4.4 del presente Reglamento)

a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un vehículo indica que el tipo de vehículo en cuestión ha sido homologado, en lo que al frenado se refiere, en el Reino Unido (E 11) con arreglo al Reglamento nº 13-H con el número de homologación 002439. Las dos primeras cifras del número de homologación indican que esta fue concedida de conformidad con los requisitos de la versión original del Reglamento nº 13-H. La marca adicional «ESC» indica que el vehículo cumple los requisitos en materia de control electrónico de la estabilidad y de sistema de asistencia en el frenado contemplados en el anexo 9 del presente Reglamento.

MODELO B

(Véase el punto 4.5 del presente Reglamento)



a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un vehículo indica que el tipo de vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E 11) con arreglo a los Reglamentos nºs 13-H y 24 [1]. (En el caso de este último Reglamento el coeficiente de absorción corregido es 1,30 m^{-1}). Los números de homologación indican que, cuando se concedieron las homologaciones respectivas, la versión existente del Reglamento nº 13-H era la original y el Reglamento nº 24 incluía la serie 02 de modificaciones.

[1] Este número se da a título de ejemplo.

ANEXO 3

ENSAYOS DE FRENADO Y EFICACIA DE LOS SISTEMAS DE FRENADO

1. ENSAYOS DE FRENADO

1.1. Generalidades

1.1.1. La eficacia prescrita para los sistemas de frenado estará basada en la distancia de frenado y en la deceleración media estabilizada. La eficacia de un sistema de frenado se determinará midiendo la distancia de frenado en relación con la velocidad inicial del vehículo o midiendo durante el ensayo la deceleración media estabilizada.

1.1.2. La distancia de frenado será la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que el conductor accione el mando del sistema de frenado hasta el momento en que el vehículo se detenga. La velocidad inicial será la velocidad en el momento en que el conductor comience a accionar el mando del sistema de frenado. La velocidad inicial no será inferior al 98 % de la velocidad exigida en el ensayo considerado.

La deceleración media estabilizada (d_m) se calculará como la deceleración media en relación con la distancia en el intervalo v_b a v_e, mediante la fórmula siguiente:

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25{,}92\ (s_e - s_b)}$$

siendo:

v_o = velocidad inicial del vehículo en km/h

v_b = velocidad del vehículo a 0,8 v_o en km/h

v_e = velocidad del vehículo a 0,1 v_o en km/h

s_b = distancia recorrida entre v_o y v_b en metros

s_e = distancia recorrida entre v_o y v_e en metros.

La velocidad y la distancia se determinarán mediante instrumentación cuya exactitud sea de ± 1 % a la velocidad exigida para el ensayo. La d_m podrá determinarse mediante otros métodos que no sean la medición de la velocidad y la distancia; en tal caso, la exactitud de la d_m será de ± 3 %.

1.2. Para la homologación del cualquier vehículo, la eficacia del frenado se determinará en ensayos en pista efectuados en las condiciones siguientes:

1.2.1. La masa del vehículo será la determinada en las disposiciones aplicables a cada tipo de ensayo y figurará en el acta del ensayo.

1.2.2. El ensayo deberá llevarse a cabo a las velocidades indicadas para cada tipo de ensayo. Cuando la velocidad máxima por fabricación del vehículo sea inferior a la prescrita para un ensayo, éste deberá efectuarse a la velocidad máxima del vehículo.

1.2.3. Durante los ensayos, la fuerza ejercida sobre el mando para obtener la eficacia exigida no debe sobrepasar la fuerza máxima establecida.

1.2.4. La superficie de la carretera permitirá una adherencia adecuada, a no ser que se especifique de otra manera en los anexos correspondientes.

1.2.5. El ensayo se realizará sin que haya viento que pudiera influir en los resultados.

1.2.6. Al comienzo de los ensayos los neumáticos deberán estar fríos y a la presión prescrita para la carga efectivamente soportada por las ruedas cuando el vehículo está parado.

1.2.7. La eficacia exigida se obtendrá sin bloquear las ruedas a velocidades superiores a 15 km/h, sin que se desvíe el vehículo de un carril de 3,5 m de ancho, sin que se supere un ángulo de guiñada de 15° y sin vibraciones anormales.

1.2.8. En el caso de los vehículos movidos completa o parcialmente por uno o varios motores eléctricos conectado(s) permanentemente a las ruedas, todos los ensayos se realizarán con dicho(s) motor(es) conectado(s).

1.2.9. En el caso de los vehículos descritos en el punto 1.2.8 anterior equipados de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría A, los ensayos de comportamiento se efectuarán en una pista cuyo coeficiente de adherencia sea bajo (como se establece en el punto 5.2.2 del anexo 6) a una velocidad igual al 80 % de la velocidad máxima pero no superior a 120 km/h, a fin de comprobar que la estabilidad se mantiene.

1.2.9.1. Por otra parte, en el caso de los vehículos equipados de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría A, las condiciones transitorias como, por ejemplo, cambios de marcha o soltar el mando del acelerador, no deben influir en el comportamiento del vehículo en las condiciones descritas en el punto 1.2.9 anterior.

1.2.10. No se permite el bloqueo de las ruedas en los ensayos previstos en los puntos 1.2.9 y 1.2.9.1 anteriores. Sin embargo, se permitirá una corrección de la dirección con la condición de que el giro angular del mando de dirección sea inferior a 120° en los 2 primeros segundos e inferior a 240° en total.

1.2.11. En el caso de los vehículos con frenos de servicio accionados eléctricamente alimentados a partir de baterías propulsoras (o de una batería auxiliar) que reciba(n) energía solo de un sistema de carga externo e independiente, dichas baterías tendrán, durante el ensayo de eficacia del frenado, una carga media que no supere más de un 5 % el estado de la carga en el que debe activarse la advertencia sobre el fallo de los frenos prescrita en el punto 5.2.20.5 del presente Reglamento.

Si se produce esta advertencia, se permite una recarga ligera de las baterías durante los ensayos, a fin de que su estado de carga sea el exigido.

1.3. Comportamiento del vehículo durante el frenado

1.3.1. Durante los ensayos de frenado, y especialmente en aquellos que se desarrollen a altas velocidades, deberá comprobarse el comportamiento general del vehículo durante el frenado.

1.3.2. El comportamiento del vehículo durante el frenado en una carretera cuya adherencia sea reducida deberá cumplir los requisitos pertinentes del anexo 5 y/o del anexo 6 del presente Reglamento.

1.3.2.1. En el caso de un sistema de frenado conforme al punto 5.2.7 del presente Reglamento en el que el frenado correspondiente a uno o varios ejes esté formado por más de una fuente de par de frenado y en el que cualquier fuente pueda variar con respecto a las demás, el vehículo cumplirá los requisitos del anexo 5 o bien del anexo 6 en todas las relaciones permitidas por su estrategia de control [1].

[1] El fabricante proporcionará al servicio técnico la familia de curvas de frenado permitidas por la estrategia de control automático. El servicio técnico podrá verificar dichas curvas.

1.4. Ensayo del tipo 0 (ensayo ordinario de eficacia, con frenos en frío)

1.4.1. Generalidades

1.4.1.1. La temperatura media de los frenos de servicio en el eje más caliente del vehículo, medida dentro de los forros del freno o en el recorrido de frenado del disco o tambor, estará situada entre 65 y 100 °C antes de cualquier accionamiento del freno.

1.4.1.2. El ensayo deberá efectuarse en las condiciones siguientes:

1.4.1.2.1. El vehículo deberá estar cargado, siendo la distribución de la masa entre los ejes la declarada por el fabricante. En el caso en que estén previstas varias disposiciones de la carga sobre los ejes, la distribución de la masa máxima entre los ejes deberá ser tal que la carga sobre cada eje sea proporcional a la masa máxima admisible por cada eje.

1.4.1.2.2. Todos los ensayos deberán repetirse con el vehículo descargado. Podrá haber, además del conductor, una segunda persona sentada en el asiento delantero y encargada de tomar nota de los resultados del ensayo.

1.4.1.2.3. En el caso de un vehículo equipado con un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía, los requisitos dependen de la categoría de dicho sistema:

Categoría A. Durante los ensayos del tipo 0 no se utilizará ningún mando del sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía.

Categoría B. La contribución del sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía a la fuerza de frenado generada no superará el mínimo garantizado por el diseño del sistema.

Se considerará que se cumple dicha condición si el estado de la carga de las baterías es uno de los siguientes:

a) a la carga máxima recomendada por el fabricante en las especificaciones del vehículo; o bien

b) a una carga mínima del 95 % de la carga máxima en aquellos casos en que el fabricante no haya efectuado recomendación específica alguna; o bien

c) a la carga máxima resultante del control automático de la carga del vehículo; o bien

d) cuando los ensayos se realizan sin componentes de recuperación de energía, independientemente del estado de carga de las baterías.

1.4.1.2.4. Los límites prescritos para la eficacia mínima, tanto para los ensayos con el vehículo vacío como los ensayos con el vehículo cargado serán los indicados más adelante. El vehículo deberá cumplir el requisito de la distancia de frenado y la deceleración media estabilizada, pero puede no ser necesario medir realmente ambos parámetros.

1.4.1.2.5. La carretera deberá ser horizontal. A no ser que se especifique otra cosa, cada ensayo consistirá en hasta seis paradas, incluidas las necesarias para la familiarización.

1.4.2. Ensayo del tipo 0 con el motor desembragado y el frenado de servicio según los dispuesto en el punto 2.1.1, letra A, del presente anexo.

El ensayo deberá llevarse a cabo a la velocidad indicada, aunque se admitirá un cierto margen de tolerancia con respecto a las cifras establecidas. Se deberá conseguir la eficacia mínima prescrita.

1.4.3. Ensayo del tipo 0 con el motor embragado y el frenado de servicio según los dispuesto en el punto 2.1.1, letra B, del presente anexo.

1.4.3.1. El ensayo se realizará con el motor embragado a partir de la velocidad exigida en el punto 2.1.1, letra B, del presente anexo. Se deberá conseguir la eficacia mínima prescrita. No se realizará este ensayo si la velocidad máxima del vehículo es ≤ 125 km/h.

1.4.3.2. Se medirán los valores de la eficacia práctica máxima y el comportamiento del vehículo se ajustará a lo indicado en el punto 1.3.2 del presente anexo. No obstante, si la velocidad máxima del vehículo es superior a 200 km/h, la velocidad de ensayo será de 160 km/h.

1.5. Ensayo del tipo I (ensayo de pérdida y recuperación de eficacia)

1.5.1. Procedimiento de calentamiento

1.5.1.1. Los frenos de servicio de todos los vehículos se ensayarán accionando y soltando sucesivamente los frenos una serie de veces con el vehículo cargado y en las condiciones indicadas en el cuadro siguiente:

Condiciones			
v_1 (km/h)	v_2 (km/h)	Δt (s)	n
80 % $v_{máx}$ ≤ 120	0,5 v_1	45	15

siendo:

v_1 = velocidad inicial al principio del frenado

v_2 = velocidad al final del frenado

$v_{máx}$ = velocidad máxima del vehículo

n = número de accionamientos del freno

Δt = duración de un ciclo de frenado: tiempo transcurrido entre el comienzo de un frenado y el comienzo del siguiente.

1.5.1.2. Si las características del vehículo impiden ajustarse a la duración exigida para Δt, se podrá aumentar la duración. En cualquier caso, y además del tiempo necesario para el frenado y la aceleración del vehículo, se dispondrá de 10 s por cada ciclo de frenado con el fin de estabilizar la velocidad v_1.

1.5.1.3. Para la realización de estos ensayos, la fuerza ejercida sobre el mando deberá ajustarse de modo que en cada accionamiento del freno se alcance una deceleración media estabilizada de 3 m/s^2. Se podrán efectuar dos ensayos previos para determinar la fuerza adecuada sobre el mando.

1.5.1.4. Durante los frenados, deberá mantenerse engranada la relación más alta de la caja de cambios (con exclusión de la superdirecta, etc.).

1.5.1.5. Para ganar velocidad después de cada frenado, el cambio de marchas deberá utilizarse de modo que la velocidad v_1 se alcance lo antes posible (aceleración máxima permitida por el motor y la caja de cambios).

1.5.1.6. En el caso de vehículos sin la autonomía suficiente para completar los ciclos de calentamiento, los ensayos se realizarán alcanzando la velocidad prescrita antes del primer accionamiento del freno, a continuación usando la máxima aceleración disponible para recuperar velocidad y luego frenando sucesivamente a la velocidad alcanzada al final de cada ciclo de 45 s de duración.

1.5.1.7. En el caso de los vehículos equipados con un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B, al inicio del ensayo las baterías del vehículo se hallarán en un estado en el que la contribución del sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía a la fuerza de frenado generada no supere el mínimo garantizado por el diseño del sistema. Se considerará cumplido este requisito si las baterías se hallan en uno de los estados de carga enumerados en el punto 1.4.1.2.3 anterior.

1.5.2. Eficacia en caliente

1.5.2.1. Una vez finalizado el ensayo del tipo I (descrito en el punto 1.5.1 del presente anexo), se procederá a medir la eficacia en caliente del sistema de frenado de servicio en condiciones iguales (y en particular ejerciendo sobre el mando una fuerza media inferior a la fuerza media realmente aplicada) a las del ensayo del tipo 0 con motor desembragado (pudiendo ser diferentes las condiciones de temperatura).

1.5.2.2. La eficacia en caliente no será inferior al 75 % ([2]) de lo exigido, ni inferior al 60 % de la cifra registrada en el ensayo del tipo 0 con el motor desembragado.

1.5.2.3. En los vehículos equipados con un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría A, durante los accionamientos del freno estará engranada constantemente la marcha más elevada y no se utilizará, si lo hay, el mando independiente del frenado eléctrico.

1.5.2.4. En el caso de los vehículos equipados con un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B, una vez realizados los ciclos de calentamiento con arreglo al punto 1.5.1.6 del presente anexo, el ensayo de eficacia en caliente se efectuará a la máxima velocidad que pueda alcanzar el vehículo al final de los ciclos de calentamiento, a no ser que pueda obtenerse la velocidad especificada en el punto 2.1.1, letra A, del presente anexo.

A efectos de comparación, se repetirá un ensayo del tipo 0 con los frenos en frío a partir de esta misma velocidad y con una contribución del frenado eléctrico con recuperación de energía, garantizada por un estado de carga adecuado de la batería, que sea similar al disponible durante el ensayo de eficacia en caliente.

Tras el proceso y el ensayo de recuperación, se permitirá el reacondicionamiento de los forros antes de que se efectúe el ensayo para comparar esta segunda eficacia en frío con la conseguida en el ensayo en caliente, en función de los criterios de los puntos 1.5.2.2 o 1.5.2.5 del presente anexo.

Los ensayos podrán realizarse sin componentes de recuperación de energía. En ese caso, no procederá aplicar el requisito relativo al estado de carga de las baterías.

1.5.2.5. En caso de un vehículo que cumpla el requisito del 60 % especificado en el punto 1.5.2.2 del presente anexo, pero no el requisito del 75 % ([2]) indicado en ese mismo punto 1.5.2.2, podrá efectuarse un nuevo ensayo de eficacia en caliente ejerciendo sobre el mando una fuerza no superior a la especificada en el punto 2 del presente anexo. En el acta del ensayo se indicarán los resultados de ambos ensayos.

1.5.3. Procedimiento de recuperación

Inmediatamente después del ensayo de eficacia en caliente, se harán cuatro paradas a 50 km/h con el motor embragado y una deceleración media de 3 m/s^2. Déjese una distancia de 1,5 km entre los comienzos de las paradas sucesivas. Inmediatamente después de cada parada, acelérese a fondo hasta alcanzar 50 km/h y manténgase esa velocidad hasta la parada siguiente.

1.5.3.1. A fin de completar el procedimiento de recuperación, se podrá recargar las baterías de los vehículos equipados con un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B o se podrá sustituirlas por un juego cargado.

Los procedimientos podrán realizarse sin componentes de recuperación de energía.

([2]) Esto equivale a una distancia de frenado de 0,1 v + 0,0080 v^2 y a una deceleración media estabilizada de 4,82 m/s^2.

1.5.4. Eficacia de la recuperación

Al final del procedimiento de recuperación, se medirá la eficacia de la recuperación del sistema de frenado de servicio en las mismas condiciones que en el ensayo del tipo 0, estando el motor desembragado (las condiciones de temperatura pueden diferir) y ejerciendo una fuerza media sobre el mando no superior a la fuerza media sobre el mando ejercida en el ensayo del tipo 0 correspondiente.

Esta eficacia de la recuperación no será inferior al 70 %, ni superior al 150 % de la cifra registrada en el ensayo del tipo 0 con el motor desembragado.

1.5.4.1. En el caso de los vehículos equipados con un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B, el ensayo de recuperación se efectuará sin componentes de recuperación de energía, es decir, en las condiciones del punto 1.5.4 anterior.

Tras un nuevo reacondicionamiento de los forros, se repetirá por segunda vez el ensayo del tipo 0 a partir de la misma velocidad y sin contribución del frenado eléctrico con recuperación de energía como en el ensayo de recuperación con el/los motor(es) desembragado(s) y se compararán dichos resultados de ensayo.

Esta eficacia de la recuperación no será inferior al 70 %, ni superior al 150 % de la cifra registrada en esta última repetición del ensayo del tipo 0.

2. EFICACIA DE LOS SISTEMAS DE FRENADO

2.1. Sistema de frenado de servicio

2.1.1. Los frenos de servicio se ensayarán en las condiciones indicadas en este cuadro:

A) Ensayo del tipo 0 con motor desembragado	v s ≤ d_m ≥	100 km/h 0,1 v+0,0060 v^2 (m) 6,43 m/s^2
B) Ensayo del tipo 0 con motor embragado	v s ≤ d_m ≥	80 % $v_{máx}$ ≤ 160 km/h 0,1 v+0,0067 v^2 (m) 5,76 m/s^2
	f	6,5 - 50 daN

siendo:

v = v = velocidad de ensayo en km/h

s = distancia de frenado en metros

d_m = deceleración media estabilizada en m/s^2

f = fuerza ejercida sobre el pedal del freno en daN

$v_{máx}$ = velocidad máxima del vehículo en km/h.

2.1.2. En el caso de los vehículos de motor autorizados a arrastrar un remolque sin frenos, la eficacia mínima del conjunto para el ensayo del tipo 0 no será inferior a 5,4 m/s^2 tanto en estado de cargado como de descargado.

La eficacia del conjunto se verificará mediante cálculos sobre la eficacia máxima del frenado realmente alcanzada por el vehículo de motor solo (cargado) durante el ensayo del tipo 0, con el motor desembragado, aplicando la siguiente fórmula (no se exigen ensayos prácticos con un remolque sin frenos enganchado):

$$d_{M+R} = d_M \cdot \frac{P_M}{P_M + P_R}$$

siendo:

d_{M+R} = deceleración media estabilizada del vehículo de motor cuando esté enganchado a un remolque sin frenos (en m/s^2)

d_M = máxima deceleración media estabilizada del vehículo de motor solo alcanzada durante el ensayo del tipo 0 con el motor desembragado (en m/s^2)

P_M = masa del vehículo de motor (cargado)

P_R = masa máxima del remolque sin frenos que puede ser enganchado declarada por el fabricante del vehículo de motor.

2.2. Sistema de frenado de socorro

2.2.1. La eficacia del sistema de frenado de socorro se ensayará mediante el ensayo del tipo 0 estando el motor desembragado y partiendo de una velocidad del vehículo de 100 km/h y una fuerza ejercida sobre el mando del freno de servicio situada entre 6,5 daN y 50 daN.

2.2.2. El sistema de frenado de socorro alcanzará una distancia de frenado que no supere el valor siguiente:

$$0{,}1\ v + 0{,}0158\ v^2 (m)$$

y una deceleración media estabilizada no inferior a 2,44 m/s^2 (correspondiente al segundo término de la fórmula anterior).

2.2.3. El ensayo de eficacia del freno de socorro se efectuará simulando condiciones reales de fallo del sistema de frenado de servicio.

2.2.4. En el caso de los vehículos que utilicen un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía, la eficacia del frenado se comprobará, además, en las dos condiciones de fallo siguientes:

2.2.4.1. En caso de fallo total del componente eléctrico del frenado de servicio.

2.2.4.2. En el caso en el que el fallo haga que el componente eléctrico proporcione su máxima fuerza de frenado.

2.3. Sistema de frenado de estacionamiento

2.3.1. El sistema de frenado de estacionamiento debe poder mantener inmóvil un vehículo cargado en una pendiente del 20 %.

2.3.2. En los vehículos en los que esté permitido enganchar un remolque, el sistema de frenado de estacionamiento del vehículo de motor deberá poder mantener detenido el conjunto en una pendiente del 12 %.

2.3.3. Si el mando es de accionamiento manual, la fuerza ejercida sobre el mismo no deberá sobrepasar 40 daN.

2.3.4. Si el mando se acciona con el pie, la fuerza ejercida sobre el mismo no deberá sobrepasar 50 daN.

2.3.5. Podrá admitirse un sistema de frenado de estacionamiento que deba accionarse varias veces para alcanzar la eficacia prescrita.

2.3.6. Para comprobar la concordancia con los requisitos del punto 5.2.2.4 del presente Reglamento, se efectuará un ensayo del tipo 0 con motor desembragado a una velocidad inicial de 30 km/h. La deceleración media estabilizada obtenida mediante el accionamiento del mando del sistema de frenado de estacionamiento y la deceleración obtenida inmediatamente antes de la parada del vehículo no deberán ser inferiores a 1,5 m/s^2. El ensayo deberá realizarse con el vehículo cargado. La fuerza ejercida sobre el mando del freno no deberá exceder los valores establecidos.

3. TIEMPO DE RESPUESTA

3.1. En todo vehículo en el que el sistema de frenado de servicio dependa total o parcialmente de una fuente de energía que no sea la del esfuerzo muscular del conductor, deberán cumplirse las condiciones siguientes:

3.1.1. En una maniobra de emergencia, el tiempo que transcurra entre el momento en que el dispositivo de mando comience a ser accionado y el momento en que la fuerza de frenado sobre el eje situado en la posición más desfavorable alcance el nivel correspondiente a la eficacia prescrita no deberá ser superior a 0,6 s.

3.1.2. En el caso de vehículos equipados con sistemas de frenado hidráulicos, se considerarán cumplidas las condiciones del punto 3.1.1 si, al realizar una maniobra de emergencia, la deceleración del vehículo o la presión en el cilindro de freno situado en la posición más desfavorable alcanzan, en 0,6 s, el nivel correspondiente a la eficacia prescrita.

Apéndice

Procedimiento de supervisión del estado de la carga de las baterías

El presente procedimiento se aplica a las baterías de vehículos utilizadas para la propulsión y el frenado con recuperación de energía.

Requiere el uso de un medidor de vatios-hora bidireccional de corriente continua o de un medidor de amperios-hora de corriente continua.

1. PROCEDIMIENTO

1.1. Si las baterías son nuevas o han sido sometidas a un almacenamiento prolongado, se les aplicarán los ciclos recomendados por el fabricante. Una vez concluidos los ciclos, se las dejará en estabilización térmica un mínimo de 8 horas a temperatura ambiente.

1.2. La carga total se determinará mediante el procedimiento de carga recomendado por el fabricante.

1.3. Cuando se realicen los ensayos de frenado de los puntos 1.2.11, 1.4.1.2.3, 1.5.1.6, 1.5.1.7. y 1.5.2.4 del anexo 3, los vatios-hora consumidos por los motores de propulsión y los suministrados por el sistema de frenado con recuperación de energía se registrarán como total acumulado, el cual se utilizará para determinar el estado de carga existente al inicio o al final de un ensayo concreto.

1.4. Para reproducir el estado de carga de las baterías para ensayos comparativos, como los previstos en el punto 1.5.2.4 del anexo 3, las baterías se recargarán hasta alcanzar dicho estado de carga o bien se cargarán por encima de dicho estado y se descargarán a una carga fija a una potencia aproximadamente constante hasta que se alcance el estado de carga requerido. Como alternativa, en el caso de los vehículos que disponen exclusivamente de propulsión eléctrica alimentada por baterías, el estado de la carga podrá ajustarse haciendo funcionar el vehículo. Los ensayos efectuados con baterías cargadas parcialmente al inicio de los mismos empezarán lo antes posible una vez conseguido el estado de carga deseado.

ANEXO 4

Disposiciones sobre las fuentes de energía y los dispositivos de almacenamiento de energía (acumuladores de energía)

Sistemas de frenado hidráulico con reserva de energía

1. CAPACIDAD DE LOS DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA (ACUMULADORES)

1.1. Generalidades

1.1.1. Los vehículos en los que el equipo de frenado haga necesaria la utilización de la energía acumulada y suministrada por un líquido hidráulico a presión deberán estar equipados con dispositivos de almacenamiento de energía (acumuladores) que respondan, desde el punto de vista de su capacidad, a los requisitos de los puntos 1.2 o 1.3 del presente anexo.

1.1.2. Sin embargo, la capacidad de los dispositivos de almacenamiento de energía no estará sometida a requisito alguno cuando el sistema de frenado sea tal que, en ausencia de toda reserva de energía, permita alcanzar, con ayuda del mando del freno de servicio, una eficacia de frenado igual, al menos, al prescrito para el sistema de frenado de socorro.

1.1.3. Para la comprobación del cumplimiento de los requisitos señalados en los puntos 1.2, 1.3 y 2.1 del presente anexo, los frenos deberán estar ajustados al máximo y en lo que se refiere al punto 1.2 del presente anexo, el intervalo entre los accionamientos a fondo deberá ser de 60 s como mínimo.

1.2. Los vehículos equipados con un sistema de frenado hidráulico con reserva de energía deberán satisfacer los requisitos siguientes:

1.2.1. Después de ocho accionamientos a fondo del mando del freno de servicio, deberá ser posible alcanzar, en el noveno accionamiento, la eficacia prescrita para el sistema de frenado de socorro.

1.2.2. Durante el ensayo deberán cumplirse los requisitos siguientes:

1.2.2.1. El ensayo se iniciará a una presión que podrá ser indicada por el fabricante, pero que no deberá ser superior a la presión de conexión ([1]).

1.2.2.2. No se suministrará energía al dispositivo de almacenamiento de energía; además, se aislará todo dispositivo de almacenamiento de energía para equipo auxiliar.

1.3. Los vehículos de motor equipados con un sistema de frenado hidráulico con reserva de energía que no puedan satisfacer las condiciones señaladas en el punto 5.2.4.1. del presente Reglamento se considerará que cumplen las disposiciones de ese punto si se satisfacen las condiciones siguientes:

1.3.1. Después de un único fallo de la transmisión y ocho accionamientos a fondo del mando del freno de servicio, deberá ser posible alcanzar, en el noveno accionamiento, la eficacia prescrita para el sistema de frenado de socorro.

1.3.2. Durante el ensayo deberán cumplirse los requisitos siguientes:

1.3.2.1. Hallándose la fuente de energía en estado estacionario o funcionando a una velocidad correspondiente a la del motor en ralentí, podrá provocarse el fallo de la transmisión. Antes de provocar un fallo de esta naturaleza, el dispositivo o dispositivos de almacenamiento de energía deberán encontrarse a una presión que podrá ser indicada por el fabricante pero que no deberá ser superior a la presión de conexión.

1.3.2.2. El equipo auxiliar y sus dispositivos de almacenamiento de energía, si los hay, deberán estar aislados.

2. CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE ENERGÍA DE LÍQUIDO HIDRÁULICO

2.1. Las fuentes de energía deberán cumplir los requisitos de los puntos siguientes:

([1]) El nivel de energía inicial debe figurar en la ficha de características.

2.1.1. Definiciones

2.1.1.1. Se denomina «p_1» la presión máxima de servicio del sistema (presión de desconexión) en los dispositivos de almacenamiento de energía indicada por el fabricante.

2.1.1.2. Se denomina «p_2» la presión alcanzada después de cuatro accionamientos a fondo del mando del freno de servicio, partiendo de p_1, sin rellenar los dispositivos de almacenamiento de energía.

2.1.1.3. Se denomina «t» el tiempo necesario para que la presión de los dispositivos de almacenamiento de energía suba de p_2 a p_1 sin accionar el mando de los frenos.

2.1.2. Condiciones de medición

2.1.2.1. En el transcurso del ensayo para determinar el tiempo t, el caudal de alimentación de la fuente de energía deberá ser el que se obtenga cuando el motor gire a la velocidad correspondiente a su potencia máxima, o a la velocidad permitida por el regulador del exceso de velocidad.

2.1.2.2. En el transcurso del ensayo para determinar el tiempo t, el o los dispositivos de almacenamiento de energía del equipo auxiliar deberán estar aislados exclusivamente de forma automática.

2.1.3. Interpretación de los resultados

2.1.3.1. El tiempo t no deberá ser superior a 20 s para todos los vehículos.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE ADVERTENCIA

Con el motor parado y partiendo de una presión que podrá ser señalada por el fabricante pero que no deberá ser superior a la presión de conexión, el dispositivo de advertencia no deberá funcionar después de dos accionamientos a fondo del mando de freno de servicio.

ANEXO 5

DISTRIBUCIÓN DEL FRENADO ENTRE LOS EJES DE LOS VEHÍCULOS

1. GENERALIDADES

Los vehículos que no dispongan de un sistema antibloqueo como el definido en el anexo 6 del presente Reglamento deberán cumplir todos los requisitos de este anexo. Si se utiliza un dispositivo especial con este fin, deberá funcionar automáticamente.

2. SÍMBOLOS

i = índice del eje (i = 1, eje delantero;

i = 2, eje trasero)

P_i = Efecto normal de la superficie de rodadura en el eje i en condiciones estáticas

N_i = reacción normal de la superficie de rodadura respecto al eje i durante el frenado

T_i = fuerza ejercida por los frenos sobre el eje i en las condiciones de frenado en carretera

f_i = T_i/N_i, adherencia utilizada por el eje i ([1])

J = deceleración del vehículo

g = aceleración de la gravedad: g = 9,81 m/s^2

z = coeficiente de frenado del vehículo = J/g

P = masa del vehículo

h = altura del centro de gravedad indicada por el fabricante y aceptada por los servicios técnicos que efectúen el ensayo de homologación

E = Distancia entre ejes

k = coeficiente teórico de adherencia del neumático a la calzada.

3. REQUISITOS

3.1.A) Sea cual sea la carga del vehículo, la curva de utilización de la adherencia de eje trasero no estará situada por encima de la del eje delantero ([2]) para todos los coeficientes de frenado entre 0,15 y 0,8 m.

3.1.B) Para los valores de k entre 0,2 y 0,8 ([2]):

$z \geq 0{,}1 + 0{,}7\ (k - 0{,}2)$ (véase el diagrama 1 de este anexo).

([1]) Por «*curvas de utilización de la adherencia*» de un vehículo se entienden las curvas que muestran para unas condiciones de carga específicas la adherencia utilizada por cada eje i en relación con el índice de frenado del vehículo.

([2]) Las disposiciones del punto 3.1 no influyen en los requisitos del anexo 3 del presente Reglamento referentes a la eficacia del frenado. Sin embargo, si, en los ensayos efectuados con arreglo a las disposiciones del punto 3.1, se obtienen eficacias de frenado superiores a las exigidas en el anexo 3, se aplicarán las disposiciones referentes a la curva de utilización de la adherencia en las áreas del diagrama 1 delimitadas por las rectas k = 0,8 y z = 0,8.

3.2. Para la comprobación del requisito del punto 3.1 del presente anexo, el fabricante deberá aportar las curvas de utilización de la adherencia del eje delantero y el trasero, que deberán haber sido calculadas mediante las fórmulas siguientes:

$$f_1 = \frac{T_1}{N_1} = \frac{T_1}{P_1 + z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}$$

$$f_2 = \frac{T_2}{N_2} = \frac{T_2}{P_2 - z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}$$

Estas curvas deberán haber sido establecidas para las dos condiciones de carga siguientes:

3.2.1. Descargado, en orden de marcha y con conductor a bordo.

3.2.2. Cargado; cuando existan varias posibilidades de distribución de la carga, se elegirá aquella en la que la mayor masa recaiga sobre el eje delantero.

3.2.3. Si se trata de vehículos provistos de un sistema de frenado eléctrico con recuperación de energía de la categoría B, en el que la capacidad del frenado eléctrico con recuperación de energía está influida por el estado eléctrico de la carga, se trazarán las curvas teniendo en cuenta el componente del frenado eléctrico en las condiciones mínima y máxima de la fuerza de frenado obtenida. Este requisito no será de aplicación si el vehículo está provisto de un dispositivo antibloqueo que controla las ruedas conectadas al frenado eléctrico, se aplicarán en ese caso los requisitos del anexo 6 del presente Reglamento.

4. REQUISITOS QUE SE DEBERÁN CUMPLIR EN CASO DE FALLO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE FRENADO

Cuando los requisitos del presente anexo se cumplan mediante un dispositivo especial (por ejemplo, accionado mecánicamente por la suspensión del vehículo), deberá ser posible, en caso de fallo de su mando (por ejemplo, desconectándolo), detener el vehículo en las condiciones del ensayo del tipo 0 con el motor desembragado y obtener una distancia de frenado no superior a $0{,}1\ v + 0{,}0100\ v^2$ (m) y una deceleración media estabilizada no inferior a 3,86 m/s^2.

5. ENSAYO DEL VEHÍCULO

Durante los ensayos de homologación de un vehículo, el servicio técnico comprobará el cumplimiento de los requisitos incluidos en el presente apéndice mediante los ensayos siguientes:

5.1. Procedimiento de ensayo de la secuencia de bloqueo de la rueda (véase el apéndice 1)

Si el ensayo de la secuencia de bloqueo de la rueda confirma que las ruedas delanteras se bloquean antes o al mismo tiempo que las traseras, se habrá verificado la conformidad con el punto 3 del presente anexo y finalizado los ensayos.

5.2. Ensayos suplementarios

Si la secuencia de bloqueo de la rueda indica que las ruedas traseras se bloquean antes que las delanteras, entonces:

a) Se someterá el vehículo a los ensayos suplementarios siguientes:

i) ensayos suplementarios de la secuencia de bloqueo de la rueda; y/o

ii) ensayos de la rueda del par (véase el apéndice 2) para determinar factores del freno para generar las curvas de utilización de la adherencia; estas curvas cumplirán lo dispuesto en el punto 3.1, letra A), del presente anexo.

b) Se podrá denegar la homologación del vehículo.

5.3. Se añadirán al informe de homologación los resultados de los ensayos prácticos.

6. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

6.1. Cuando verifiquen la conformidad de la producción de un vehículo, los servicios técnicos seguirán los mismos procedimientos que para la homologación.

6.2. Los requisitos serán los mismos que para la homologación, excepto que en el ensayo descrito en el inciso ii) de la letra a) del punto 5.2 del presente anexo, la curva del eje trasero estará por debajo de la línea z = 0,9 k para todos los coeficientes de frenado situados entre 0,15 y 0,8 [en lugar de cumplir el requisito del punto 3.1, letra A)] (véase el diagrama 2).

Diagrama 1

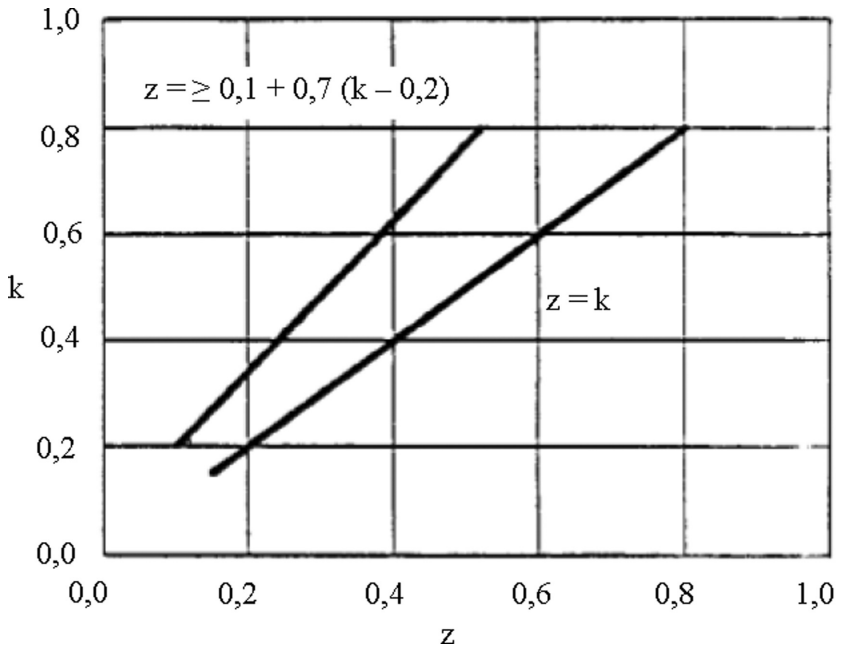
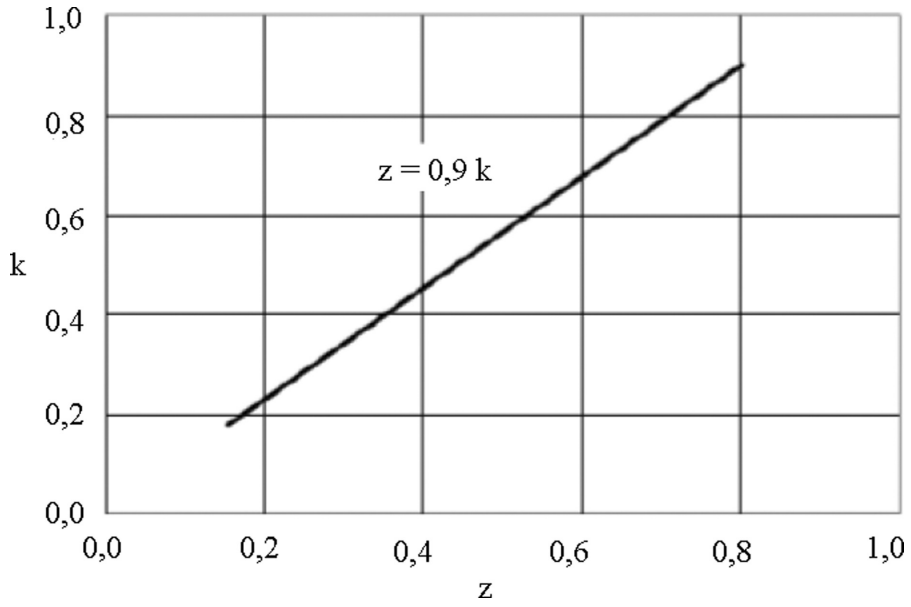


Diagrama 2



Apéndice 1

Procedimiento de ensayo de la secuencia de bloqueo de la rueda

1. INFORMACIÓN GENERAL

a) La finalidad de este ensayo es garantizar que el bloqueo de ambas ruedas delanteras sucede a un índice de deceleración inferior al del bloqueo de las dos ruedas traseras cuando se realiza el ensayo en una superficie de rodadura en la que el bloqueo de las ruedas se produce con coeficientes de frenado de entre 0,15 y 0,8.

b) El bloqueo simultáneo de las ruedas delanteras y trasera se produce cuando el intervalo de tiempo entre el bloqueo de la última rueda (segunda) del eje trasero y la última rueda (segunda) del eje delantero es < 0,1 s para velocidades del vehículo > 30 km/h.

2. CONDICIONES DEL VEHÍCULO

a) Carga del vehículo: cargado y descargado

b) Posición de la transmisión: motor desembragado.

3. CONDICIONES Y PROCEDIMIENTOS DEL ENSAYO

a) Temperatura inicial del freno: media de entre 65 °C y 100 °C en el eje más caliente.

b) Velocidad de ensayo: 65 km/h a un coeficiente de frenado ≤ 0,50

100 km/h a un coeficiente de frenado > 0,50

c) Fuerza sobre el pedal:

i) La fuerza será ejercida sobre el pedal y controlada por un conductor experimentado o por un dispositivo mecánico de accionamiento del pedal del freno.

ii) La fuerza sobre el pedal aumentará siguiendo un índice lineal de manera que el bloqueo del primer eje se produzca entre medio (0,5) y uno y medio (1,5) segundos del primer accionamiento del pedal.

iii) Se soltará el pedal cuando se bloquee el segundo eje, cuando la fuerza ejercida sobre el pedal alcance 1 kN o 0,1 s después del primer bloqueo (cuando se produzca la primera de estas circunstancias).

d) Bloqueo de la rueda: solo se tendrán en cuanto los bloqueos de la rueda que se produzcan a una velocidad del vehículo de 15 km/h.

e) Superficie de ensayo: este ensayo se realizará sobre superficies de carretera en las que el bloqueo de la rueda se produzca a coeficientes de frenado de entre 0,15 y 0,8.

f) Datos que se registrarán: se registrará automática y continuamente en cada ejecución del ensayo la información siguiente, de manera que se puedan hacer referencias cruzadas entre los valores de las variables en tiempo real:

i) Velocidad del vehículo

ii) Coeficiente instantáneo de frenado del vehículo (p. ej.: mediante diferenciación de la velocidad del vehículo)

iii) Fuerza ejercida sobre el pedal del freno (o presión hidráulica en el circuito)

iv) Velocidad angular de cada rueda.

g) Cada ejecución del ensayo se repetirá una vez para confirmar la secuencia de bloqueo de la rueda: si uno de los dos resultados no se ajusta a lo prescrito, se procederá a una tercera ejecución en las mismas condiciones, que servirá para tomar una decisión.

4. REQUISITOS DE EFICACIA

a) Ambas rueda traseras no se bloquearán hasta después de bloquearse las dos ruedas delanteras, con coeficientes de frenado del vehículo de entre 0,15 y 0,8.

b) Si durante el ensayo con arreglo al procedimiento anteriormente especificado y unos coeficientes de frenado del vehículo de entre 0,15 y 0,8, el vehículo cumple uno de los criterios siguientes, habrá cumplido el requisito de la secuencia de bloqueo de las ruedas:

i) Ningún bloqueo de las ruedas.

ii) Ambas ruedas del eje delantero y una o ninguna rueda del eje trasero se bloquean.

iii) Se bloquean ambos ejes a la vez.

c) Si el bloqueo de las ruedas comienza a un coeficiente de frenado de entre 0,8 y 0,15, el ensayo será válido y se repetirá con una superficie de rodadura diferente.

d) Si, estando cargado o descargado el vehículo, y a un coeficiente de frenado de entre 0,15 y 0,8, ambas ruedas del eje trasero y una o ninguna rueda del eje delantero se bloquean, el ensayo de secuencia del bloqueo de la rueda no habrá sido superado. En este caso, el vehículo será sometido al procedimiento de ensayo de la rueda del par a fin de determinar los factores de frenado objetivos para calcular las curvas de utilización de la adherencia.

Apéndice 2

Procedimiento de ensayo de la rueda del par

1. INFORMACIÓN GENERAL

El objetivo de este ensayo es medir los factores del frenado y determinar, así, la utilización de la adherencia de los ejes delantero y trasero en una gama de coeficientes de frenado de entre 0,15 y 0,8.

2. CONDICIONES DEL VEHÍCULO

a) Carga del vehículo: cargado y descargado

b) Posición de la transmisión: motor desembragado.

3. CONDICIONES Y PROCEDIMIENTOS DEL ENSAYO

a) Temperatura inicial del freno: media de entre 65 °C y 100 °C en el eje más caliente.

b) Velocidades del ensayo: 100 km/h y 50 km/h.

c) Fuerza sobre el pedal: la fuerza sobre el pedal aumentará a un índice lineal de entre 100 y 150 N/s en el ensayo a 100 km/h de velocidad o entre 100 y 200 N/segundo en el ensayo a 50 km/h de velocidad hasta el bloqueo del primer eje o hasta que la fuerza sobre el pedal sea de 1 kN (lo que se produzca primero).

d) Refrigeración del freno: entre los accionamientos del freno, el vehículo circulará a velocidades de hasta 100 km/h hasta que se alcance la temperatura inicial del freno especificada en la letra a) de este punto 3.

e) Número de ensayos: estando el vehículo descargado, se efectuarán cinco paradas a una velocidad de 100 km/h y cinco paradas a una velocidad de 50 km/h alternándose entre las dos velocidades de ensayos después de cada parada. Con el vehículo cargado, se harán otras cinco paradas a cada una de las velocidades de ensayo alternando entre las dos velocidades de ensayo.

f) Superficie de ensayo: este ensayo se realizará en una superficie de carretera de ensayo que permita una buena adherencia.

g) Datos que se registrarán: se registrará automática y continuamente en cada ejecución del ensayo la información siguiente, de manera que se puedan hacer referencias cruzadas entre los valores de las variables en tiempo real:

i) Velocidad del vehículo

ii) Fuerza ejercida sobre el pedal del freno

iii) Velocidad angular en cada rueda

iv) Par del freno en cada rueda

v) La presión del circuito hidráulico de cada circuito de freno, incluidos los captores de al menos una de las ruedas delanteras y una rueda trasera después de cualquier válvula de dosificación operativa o de limitación de la presión.

vi) Deceleración del vehículo

h) Índice de muestreo: todo equipo de adquisición de datos será capaz de un índice de muestreo mínimo de 40 Hz en todos los canales.

i) Determinación de la presión del freno delantero en relación con la presión del freno trasero: determínese la relación entre la presión del freno delantero y la del trasero en toda la gama de presiones del circuito. A no ser que el vehículo tenga un sistema dosificador del freno variable, esta determinación se hará en ensayos estáticos. Si el vehículo tiene un sistema dosificador del freno variable, se realizarán ensayos dinámicos con el vehículo cargado y descargado. Quince frenados a 50 km/h en cada una de las dos condiciones de carga utilizando las mismas condiciones iniciales especificadas en este apéndice.

4. REDUCCIÓN DE LOS DATOS

a) Los datos de cada accionamiento del freno exigido en la letra e) del punto 3 anterior se filtrarán utilizando un promedio variable centrado de cinco puntos por canal de datos.

b) Por cada accionamiento del freno exigido en la letra e) del punto 3, determínese la inclinación (factor de freno) y la intersección con el eje de la presión (presión de retención del freno) de la ecuación lineal de mínimos cuadrados que describe más adecuadamente el resultado del par medido en cada rueda frenada en función de la presión del circuito medida en esa misma rueda. Solo se utilizarán en el análisis regresivo los valores de los resultados del par obtenidos a partir de datos recogidos cuando la deceleración del vehículo esté situada entre 0,15 g y 0,80 g.

c) Hágase la media de los resultados de la letra b) para calcular el factor medio de frenado y la presión de retención del freno en todos los accionamientos del freno en el eje delantero.

d) Hágase la media de los resultados de la letra b) para calcular el factor medio de frenado y la presión de retención del freno en todos los accionamientos del freno en el eje trasero.

e) Utilizando la relación entre la presión del circuito de freno delantero y trasero determinada en la letra i) del punto 3 y el radio dinámico de rodamiento del neumático, calcúlese la fuerza de frenado en cada eje en función de la presión del circuito de freno delantero.

f) Calcúlese el coeficiente de frenado del vehículo en función de la presión del circuito de frenado delantero aplicando la ecuación siguiente:

$$Z = \frac{T_1 + T_2}{P \cdot g}$$

siendo:

z = coeficiente de frenado a una presión del circuito de frenado delantero determinada

T_1, T_2 = fuerzas de frenado en los ejes delantero y trasero respectivamente, que corresponden a la misma presión del circuito de frenado delantero

P = masa del vehículo.

g) Calcúlese la adherencia utilizada en cada eje en función del coeficiente de frenado aplicando la fórmula siguiente:

$$f_1 = \frac{T_1}{P_1 + \frac{Z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

$$f_2 = \frac{T_2}{P_2 - \frac{Z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

En el punto 2 del presente anexo figura la definición de los símbolos.

h) Trácense f_1 y f_2 en función de z, tanto en condiciones de carga como de descarga. Estas son las curvas de utilización de la adherencia del vehículo que deben satisfacer los requisitos del punto 5.2, letra a), inciso ii) del presente anexo (en el caso de las comprobaciones de la conformidad de la producción, estas curvas cumplirán los requisitos del punto 6.2 del presente anexo).

ANEXO 6

REQUISITOS DE ENSAYO DE LOS VEHÍCULOS EQUIPADOS CON SISTEMAS ANTIBLOQUEO

1. GENERALIDADES

1.1. En este anexo se define la eficacia del frenado exigida a los vehículos de motor equipados de sistemas antibloqueo.

1.2. Los sistemas antibloqueo conocidos actualmente comprenden uno o varios detectores, uno o varios controladores y uno o varios moduladores. Los dispositivos de diseño distinto que pudieran introducirse en el futuro, en caso de que la función de antibloqueo del frenado se integre en otro sistema, serán considerados sistemas antibloqueo del frenado tal como se definen en este anexo y en el anexo 5 del presente Reglamento, si su eficacia equivale a la prescrita en el presente anexo.

2. DEFINICIONES

2.1. Por «sistema antibloqueo» se entiende la parte del sistema de frenado de servicio que regula automáticamente el grado de deslizamiento de una o varias ruedas del vehículo en el sentido de rotación de las mismas durante el frenado.

2.2. Por «detector» se entiende el componente cuya función consiste en detectar las condiciones de rotación de la rueda o ruedas o el estado dinámico del vehículo y transmitirlos al controlador.

2.3. Por «controlador» se entiende el componente que tiene por función analizar los datos suministrados por el detector o los detectores y transmitir una orden al modulador.

2.4. Por «modulador» se entiende el componente que tiene por función modular la fuerza o fuerzas de frenado en función de la orden recibida del controlador.

2.5. Por «rueda directamente controlada» se entiende la rueda cuya fuerza de frenado es modulada partiendo de los datos proporcionados, como mínimo, por su propio detector ([1]).

2.6. Por «rueda indirectamente controlada» se entiende la rueda cuya fuerza de frenado es modulada partiendo de los datos procedentes del detector de otras ruedas ([1]).

2.7. Por «realización de ciclos completos» se entiende que el sistema antibloqueo modula repetidamente la fuerza de frenado para evitar que las ruedas directamente controladas se bloqueen. Se considerará que no se ajustan a esta definición los accionamientos del freno en los que la modulación sólo se produce una vez durante la parada.

3. TIPOS DE DISPOSITIVOS ANTIBLOQUEO

3.1. Se considerará que un vehículo está equipado con un sistema antibloqueo como se define en el punto 1 del anexo 5 del presente Reglamento cuando lleve instalado uno de los sistemas que se indican a continuación.

3.1.1. Sistema antibloqueo de la categoría 1

Los vehículos equipados con un dispositivo antibloqueo de la categoría 1 deberán cumplir todos los requisitos del presente anexo.

3.1.2. Sistema antibloqueo de la categoría 2

Los vehículos equipados con un dispositivo antibloqueo de la categoría 2 deberán cumplir todos los requisitos del presente anexo excepto los señalados en el punto 5.3.5 siguiente.

([1]) Se considera que los sistemas antibloqueo de selección alta tienen ruedas directa e indirectamente controladas; en los dispositivos de selección baja, se considera que todas las ruedas equipadas con un detector están directamente controladas.

3.1.3. Sistema antibloqueo de la categoría 3

Los vehículos equipados con un dispositivo antibloqueo de la categoría 3 deberán cumplir todos los requisitos del presente anexo excepto los señalados en los puntos 5.3.4 y 5.3.5 siguientes. En estos vehículos los ejes que no dispongan, como mínimo, de una rueda directamente controlada, deberán cumplir las condiciones de utilización de la adherencia y respetar la secuencia de bloqueo de la rueda del anexo 5 del presente Reglamento, en lugar de los requisitos sobre utilización de la adherencia prescritos en el punto 5.2 del presente anexo. No obstante, si las posiciones relativas de las curvas de utilización de la adherencia no cumplen los requisitos del punto 3.1 del anexo 5 del presente Reglamento, podrá efectuarse un control para asegurar que las ruedas de al menos uno de los ejes traseros no se bloqueen antes que las del eje o ejes delanteros en las condiciones descritas en el punto 3.1 del anexo 5 del presente Reglamento, en lo que se refiere al coeficiente de frenado y la carga respectivamente. El cumplimiento de estos requisitos deberá comprobarse mediante ensayos en superficies de rodadura con una adherencia alta o baja (0,8 aproximadamente y 0,3 como máximo) modulando la fuerza sobre el mando del freno de servicio.

4. REQUISITOS GENERALES

4.1. El conductor deberá ser advertido, mediante una señal óptica específica, de cualquier fallo eléctrico o anomalía en los detectores que afecte al sistema en relación con los requisitos funcionales y de eficacia del presente anexo, incluidos los fallos o anomalías del suministro eléctrico, del cableado externo hacia los controladores, de los controladores ([2]) y de los moduladores. A tal fin se utilizará la señal amarilla de advertencia especificada en el punto 5.2.21.1.2 del presente Reglamento.

4.1.1. Las anomalías en los detectores, que no pueden advertirse en condiciones estáticas, se detectarán como muy tarde cuando la velocidad del vehículo supere los 10 km/h ([3]). No obstante, para evitar señales erróneas de fallo cuando un detector no indique la velocidad del vehículo debido a la no rotación de una rueda, se podrá retrasar la verificación pero la detección deberá producirse como muy tarde cuando la velocidad del vehículo supere los 15 km/h.

4.1.2. Cuando el sistema antibloqueo es alimentado con el vehículo parado, la válvula o válvulas del modulador neumático eléctricamente controlado deberán realizar al menos un ciclo.

4.2. En caso de que se produzca un único fallo eléctrico que afecte solamente a la función de antibloqueo, como indica la señal amarilla de advertencia anteriormente mencionada, la eficacia posterior del freno de servicio no será inferior al 80 % de la exigida con arreglo al ensayo del tipo 0 estando el motor desembragado. Esto equivale a una distancia de frenado de $0{,}1\ v + 0{,}0075\ v^2$ (m) y a una deceleración media estabilizada de 5,15 m/s^2.

4.3. El funcionamiento del sistema antibloqueo no deberá verse mermado por campos magnéticos o eléctricos ([4]). (Ello se demostrará mediante el cumplimiento del Reglamento nº 10, serie 02 de modificaciones).

4.4. No se autorizan los dispositivos manuales que desconecten o cambien el modo de control ([5]) del sistema antibloqueo.

5. DISPOSICIONES ESPECIALES

5.1. Consumo de energía

Los vehículos equipados con un sistema antibloqueo deberán conservar su eficacia aunque el mando del freno de servicio permanezca accionado a fondo durante largo tiempo. Para comprobar el cumplimiento de este requisito se efectuarán los ensayos siguientes:

5.1.1. Procedimiento de ensayo

5.1.1.1. El nivel inicial de energía en el dispositivo de almacenamiento de energía será el especificado por el fabricante. Dicho nivel deberá ser tal que asegure la eficacia prescrita para el frenado del servicio con el vehículo cargado. Los dispositivos de almacenamiento de energía del equipo auxiliar neumático deberán estar aislados.

([2]) El fabricante proporcionará al servicio técnico la documentación relativa al controlador o controladores con arreglo al formato indicado en el anexo 8.

([3]) La señal de advertencia podrá volver a encenderse mientras el vehículo permanezca inmóvil, siempre que se apague antes de que el vehículo alcance los 10 km/h o 15 km/h de velocidad, según corresponda, cuando no haya ningún fallo.

([4]) Hasta que no se hayan acordado procedimientos de ensayo uniformes, el fabricante proporcionará al servicio técnico sus procedimientos de ensayo y los resultados de los mismos.

([5]) Se entiende que los dispositivos que varían el modo de control del sistema antibloqueo no están sujetos al punto 4.4 del presente anexo si en el modo de control cambiado se cumplen todos los requisitos exigidos a esa categoría de sistemas antibloqueo.

5.1.1.2. Partiendo de una velocidad inicial de 50 km/h como mínimo y con el vehículo cargado y situado sobre una superficie cuyo coeficiente de adherencia sea inferior o igual a 0,3 ([6]), se activarán a fondo los frenos durante un tiempo t, durante el cual se tomará en consideración la energía consumida por las ruedas indirectamente controladas y todas las ruedas controladas directamente deberán permanecer bajo el control del sistema antibloqueo durante todo ese tiempo.

5.1.1.3. A continuación se parará el motor del vehículo o se cerrará la alimentación del dispositivo o dispositivos de reserva de energía.

5.1.1.4. Seguidamente se accionará a fondo cuatro veces el freno de servicio con el vehículo parado.

5.1.1.5. Al accionar los frenos por quinta vez, deberá poderse frenar el vehículo, al menos con la eficacia prescrita para el frenado de socorro del vehículo cargado.

5.1.2. Requisitos adicionales

5.1.2.1. El coeficiente de adherencia de la superficie de rodadura deberá medirse con el vehículo de que se trate y por el método señalado en el punto 1.1 del apéndice 2 del presente anexo.

5.1.2.2. El ensayo de frenado se efectuará con el motor desembragado girando en ralentí y el vehículo cargado.

5.1.2.3. El tiempo de frenado t se determinará mediante la fórmula:

$$t = \frac{v_{max}}{7}$$

(debiendo ser este valor igual a 15 s como mínimo)

estando t expresado en segundos y siendo $v_{máx}$ la velocidad máxima de fabricación del vehículo expresada en km/h, con un máximo de 160 km/h.

5.1.2.4. Si no es posible obtener el tiempo t en una sola operación de frenado, podrá repetirse la operación sin que el número de repeticiones exceda de cuatro.

5.1.2.5. Si el ensayo se realiza en varias fases, no se suministrará nueva energía entre las diferentes fases.

A partir de la segunda fase, se podrá tomar en consideración el consumo adicional de energía del accionamiento inicial del freno restando un accionamiento completo del freno de los cuatro accionamientos completos exigidos en el punto 5.1.1.4 (y 5.1.1.5 y 5.1.2.6) del presente anexo en cada una de las fases segunda, tercera y cuarta, según proceda, existentes en el ensayo exigido en el punto 5.1.1 del presente anexo.

5.1.2.6. Se considerará alcanzada la eficacia exigida en el punto 5.1.1.5 del presente anexo, si, estando el vehículo parado, al final del cuarto accionamiento el nivel de energía en el o los dispositivos de reserva de energía es igual o superior al necesario para el frenado de socorro con el vehículo cargado.

5.2. Utilización de la adherencia

5.2.1. La utilización de la adherencia del sistema antibloqueo tendrá en cuenta el aumento efectivo de la distancia de frenado con respecto a su valor mínimo teórico. Se considerará que el sistema antibloqueo es satisfactorio si se cumple la condición $\varepsilon \geq 0{,}75$, en la que ε representa la adherencia utilizada según la definición del punto 1.2 del apéndice 2 del presente anexo.

5.2.2. La utilización de la adherencia ε deberá medirse sobre unas superficies de rodadura que tengan un coeficiente de adherencia de 0,3 ([6]) como máximo y de 0,8 aproximadamente (en seco), y partiendo de una velocidad inicial de 50 km/h. Con el fin de eliminar los efectos de temperaturas de frenado diferenciales, se recomienda determinar z_{AL} antes de determinar k.

([6]) Mientras no haya suficientes superficies de ensayo con ese tipo de revestimiento, los servicios técnicos podrán, si lo juzgan conveniente, utilizar los neumáticos hasta el límite de desgaste y a valores superiores hasta 0,4. Deberán consignarse el valor efectivo así obtenido y el tipo de neumáticos y de revestimiento utilizado.

5.2.3. El procedimiento de ensayo para determinar el coeficiente de adherencia (k) y la fórmula para calcular la utilización de la adherencia (ε) serán los señalados en el apéndice 2 del presente anexo.

5.2.4. Cuando el vehículo esté equipado con un sistema antibloqueo de las categorías 1 o 2, la comprobación de la utilización de la adherencia deberá efectuarse en vehículos completos. En los vehículos equipados con sistemas antibloqueo de la categoría 3, sólo deberá cumplirse este requisito en el eje o ejes que tengan como mínimo una rueda directamente controlada.

5.2.5. La condición $\varepsilon \geq 0{,}75$ se comprobará con el vehículo tanto cargado como descargado ([7]).

El ensayo con el vehículo cargado sobre una superficie de gran adherencia podrá omitirse si la fuerza exigida en el dispositivo de mando no da lugar a que el sistema antibloqueo realice ciclos completos.

En el caso del ensayo con el vehículo descargado, la fuerza sobre el mando podrá aumentarse hasta 100 daN, si no se logra un ciclo con el valor de la fuerza total ([8]). Si 100 daN no bastan para lograr un ciclo del dispositivo, podrá omitirse este ensayo.

5.3. Comprobaciones complementarias

Las comprobaciones complementarias deberán realizarse con el motor desembragado, el vehículo cargado y el vehículo descargado.

5.3.1. Las ruedas directamente controladas por un sistema antibloqueo no deberán bloquearse al ejercerse súbitamente la fuerza máxima ([8]) sobre el mando, en los tipos de superficies de rodadura que figuran en el punto 5.2.2 del presente anexo, a una velocidad inicial v = 40 km/h ni a una alta velocidad inicial $v = 0{,}8\ v_{máx} \leq 120$ km/h ([9]).

5.3.2. Las ruedas directamente controladas no deberán bloquearse cuando el eje pase de una superficie de gran adherencia (k_H) a una de baja adherencia (k_L), siendo $k_H \geq 0{,}5$ y $k_H/k_L \geq 2$ ([10]), y se ejerza la fuerza máxima ([8]) sobre el mando. La velocidad de marcha y el momento de activación de los frenos deberán ser tales que, con el sistema antibloqueo en funcionamiento permanente sobre el revestimiento de alta adherencia, se efectúe el paso de un revestimiento a otro a alta y baja velocidad con arreglo a lo señalado en el punto 5.3.1 ([9]).

5.3.3. Cuando un vehículo pase de una superficie de baja adherencia (k_L) a una de alta adherencia (k_H), siendo $k_H \geq 0{,}5$ y $k_H/k_L \geq 2$ ([10]), y se ejerza la fuerza máxima ([8]) sobre el mando, la deceleración del mismo alcanzará el valor alto adecuado en un tiempo razonable y no se desviará de su ruta inicial. La velocidad de ensayo y el momento de activación de los frenos deberán ser tales que el sistema antibloqueo quede en funcionamiento permanente sobre el revestimiento de baja adherencia, efectuándose el paso de un revestimiento al otro a una velocidad de aproximadamente 50 km/h.

5.3.4. Las disposiciones del presente punto se aplicarán sólo a los remolques provistos de un sistema antibloqueo de las categorías 1 o 2. Cuando las ruedas derecha e izquierda del vehículo se encuentren situadas sobre superficies con distinto coeficiente de adherencia (k_H y k_L), siendo $k_H \geq 0{,}5$ y $k_H/k_L \geq 2$ ([10]), las ruedas directamente controladas no se bloquearán cuando se ejerza súbitamente la fuerza máxima ([8]) sobre el mando siendo la velocidad de 50 km/h.

5.3.5. Por otra parte, los vehículos cargados equipados con sistemas antibloqueo de la categoría 1 deberán satisfacer, en las condiciones que señala el punto 5.3.4 del presente anexo, el coeficiente de frenado exigido en el apéndice 3 del presente anexo.

5.3.6. No obstante, se permitirán breves períodos de bloqueo de las ruedas en los casos previstos en los puntos 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4 y 5.3.5 de este anexo. Asimismo se permitirá el bloqueo de las ruedas a velocidades inferiores a 15 km/h y en el caso de las ruedas indirectamente controladas, se permitirá a cualquiera que sea la velocidad, pero no deben verse afectadas la estabilidad y manejabilidad del vehículo y este no deberá superar un ángulo de guiñada máximo de 15° ni se desviará de una calzada de 3,5 m de ancho.

([7]) Hasta que se establezca un procedimiento de ensayo uniforme, podrá ser necesario repetir los ensayos requeridos en virtud del presente punto en el caso de los vehículos equipados con sistemas de frenado eléctrico con recuperación de energía, a fin de determinar el efecto de los distintos valores de distribución del frenado proporcionados por las funciones automáticas del vehículo.

([8]) Por «fuerza máxima» se entiende la establecida en el anexo 3 del presente Reglamento; podrá ejercerse una fuerza mayor si esta es necesaria para activar el sistema antibloqueo.

([9]) El objetivo de estos ensayos es comprobar que las ruedas no se bloqueen y que el vehículo conserva su estabilidad; por lo tanto, no es necesario parar del todo el vehículo sobre la superficie de baja adherencia.

([10]) k_H es el coeficiente de la superficie de alta adherencia.
k_L es el coeficiente de la superficie de baja adherencia.
k_H y k_L se medirán con arreglo al método prescrito en el apéndice 2 del presente anexo.

5.3.7. En el transcurso de los ensayos indicados en los puntos 5.3.4 y 5.3.5 del presente anexo, se permitirá una corrección de la dirección con la condición de que el giro angular del mando de la dirección sea inferior a 120° en los dos primeros segundos e inferior a 240° en total. Asimismo, al comienzo del ensayo, el plano longitudinal mediano del vehículo deberá pasar por la línea de separación entre la superficie de alta adherencia y la de baja adherencia y, durante los ensayos, no deberá rebasar este límite ninguna parte de los neumáticos exteriores ([7]).

Apéndice 1

Símbolos y definiciones

Símbolo	Definiciones
E	Distancia entre ejes
ε	Adherencia utilizada por el vehículo: cociente del coeficiente máximo de frenado estando el dispositivo antibloqueo en funcionamiento (z_{AL}) y el coeficiente de adherencia (k)
ε_i	Valor de ε medido en el eje i (en el caso de los vehículos de motor con dispositivo antibloqueo de la categoría 3)
ε_H	Valor de ε en la superficie de alta adherencia
ε_L	Valor de ε en la superficie de baja adherencia
F	Fuerza (N)
F_{dyn}	Efecto normal de la superficie de rodadura en condiciones dinámicas estando el sistema antibloqueo en funcionamiento
F_{idyn}	F_{dyn} en el eje i de los vehículos de motor
F_i	Efecto normal de la superficie de rodadura en el eje i en condiciones estáticas
F_M	Efecto estático normal total de la superficie de rodadura en todas las ruedas del vehículo de motor
F_{Mnd} [1]	Efecto estático normal total de la superficie de rodadura en los ejes sin frenos y no propulsores del vehículo de motor
F_{Md} [1]	Efecto estático normal total de la superficie de rodadura en los ejes propulsores sin frenos del vehículo de motor
F_{WM} [1]	$0{,}01\ F_{Mnd} + 0{,}015\ F_{Md}$
g	Aceleración causada por la gravedad (9,81 m/s^2)
h	Altura del centro de gravedad indicada por el fabricante y aceptada por el servicio técnico que efectúe el ensayo de homologación
k	Coeficiente de adherencia del neumático a la calzada
k_f	factor k de un eje delantero
k_H	Valor de k determinado en la superficie de adherencia alta
k_i	Valor de k determinado en el eje i de un vehículo con sistema antibloqueo de la categoría 3
k_L	Valor de k determinado en la superficie de adherencia baja
k_{lock}	Valor de adherencia para un 100 % de deslizamiento
k_M	Factor k del vehículo de motor
k_{peak}	Valor máximo de la curva de adherencia en relación con el deslizamiento
k_r	Factor k de un eje trasero
P	masa de un vehículo (kg)
R	Relación entre k_{peak} y k_{lock}
t	Período de tiempo (s)
t_m	Valor medio de t
$t_{mín}$	Valor mínimo de t

Símbolo	Definiciones
z	Coeficiente de frenado
z_{AL}	Coeficiente de frenado z de un vehículo con el sistema antibloqueo en funcionamiento
z_m	Coeficiente medio de frenado
$z_{máx}$	Valor máximo de z
z_{MALS}	z_{AL} del vehículo de motor en una superficie cuarteada

([1]) F_{Mnd} y F_{Md} en el caso de vehículos de motor de dos ejes: estos símbolos podrán simplificarse a los símbolos F_i correspondientes.

Apéndice 2

Utilización de la adherencia

1. MÉTODO DE MEDICIÓN

1.1. Determinación del coeficiente de adherencia (k)

1.1.1. El coeficiente de adherencia (k) será el cociente entre las máximas fuerzas de frenado sin bloquear las ruedas y la correspondiente carga dinámica en el eje que se frena.

1.1.2. Solo deberán activarse los frenos de uno de los ejes del vehículo sometido al ensayo, debiendo ser la velocidad inicial de 50 km/h. La fuerza del frenado se distribuirá entre las ruedas del eje hasta alcanzar la eficacia máxima. El sistema antibloqueo deberá estar desconectado o no ser accionado entre 40 km/h y 20 km/h.

1.1.3. Deberán efectuarse varios ensayos aumentando cada vez la presión del circuito con el fin de determinar el coeficiente de frenado máximo del vehículo ($z_{máx}$). Durante cada ensayo, se aplicará una fuerza constante y el coeficiente de frenado se determinará en relación con el tiempo (t) necesario para que la velocidad descienda de 40 km/h a 20 km/h mediante la fórmula:

$$z = \frac{0{,}566}{t}$$

siendo $z_{máx}$ el valor máximo de z; el tiempo t está expresado en segundos.

1.1.3.1. Por debajo de 20 km/h se podrán bloquear las ruedas.

1.1.3.2. A partir del valor mínimo de t registrado, denominado $t_{mín}$, se seleccionarán tres valores de t comprendidos entre $t_{mín}$ y 1,05 $t_{mín}$, se calculará su media aritmética t_m y a continuación se aplicará la siguiente fórmula:

$$z_m = \frac{0{,}566}{t_m}$$

Si se demuestra que, por motivos prácticos, los tres valores anteriormente definidos no pueden obtenerse, se podrá utilizar entonces el tiempo mínimo $t_{mín}$. No obstante, seguirán exigiéndose los requisitos del punto 1.3.

1.1.4. Las fuerzas de frenado deberán calcularse partiendo del coeficiente de frenado medido y de la resistencia al rodamiento de los ejes no frenados, que deberá ser igual a 0,015 veces la carga estática soportada por el eje en el caso de un eje propulsor y a 0,010 veces la carga estática soportada por el eje si éste no es un eje propulsor.

1.1.5. La carga dinámica sobre el eje viene dada por la fórmula del anexo 5 del presente Reglamento.

1.1.6. El valor de k deberá redondearse al tercer decimal.

1.1.7. Seguidamente, se repetirá el ensayo en los demás ejes como se indica en los puntos 1.1.1 a 1.1.6 anteriores.

1.1.8. Por ejemplo: en el caso de un vehículo de motor de dos ejes, estando frenado el eje delantero (1), el valor de k vendrá dado por la fórmula:

$$k_f = \frac{z_m \cdot P \cdot g - 0.015 \cdot F_2}{F_1 + \frac{h}{E} \cdot z_m \cdot P \cdot g}$$

En el anexo 5 del presente Reglamento se definen los demás símbolos (P, h y E).

1.1.9. Se determinará un coeficiente para el eje delantero k_f y otro para el eje trasero k_r.

1.2. Determinación de la adherencia utilizada (ε)

1.2.1. La adherencia utilizada (ε) se define como el cociente entre el coeficiente de frenado máximo cuando está activado el sistema antibloqueo (z_{AL}) y el coeficiente de adherencia (k_M), es decir:

$$\varepsilon = \frac{z_{AL}}{k_M}$$

1.2.2. Partiendo de una velocidad inicial del vehículo de 55 km/h, el coeficiente máximo de frenado (z_{AL}) se medirá con la realización de ciclos completos del sistema antibloqueo y se basará en el valor medio de tres ensayos, como se indica en el punto 1.1.3 del presente apéndice, utilizando el tiempo necesario para reducir la velocidad de 45 km/h a 15 km/h, con arreglo a la siguiente fórmula:

$$Z_{AL} = \frac{0{,}849}{t_m}$$

1.2.3. El coeficiente de adherencia k_M se determinará ponderándolo con las cargas dinámicas sobre los ejes:

$$k_M = \frac{k_f \cdot F_{fdyn} + k_r \cdot F_{rdyn}}{P \cdot g}$$

siendo:

$$F_{fdyn} = F_f + \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g$$

$$F_{rdyn} = F_r - \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g$$

1.2.4. El valor de ε se redondeará al segundo decimal.

1.2.5. Cuando se trate de un vehículo equipado con un dispositivo antibloqueo de las categorías 1 o 2, el valor de z_{AL} se basará en el vehículo completo estando el sistema antibloqueo activado y la adherencia utilizada (ε) será la obtenida por la fórmula que se señala en el punto 1.2.1 del presente apéndice.

1.2.6. Cuando se trate de un vehículo equipado con un sistema antibloqueo de la categoría 3, el valor de z_{AL} se determinará en todos los ejes que tengan al menos una rueda directamente controlada. Por ejemplo, para un vehículo de dos ejes de tracción trasera equipado con un sistema antibloqueo que actúe únicamente sobre el eje trasero (2), la adherencia utilizada (ε) vendrá dada por la fórmula:

$$\varepsilon_2 = \frac{z_{AL} \cdot P \cdot g - 0.010 \cdot F_1}{k_2(F_2 - \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g)}$$

Este cálculo deberá realizarse para cada uno de los ejes que tengan, al menos, una rueda directamente controlada.

1.3. Si ε > 1,00, se repetirán las mediciones de los coeficientes de adherencia. Se permite una tolerancia del 10 %.

Apéndice 3

Eficacia sobre superficies de distinta adherencia

1. El coeficiente de frenado prescrito en el punto 5.3.5 del presente anexo podrá calcularse partiendo del coeficiente de adherencia medido en las dos superficies sobre las que se han efectuado los ensayos. Esas dos superficies deberán cumplir las condiciones señaladas en el punto 5.3.4 del presente anexo.

2. Los coeficientes de adherencia (k_H y k_L) de las superficies con alta y baja adherencia respectivamente deberán determinarse con arreglo a lo prescrito en el punto 1.1 del apéndice 2 del presente anexo.

3. El coeficiente de frenado (z_{MALS}) para los vehículos cargados será:

$$z_{MALS} \geq 0{,}75 \left(\frac{4k_L + k_H}{5}\right) \text{ and } z_{MALS} \geq k_L$$

Apéndice 4

Método de selección de la superficie de adherencia baja

1. Se entregará al servicio técnico información detallada sobre el coeficiente de adherencia de la superficie seleccionada, como se indica en el punto 5.1.1.2 del presente anexo.

1.1. Entre los datos proporcionados se incluirá la curva del coeficiente de adherencia en relación con el deslizamiento (de 0 a 100 % de deslizamiento) a una velocidad de aproximadamente 40 km/h.

1.1.1. El valor máximo de la curva representará k_{peak} y el valor a 100 % del deslizamiento representará k_{lock}.

1.1.2. El índice R se determinará mediante el cociente entre k_{peak} y k_{lock}.

$$R = \frac{k_{peak}}{k_{lock}}$$

1.1.3. El valor de R se redondeará al primer decimal.

1.1.4. La superficie que se utilice tendrá un índice R de entre 1,0 y 2,0 [1].

2. Antes de los ensayos, el servicio técnico se asegurará de que la superficie seleccionada cumple los requisitos especificados y deberá recibir información sobre lo siguiente:

el método de ensayo para determinar R

el tipo de vehículo

la carga por eje y los neumáticos (deberán ensayarse diferentes cargas y diferentes neumáticos y entregarse los resultados al servicio técnico, el cual decidirá si son representativos del vehículo que se quiere homologar).

2.1. El valor R deberá figurar en el acta de ensayo.

La calibración de la superficie deberá realizarse al menos una vez al año utilizando un vehículo tipo con el objetivo de verificar la estabilidad de R.

[1] Hasta que ese tipo de superficie se generalice, se aceptará un índice R de hasta 2,5 que deberá discutirse previamente con el servicio técnico.

ANEXO 7

MÉTODO DE ENSAYO DINAMOMÉTRICO DE INERCIA PARA FORROS DE FRENO

1. GENERALIDADES

1.1. El procedimiento que se indica en el presente anexo podrá aplicarse en el caso de que se produzca una modificación del tipo de vehículo como consecuencia del montaje de forros de freno de un tipo distinto en vehículos homologados con arreglo al presente Reglamento.

1.2. Los tipos de forros de freno sustitutivos se comprobarán comparando su eficacia con la alcanzada por los forros de freno con los que el vehículo estaba equipado en el momento de la homologación y que se correspondían con los indicados en el documento informativo cuyo modelo figura en el anexo 1 del presente Reglamento.

1.3. El servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación podrá exigir que la comparación de la eficacia de los forros de freno se efectúe con arreglo a las disposiciones del anexo 3 del presente Reglamento.

1.4. La solicitud de homologación por comparación deberá formularla el fabricante del vehículo o su representante debidamente acreditado.

1.5. En el contexto del presente anexo, por «vehículo» se entiende el tipo de vehículo homologado con arreglo al presente Reglamento y para el cual se hubiere solicitado que la comparación sea dictaminada como satisfactoria.

2. EQUIPO DE ENSAYO

2.1. Deberá utilizarse en los ensayos un dinamómetro de las siguientes características:

2.1.1. El dinamómetro deberá poder generar la inercia exigida en el punto 3.1 del presente anexo y ser apto para satisfacer las condiciones señaladas en el punto 1.5 del anexo 3 del presente Reglamento en lo que concierne a los ensayos de pérdida de eficacia del tipo I.

2.1.2. Los frenos montados deberán ser idénticos a los del tipo de vehículo inicial.

2.1.3. En caso de que se utilice refrigeración por aire, esta deberá cumplir lo prescrito en el punto 3.4 del presente anexo.

2.1.4. Los instrumentos utilizados para el ensayo deberán suministrar al menos los datos siguientes:

2.1.4.1. registro continuo de la velocidad de giro del disco o del tambor,

2.1.4.2. número de vueltas completas durante un frenado, con un poder de resolución igual como mínimo a un octavo de vuelta,

2.1.4.3. tiempo de frenado,

2.1.4.4. registro continuo de la temperatura medida en el centro de la trayectoria recorrida por los forros de freno o en el centro de espesor del disco, del tambor o del forro,

2.1.4.5. registro continuo de la presión o de la fuerza medidas en el conducto de mando de los frenos,

2.1.4.6. registro continuo del par de salida del freno.

3. CONDICIONES DEL ENSAYO

3.1. El dinamómetro deberá estar ajustado al máximo, con una tolerancia de ± 5 % de la inercia rotacional equivalente a la parte de la inercia total del vehículo frenado por la rueda o las ruedas correspondientes, con arreglo a la fórmula siguiente:

$$I = MR^2$$

siendo:

I = la inercia rotacional (kg • m^2)

R = el radio dinámico de rodadura del neumático (m)

M = la parte de la masa máxima del vehículo frenado por la rueda o las ruedas correspondientes. Si el dinamómetro es de una sola salida, dicha masa se calculará, en el caso de los vehículos de motor, partiendo de la distribución teórica del frenado cuando la deceleración se ajuste al valor correspondiente indicado en la fila (A) del cuadro del punto 2.1.1 del anexo 3 del presente Reglamento.

3.2. La velocidad de giro inicial del dinamómetro de inercia deberá corresponder a la velocidad lineal del vehículo tal como se prescribe en la fila (A) del cuadro del punto 2.1.1 del anexo 3 del presente Reglamento y deberá estar basada en el radio de rodamiento del neumático.

3.3. Los forros de freno deberán estar rodados al menos al 80 % y no deberán haber rebasado la temperatura de 180 °C durante el rodaje o bien, si así lo solicita el fabricante del vehículo, deberán estar rodados con arreglo a las recomendaciones de este último.

3.4. Podrá utilizarse aire de refrigeración, debiendo circular la corriente en sentido perpendicular al eje de rotación del freno. La velocidad de circulación del aire de refrigeración sobre el freno no deberá ser superior a 10 km/h. El aire de refrigeración deberá estar a la temperatura ambiente.

4. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

4.1. Para los ensayos por comparación deberán presentarse cinco juegos de forros de freno, que se compararán con cinco juegos de forros que sean conformes a los componentes originales que figuran indicados en la ficha de características correspondiente a la primera homologación del tipo de vehículo de que se trate

4.2. La equivalencia entre los forros de freno deberá basarse en la comparación de los resultados obtenidos por los procedimientos de ensayo señalados en el presente anexo, con arreglo a las condiciones siguientes:

4.3. Ensayo de eficacia en frío del tipo 0

4.3.1. Deberán efectuarse tres frenados a una temperatura inicial inferior a 100 °C. La temperatura se medirá con arreglo a lo prescrito en el punto 2.1.4.4 del presente anexo.

4.3.2. Los accionamientos del freno deberán realizarse a una velocidad de giro inicial equivalente a la indicada en la fila (A) del cuadro del punto 2.1.1 del anexo 3 del presente Reglamento y el freno se accionará hasta alcanzar un par medio equivalente a la deceleración exigida en ese punto. Por otra parte se efectuarán también ensayos a diferentes velocidades de giro, la menor de las cuales deberá ser equivalente al 30 % de la velocidad máxima del vehículo y la mayor equivalente al 80 % de dicha velocidad.

4.3.3. El par medio de frenado registrado durante los anteriores ensayos de eficacia en frío realizados con los forros que se están ensayando deberá estar comprendido, a fines de comparación y con la misma medición de partida, dentro de ± 15 % de los límites del ensayo del par medio de torsión de frenado registrado con los forros de las características correspondientes a las indicadas en la correspondiente solicitud de homologación del vehículo.

4.4. Ensayo del tipo I (ensayo de pérdida de eficacia)

4.4.1. Procedimiento de calentamiento

4.4.1.1. Los forros de freno serán ensayados con arreglo al procedimiento del punto 1.5.1 del anexo 3 del presente Reglamento.

4.4.2. Eficacia en caliente

4.4.2.1. Una vez finalizados los ensayos exigidos en el punto 4.4.1 del presente anexo, se realizará el ensayo de eficacia en caliente del frenado que figura en el punto 1.5.2 del anexo 3 del presente Reglamento.

4.4.2.2. El par medio de frenado registrado durante los anteriores ensayos de eficacia en caliente realizados con los forros que se están ensayando deberá estar comprendido, a fines de comparación y con la misma medición de partida, dentro de ± 15 % de los límites del ensayo del par medio de torsión de frenado registrado con los forros de las características correspondientes a las indicadas en la correspondiente solicitud de homologación del vehículo.

5. INSPECCIÓN DE LOS FORROS DE FRENO

Al finalizar los ensayos antes señalados, deberán inspeccionarse visualmente los forros de freno para comprobar si su estado permite seguir utilizándolos normalmente.

ANEXO 8

REQUISITOS ESPECIALES APLICABLES A LOS ASPECTOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS COMPLEJOS DE CONTROL DEL VEHÍCULO

1. GENERALIDADES

En el presente anexo se definen los requisitos especiales en cuanto a documentación, estrategia y verificación de fallos en relación con los aspectos relativos a la seguridad de los sistemas electrónicos complejos de control del vehículo (véase el punto 2.3 más adelante) por lo que atañe al presente Reglamento

Determinados puntos del presente Reglamento aluden también a este anexo en lo concerniente a las funciones relacionadas con la seguridad que se controlan mediante sistemas electrónicos.

El presente anexo no especifica los criterios de eficacia relativos al «sistema» pero sí trata la metodología aplicada al proceso de diseño y la información que debe revelarse al servicio técnico con fines de homologación de tipo.

Esta información demostrará que el «sistema» respeta, en condiciones normales y de fallo, todos los requisitos pertinentes en materia de eficacia especificados en otros puntos o puntos del presente Reglamento.

2. DEFINICIONES

A los efectos del presente anexo, se entenderá por:

2.1. «Concepto de seguridad»: una descripción de las medidas integradas por diseño en el sistema, por ejemplo en las unidades electrónicas, para velar por la integridad del sistema, asegurando así su funcionamiento seguro aun en caso de fallo eléctrico.

La posibilidad de asegurar un funcionamiento parcial, si fuese necesario, o de recurrir incluso a un sistema de reserva para mantener las funciones esenciales del vehículo puede formar parte del concepto de seguridad.

2.2. «Sistema electrónico de control»: una combinación de unidades concebidas para producir conjuntamente la función de control del vehículo declarada, por medio del procesamiento de datos electrónicos.

Estos sistemas, controlados a menudo mediante software, se construyen a partir de componentes funcionales diferenciados, como sensores, unidades electrónicas de control y accionadores, y se conectan mediante enlaces de transmisión. Pueden incluir elementos mecánicos, electroneumáticos o electrohidráulicos.

El «sistema» al que se hace referencia en el presente anexo es aquel para el que se solicita la homologación de tipo.

2.3. «Sistemas electrónicos complejos de control del vehículo»: sistemas electrónicos de control que están sujetos a una jerarquía de control en la que una función controlada puede ser anulada por un sistema o función electrónicos de control de un nivel superior.

Cuando una función es anulada, pasa a formar parte del sistema complejo.

2.4. Sistemas/funciones «de control de un nivel superior»: son aquellos que emplean dispositivos adicionales de procesamiento y/o detección para modificar el comportamiento del vehículo ordenando variaciones de la función o las funciones normales del sistema de control del vehículo.

Esto permite que los sistemas complejos cambien automáticamente sus objetivos en función de una escala de prioridades que depende de las circunstancias detectadas.

2.5. «Unidades»: son las divisiones más pequeñas de los componentes del sistema que se considerarán en el presente anexo, ya que estas combinaciones de componentes se tratarán como entidades únicas con fines de identificación, análisis o sustitución.

2.6. «Enlaces de transmisión»: son los medios utilizados para interconectar las unidades distribuidas, con el fin de transmitir señales, datos relativos al funcionamiento o un suministro de energía.

Este equipo es, por lo general, eléctrico, pero puede ser en parte mecánico, neumático, hidráulico u óptico.

2.7. «Ámbito de control»: se trata de una variable de salida y define el ámbito en el cual el sistema puede ejercer control.

2.8. «Límites de funcionamiento efectivo»: los límites físicos externos dentro de los cuales el sistema puede mantener el control.

3. DOCUMENTACIÓN

3.1. Requisitos

El fabricante deberá presentar documentación que permita acceder al diseño básico del «sistema» y a los medios por los que dicho sistema se vincula a otros sistemas del vehículo o aquellos por los que controla directamente las variables de salida.

Se explicarán la función o funciones del «sistema», así como el concepto de seguridad, según lo establecido por el fabricante.

La documentación será breve, pero aportará pruebas de que el diseño y el desarrollo han aprovechado los conocimientos especializados obtenidos en los ámbitos relativos a todos los sistemas pertinentes.

De cara a las inspecciones técnicas periódicas, la documentación describirá cómo se puede verificar el estado de funcionamiento actual del «sistema».

3.1.1. Dicha documentación se entregará en dos partes:

a) la documentación oficial para la homologación, que incluirá el material enumerado en el punto 3 (a excepción del mencionado en el punto 3.4.4) y se facilitará al servicio técnico cuando se presente la solicitud de homologación de tipo; esta documentación se considerará la referencia básica para el proceso de verificación establecido en el punto 4 del presente anexo;

b) el material adicional y los datos de análisis del punto 3.4.4, que conservará el fabricante pero que se presentarán para su inspección en el momento de la homologación de tipo.

3.2. Descripción de las funciones del «sistema»

Se facilitará una descripción que ofrezca una explicación simple de todas las funciones de control del «sistema» y de los métodos empleados para alcanzar los objetivos, incluida una indicación del mecanismo o mecanismos mediante los cuales se ejerce el control.

3.2.1. Se proporcionará una lista de todas las variables de entrada y detectadas, y se indicará su ámbito de funcionamiento.

3.2.2. Se facilitará una lista de todas las variables de salida que estén controladas por el «sistema» y se indicará, en cada caso, si dicho control es directo o si se ejerce a través de otro sistema del vehículo. Se definirá el ámbito de control (punto 2.7 anterior) ejercido sobre cada una de estas variables.

3.2.3. Cuando sea pertinente desde el punto de vista del rendimiento del sistema, se indicarán los límites de funcionamiento efectivo del sistema (punto 2.8 anterior).

3.3. Configuración y esquema del sistema

3.3.1. Inventario de componentes

Se facilitará una lista que incluya todas las unidades del «sistema» y se indicará qué otros sistemas del vehículo son necesarios para lograr la función de control de que se trate.

Se proporcionará un esquema que muestre la combinación de estas unidades y que establezca claramente la distribución de los mecanismos y las interconexiones.

3.3.2. Funciones de las unidades

Se indicará la función de cada unidad del «sistema» y se mostrarán las señales que las vinculen a otras unidades u otros sistemas del vehículo. Esta información podrá suministrarse mediante un diagrama de bloques con etiquetas u otro tipo de esquema, o mediante una descripción acompañada de un diagrama de este tipo.

3.3.3. Interconexiones

Las interconexiones presentes en el «sistema» se mostrarán mediante un diagrama de los circuitos para los enlaces de transmisión eléctricos, mediante un diagrama de la fibra óptica en el caso de los enlaces ópticos, mediante un diagrama de los conductos para el mecanismo de transmisión neumático o hidráulico, y mediante un diagrama simplificado para los enlaces mecánicos que muestre la ubicación de los mismos.

3.3.4. Flujo de señales y prioridades

Existirá una correspondencia clara entre estos enlaces de transmisión y las señales transmitidas entre las unidades.

Se declararán las prioridades de las señales en los canales de datos multiplexados, siempre que la prioridad pueda afectar al rendimiento o la seguridad por lo que respecta al presente Reglamento.

3.3.5. Identificación de las unidades

Se identificará cada unidad de manera clara e inequívoca (por ejemplo, mediante el marcado del hardware y el marcado o una salida de software para el software) para poder asociar el hardware a la documentación correspondiente.

Cuando varias funciones se combinen en una única unidad, o incluso en un único ordenador, pero se muestren en múltiples bloques en el diagrama de bloques para mayor claridad y para facilitar su descripción, solo se utilizará una marca única de identificación del hardware.

Al utilizar esta identificación, el fabricante afirma que el equipo suministrado es conforme con el documento correspondiente.

3.3.5.1. La identificación define la versión de hardware y software y, en el caso de que esta última cambie, alterando así la función de la unidad por lo que respecta al presente Reglamento, deberá cambiarse también dicha identificación.

3.4. Concepto de seguridad del fabricante

3.4.1. El fabricante presentará una declaración en la que afirme que la estrategia elegida para lograr los objetivos del «sistema» no perjudicará, en ausencia de fallos, el funcionamiento seguro de los sistemas sujetos a lo prescrito en el presente Reglamento.

3.4.2. En cuanto al software empleado en el «sistema», se ofrecerá una breve explicación de su arquitectura y se indicarán los métodos y herramientas de diseño empleados. El fabricante estará preparado para mostrar, si así se requiere, pruebas de los medios utilizados para determinar la realización de la lógica del sistema durante el proceso de diseño y de desarrollo.

3.4.3. El fabricante proporcionará a las autoridades técnicas una explicación de las especificaciones de diseño incorporadas al «sistema» para velar por su funcionamiento seguro en condiciones de fallo. Las especificaciones de diseño en caso de fallo del «sistema» pueden ser, por ejemplo:

a) mantener el funcionamiento mediante la utilización de un sistema parcial;

b) recurrir a un sistema de reserva aparte;

c) suprimir la función de alto nivel.

En caso de fallo, se advertirá al conductor mediante una señal de aviso o la aparición de un mensaje. Cuando el conductor no desactive el sistema, por ejemplo girando la llave de contacto (arranque) para apagar el motor o desactivando esa función particular en el caso de que exista un interruptor especial para ello, la señal de aviso se mantendrá mientras la condición de fallo persista.

3.4.3.1. Si la especificación elegida selecciona un modo de funcionamiento de rendimiento parcial en determinadas condiciones de fallo, se especificarán dichas condiciones y se definirán los límites de eficacia resultantes.

3.4.3.2. Si la especificación elegida selecciona un medio secundario (de reserva) para lograr el objetivo del sistema de control del vehículo, se explicarán los principios del mecanismo que permite cambiar a dicho medio, la lógica y el nivel de redundancia, y todas las características incorporadas de verificación de reserva, y se definirán los límites de la eficacia de reserva resultantes.

3.4.3.3. Si la especificación elegida selecciona la supresión de la función de nivel superior, se inhibirán todas las señales de control de salida asociadas a dicha función, de tal manera que se limiten las perturbaciones transitorias.

3.4.4. La documentación irá acompañada de un análisis que muestre, en términos generales, cómo se comportará el sistema en caso de que se produzca cualquiera de los fallos especificados que repercuten en la eficacia o la seguridad del control del vehículo.

Podrá tratarse de un análisis de los modos de fallo y sus efectos, un análisis en forma de árbol de fallos o cualquier otro procedimiento similar que resulte adecuado para las consideraciones relativas a la seguridad del sistema.

El fabricante establecerá y mantendrá el enfoque o los enfoques analíticos elegidos y los pondrá a disposición del servicio técnico para su inspección en el momento de la homologación de tipo.

3.4.4.1. Esta documentación enumerará los parámetros objeto de seguimiento e indicará, para cada condición de fallo del tipo definido en el punto 3.4.4 del presente anexo, la señal de aviso que deberá recibir el conductor o el personal encargado de la inspección técnica o de servicio.

4. VERIFICACIÓN Y ENSAYO

4.1. El funcionamiento del «sistema», establecido en los documentos exigidos conforme al punto 3, se someterá a ensayo como se expone a continuación.

4.1.1. Verificación del funcionamiento del «sistema»

Para establecer los niveles de funcionamiento normal, se verificará el rendimiento del sistema del vehículo en condiciones de ausencia de fallos comparándolo con las especificaciones básicas de referencia del fabricante, a menos que dicho sistema esté sujeto a un ensayo de rendimiento especificado en el marco del procedimiento de homologación con arreglo al presente Reglamento o a otro.

4.1.2. Verificación del concepto de seguridad del punto 3.4 del presente anexo.

A discreción del organismo de homologación de tipo, se comprobará cómo reacciona el «sistema» ante la presencia de un fallo en cualquiera de las unidades aplicando las señales de salida correspondientes a unidades eléctricas o elementos mecánicos con el fin de simular los efectos de fallos ocurridos en el interior de la unidad.

Los resultados de la verificación se corresponderán con el resumen documentado del análisis de fallos, hasta un nivel de efectos generales tal que permita confirmar que el concepto de seguridad y la ejecución son adecuados.

ANEXO 9

SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO DE LA ESTABILIDAD Y DE ASISTENCIA EN EL FRENADO

PARTE A. REQUISITOS RELATIVOS A LOS SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO DE LA ESTABILIDAD, EN SU CASO

1. REQUISITOS GENERALES

Los vehículos equipados con un sistema ESC cumplirán los requisitos funcionales y de eficacia establecidos respectivamente en los puntos 2 y 3 y en las condiciones de ensayo del punto 4 y durante los procedimientos de ensayo del punto 5 de esta parte del presente anexo.

2. REQUISITOS FUNCIONALES

Cada vehículo al que se aplique el presente anexo estará equipado con un sistema de control electrónico de la estabilidad que:

2.1. Sea capaz de aplicar pares de frenado por separado a cada una de las cuatro ruedas ([1]) y disponga de un algoritmo de control que utilice esta capacidad.

2.2. Funcione en toda la gama de velocidades del vehículo, durante todas las fases de la conducción, incluida la aceleración, la marcha con los gases cortados, y la deceleración (incluido el frenado), excepto:

2.2.1. cuando el conductor haya desactivado el ESC;

2.2.2. cuando la velocidad del vehículo sea inferior a 20 km/h;

2.2.3. mientras se realizan las comprobaciones de autodiagnóstico y de plausibilidad, cuya duración no superará los 2 minutos en las condiciones del punto 5.10.2;

2.2.4. cuando el vehículo se conduzca marcha atrás.

2.3. Siga siendo capaz de activarse incluso cuando el sistema antibloqueo del frenado o el control de la tracción también estén activados.

3. REQUISITOS DE EFICACIA

Durante cada ensayo realizado en las condiciones del punto 4 y con el procedimiento del punto 5.9, el vehículo con el sistema ESC activado cumplirá los criterios de estabilidad direccional de los puntos 3.1 y 3.2 y el criterio de capacidad de respuesta del punto 3.3 durante cada uno de dichos ensayos efectuados con un ángulo en el volante programado ([2]) de 5A como mínimo, pero limitado con arreglo al punto 5.9.4, donde A es el ángulo en el volante calculado en el punto 5.6.1.

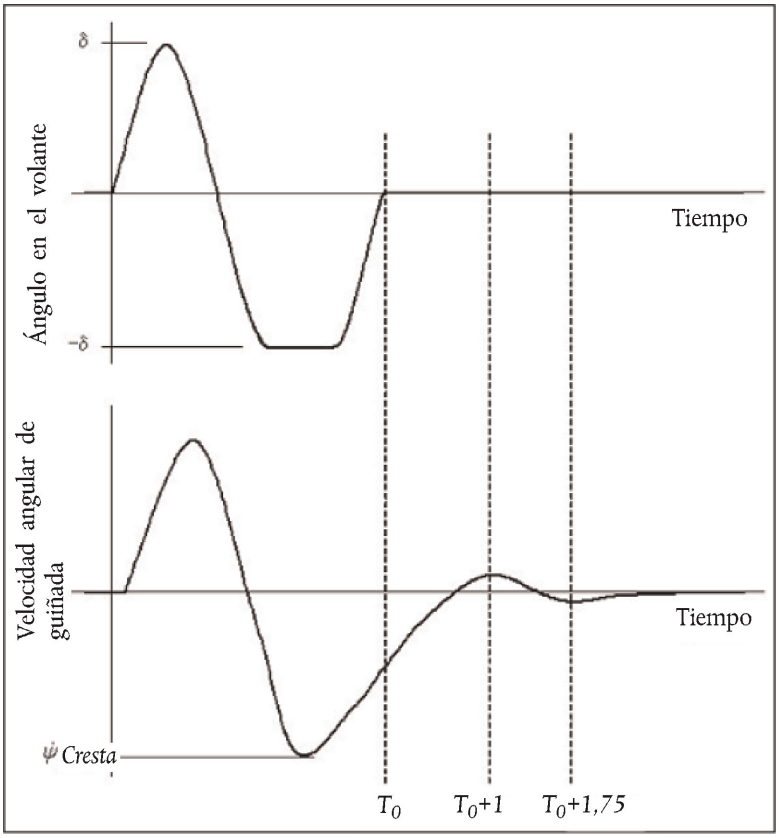
En aquellos casos en que un vehículo haya sido sometido a ensayo físicamente conforme al punto 4, se podrá demostrar la conformidad de versiones o variantes del mismo tipo de vehículo mediante una simulación informática que cumpla las condiciones y el procedimiento de ensayo de los puntos 4 y 5.9 respectivamente. En el apéndice 1 del presente anexo se regula la utilización del simulador.

3.1. La velocidad angular de guiñada medida 1 s después de completada la maniobra del impulso de dirección de seno con pausa (tiempo T_0 + 1 en la figura 1) no superará el 35 % del primer valor de cresta de la velocidad angular de guiñada registrado después de que el ángulo en el volante cambie de signo (entre la primera y la segunda cresta) (ψ_{Cresta} en la figura 1) durante la misma ejecución del ensayo.

([1]) Un grupo de ejes se tratará como si fuera un único eje y las ruedas gemelas de tratarán como si fueran ruedas independientes.
([2]) En el texto del presente anexo se supone que la dirección del vehículo está controlada mediante un volante. Los vehículos que utilicen otros tipos de control de la dirección también podrán homologarse conforme a lo dispuesto en este anexo siempre que el fabricante pueda demostrar al servicio técnico que los requisitos de eficacia del anexo se pueden cumplir mediante señales a la dirección equivalentes a las establecidas en el punto 5 de esta parte.

Figura 1:

Información de la posición del volante y de la velocidad de guiñada para evaluar la estabilidad transversal



3.2. La velocidad angular de guiñada medida 1,75 s después de completada la maniobra del impulso de dirección de seno con pausa no superará el 20 % del primer valor de cresta de la velocidad angular de guiñada registrado después de que el ángulo en el volante cambie de signo (entre la primera y la segunda cresta) durante la misma ejecución del ensayo.

3.3. El desplazamiento transversal del centro de gravedad del vehículo con respecto a su trayectoria recta inicial, calculado 1,07 s tras el inicio del giro (BOS), será de 1,83 m como mínimo para los vehículos con una masa bruta (GVM) máxima de 3 500 kg, y de 1,52 m para los vehículos con una masa máxima superior a 3 500 kg. El inicio del giro (BOS) se define en el punto 5.11.6.

3.3.1. El desplazamiento transversal se calculará mediante doble integración con respecto al tiempo de la medición de la aceleración transversal en el centro de gravedad del vehículo, según se expresa en la fórmula siguiente:

$$\text{Desplazamiento transversal} = \int \int ay_{C.G.} dt$$

Podrá permitirse otro método de medición para los ensayos de homologación de tipo, siempre que se demuestre que tiene una precisión equivalente al método de doble integración.

3.3.2. El tiempo t = 0 para la operación de integración es el instante en que se inicia el giro (BOS). El inicio del giro (BOS) se define en el punto 5.11.6.

3.4. Detección de funcionamiento defectuoso del ESC

El vehículo contará con un indicador que advierta al conductor de cualquier funcionamiento defectuoso que afecte a la generación o transmisión de las señales de control o de respuesta en el sistema de control electrónico de la estabilidad del vehículo.

3.4.1. El indicador de funcionamiento defectuoso del ESC:

3.4.1.1. aparecerá en el campo de visión directo del conductor y estará bien visible cuando el conductor esté en la posición de conducción designada con el cinturón de seguridad abrochado;

3.4.1.2. No obstante lo dispuesto en el punto 3.4.1.3, el indicador de funcionamiento defectuoso del ESC se iluminará cuando se produzca un funcionamiento defectuoso y permanecerá encendido de forma continua en las condiciones del punto 3.4 mientras exista el funcionamiento defectuoso y el interruptor de contacto se encuentre en la posición de «marcha».

3.4.1.3. No obstante lo dispuesto en el punto 3.4.2, cada indicador del funcionamiento defectuoso del ESC se activará para la comprobación del funcionamiento de la lámpara cuando el interruptor de contacto se encuentre en la posición de «marcha» sin que el motor funcione o en una posición intermedia entre «marcha» y «arranque» designada por el fabricante como posición de comprobación.

3.4.1.4. El indicador se apagará al siguiente ciclo de encendido una vez corregido el funcionamiento defectuoso conforme a lo dispuesto en el punto 5.10.4.

3.4.1.5. El indicador también podrá utilizarse para indicar el funcionamiento defectuoso de funciones o sistemas relacionados, incluido el control de la tracción, el asistente de estabilización del remolque (*trailer stability assist*), el control de los frenos en curva (*corner brake control*) y otras funciones similares que utilicen el control de los gases o del par y que compartan componentes con el ESC.

3.4.2. No será necesario que el indicador de funcionamiento defectuoso del ESC se active cuando funcione un dispositivo de bloqueo del arranque (*starter interlock*).

3.4.3. El requisito del punto 3.4.1.3 no se aplica a los indicadores que figuran en un espacio común.

3.4.4. El fabricante podrá utilizar el indicador de funcionamiento defectuoso del ESC en modo de destellos para indicar la intervención del ESC y/o de sistemas relacionados con el ESC (enumerados en el punto 3.4.1.5).

3.5. Desconexión del ESC y otros sistemas de control

El fabricante podrá incluir un mando de desconexión del ESC, que se iluminará cuando se activen los faros del coche, cuya finalidad consiste en poner al sistema del ESC en un modo en que ya no cumpla los requisitos de eficacia de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3. Los fabricantes también podrán proporcionar mandos para otros sistemas que ejerzan un efecto auxiliar en el funcionamiento del ESC. Se permiten los mandos de cualquier tipo que pongan al sistema del ESC en un modo en que ya no cumpla los requisitos de eficacia de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3, siempre que el sistema también cumpla los requisitos de los puntos 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3.

3.5.1. Al iniciar cada nuevo ciclo de encendido, el sistema ESC del vehículo siempre volverá al modo por defecto original del fabricante que cumpla los requisitos de los puntos 2 y 3, independientemente del modo seleccionado previamente por el conductor. No obstante, no será necesario que el sistema del ESC del vehículo vuelva a un modo que cumpla los requisitos de los puntos 3 a 3.3 al inicio de cada nuevo ciclo de encendido si:

3.5.1.1. El vehículo está en una configuración de tracción a las cuatro ruedas que tenga por efecto acoplar los engranajes transmisores de los ejes delantero y trasero y proporcionar una reducción de transmisión suplementaria entre el régimen del motor y la velocidad del vehículo de 1,6 como mínimo, seleccionada por el conductor para la conducción campo a través con relaciones cortas. o bien

3.5.1.2. El vehículo está en una configuración de tracción a las cuatro ruedas seleccionada por el conductor y concebida para funcionar a relaciones más largas sobre calzadas con nieve, arena o fango y que tenga por efecto acoplar los engranajes transmisores de los ejes delantero y trasero, siempre que en este modo el vehículo cumpla los requisitos de estabilidad de los puntos 3.1 y 3.2 en las condiciones de ensayo del punto 4. No obstante, si el sistema dispone de más de un modo ESC que cumple los requisitos de los puntos 3.1 y 3.2 en la configuración de conducción seleccionada para el ciclo de encendido anterior, el ESC volverá al modo por defecto original del fabricante para dicha configuración de conducción al inicio de cada ciclo de encendido.

3.5.2. Los mandos cuya finalidad consista solo en poner el sistema del ESC en un modo en que ya no cumpla los requisitos de eficacia de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3 cumplirán los requisitos técnicos pertinentes del Reglamento nº 121.

3.5.3. Los mandos de un sistema del ESC cuya finalidad consista en poner el sistema del ESC en distintos modos, de los cuales uno, como mínimo, pueda dejar de cumplir los requisitos de eficacia de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3, cumplirán los requisitos técnicos pertinentes del Reglamento nº 121.

Como alternativa, en el caso en que el modo del sistema ESC esté controlado por un mando multifuncional, el dispositivo de visualización del conductor le indicará a este claramente la posición del mando correspondiente a este modo mediante el símbolo de desconexión («off») del sistema de control electrónico de la estabilidad definido en el Reglamento nº 121.

3.5.4. No será necesario identificar mediante el símbolo de desconexión del ESC del punto 3.5.2 los mandos de otros sistemas que ejerzan el efecto secundario de poner al sistema ESC en un modo en el que ya no cumpla los requisitos de eficacia de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3.

3.6. Indicador de desconexión del ESC

Si el fabricante decide instalar un mando para desactivar o reducir la eficacia del sistema ESC conforme al punto 3.5, se cumplirá lo dispuesto en los puntos 3.6.1 a 3.6.4 a fin de advertir al conductor de la desactivación o reducción de la eficacia de dicho sistema. Este requisito no se aplicará en el caso del modo seleccionado por el conductor mencionado en el punto 3.5.1.2.

3.6.1. El fabricante del vehículo proporcionará un indicador de que se ha puesto el vehículo en un modo que lo incapacita para cumplir los requisitos de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3, en caso de existir dicho modo.

3.6.2. El indicador de desconexión del ESC:

3.6.2.1. cumplirá los requisitos técnicos pertinentes del Reglamento nº 121.

3.6.2.2. permanecerá iluminado continuamente mientras el ESC se halle en un modo que le impida cumplir los requisitos de los puntos 3, 3.1, 3.2 y 3.3;

3.6.2.3. no obstante lo dispuesto en los puntos 3.6.3 y 3.6.4, cada indicador del desconexión del ESC se activará para la comprobación del funcionamiento de la lámpara cuando el interruptor de contacto se encuentre en la posición de «marcha» sin que el motor funcione o en una posición intermedia entre «marcha» y «arranque» designada por el fabricante como posición de comprobación;

3.6.2.4. se apagará una vez que el sistema del ESC haya vuelto al modo por defecto original del fabricante.

3.6.3. No será necesario que el indicador de desconexión del ESC se active cuando funcione un dispositivo de bloqueo del arranque (*starter interlock*).

3.6.4. El requisito del punto 3.6.2.3 de esta parte no se aplica a los indicadores que figuran en un espacio común.

3.6.5. El fabricante podrá utilizar el indicador de desconexión del ESC para indicar un nivel de función distinto del modo por defecto original del fabricante, incluso en aquellos casos en que el vehículo cumpliría los requisitos de los puntos 3, 3.1, 3.2. y 3.3 de esta parte a dicho nivel de función del ESC.

3.7. Documentación técnica del sistema ESC

Además de los requisitos previstos en el anexo 8 del presente Reglamento, la documentación incluirá la documentación del fabricante del vehículo especificada en los puntos 3.7.1 a 3.7.4 siguientes, como confirmación de que el vehículo está equipado con un sistema ESC que responde a la definición de «sistema ESC» del punto 2.25 del presente Reglamento.

3.7.1. Diagrama en el que se identifique el hardware del sistema ESC. El diagrama identificará los componentes que se utilicen para generar pares de frenado en cada rueda, determinar la velocidad angular de guiñada del vehículo, la deriva o la derivada de esta y las señales dadas a la dirección por el conductor.

3.7.2. Explicación breve que baste para describir las principales características básicas de funcionamiento del sistema ESC. Esta explicación incluirá la descripción sucinta de la capacidad del sistema de aplicar pares de frenado a cada rueda y cómo el sistema modifica el par de propulsión durante la activación del sistema ESC, y mostrará que la velocidad angular de guiñada se determina directamente, incluso en las condiciones en las que no se dispone de información sobre la velocidad de las ruedas. La explicación también especificará la gama de velocidades del vehículo y las fases de la conducción (aceleración, deceleración, marcha con los gases cortados, durante la activación del ABS o el control de la tracción) en las que el sistema ESC puede activarse.

3.7.3. Diagrama lógico. Dicho diagrama apoya la explicación proporcionada con arreglo al punto 3.7.2.

3.7.4. Información sobre el subvirado. Consiste en una descripción sucinta de los datos de entrada pertinentes suministrados al ordenador que controla el hardware del sistema ESC y cómo se utilizan para limitar el subvirado del vehículo.

4. CONDICIONES DEL ENSAYO

4.1. Condiciones ambientales

4.1.1. La temperatura ambiente se situará entre 0 °C y 45 °C.

4.1.2. La velocidad máxima del viento no superará los 10 m/s, en el caso de los vehículos con un SSF > 1,25, ni los 5 m/s en el caso de los vehículos con un SSF ≤ 1,25.

4.2. Superficie de carretera de ensayo

4.2.1. Los ensayos se realizarán en una superficie seca, uniforme y sólidamente pavimentada. No serán adecuadas las superficies con irregularidades y ondulaciones, como declives y grandes grietas.

4.2.2. La superficie de carretera de ensayo [1] tendrá un coeficiente de frenado máximo (PBC) nominal del 0,9, salvo que se especifique lo contrario, que se medirá de una de las siguientes formas:

4.2.2.1. el neumático de ensayo de referencia normalizado E1136 de la American Society for Testing and Materials (ASTM) conforme al método E1337-90 de la ASTM, a una velocidad de 40 mph; o bien

4.2.2.2. el método de ensayo de «k» especificado en el apéndice 2 del anexo 6 del presente Reglamento.

4.2.3. La superficie de ensayo tendrá una pendiente constante no superior al 1 %.

4.3. Condiciones del vehículo

4.3.1. El sistema del ESC estará activado para todos los ensayos.

[1] Se entiende por valor «nominal» el valor diana teórico.

4.3.2. Masa del vehículo. El vehículo se cargará con el depósito de combustible lleno hasta un 90 % de su capacidad, como mínimo, una carga total interior de 168 kg incluido el conductor, 59 kg aproximadamente de equipos de ensayo (máquina de giro automatizado y su fuente de alimentación, sistema de adquisición de datos) y con el lastre necesario para compensar la insuficiencia de peso del conductor o de los equipos de ensayo. En aquellos casos en que sea necesario, el lastre se colocará en el suelo del vehículo, detrás del asiento delantero del pasajero o, en caso de necesidad, en el espacio para los pies del pasajero delantero. Se asegurará todo el lastre de forma que no pueda desplazarse durante el ensayo.

4.3.3. Neumáticos. Los neumáticos se inflarán a la presión o presiones de inflado en frío recomendadas por el fabricante, por ejemplo las especificadas en la placa o en la etiqueta de presión de inflado de los neumáticos del vehículo. Podrán instalarse cámaras de aire para evitar que se salgan los talones.

4.3.4. Patas antivuelco (*outriggers*). Para los ensayos podrán utilizarse patas antivuelco en caso de que se considere necesario para la seguridad del conductor. En tal caso, se aplicará lo siguiente en el caso de los vehículos con un SSF ≤ 1,25:

4.3.4.1. Los vehículos con una masa en orden de marcha inferior a 1 588 kg estarán equipados con patas antivuelco «ligeras». Estas estarán diseñadas con una masa máxima de 27 kg y un momento máximo de inercia en balanceo de 27 kg m^2.

4.3.4.2. Los vehículos con una masa en orden de marcha situada entre 1 588 kg y 2 722 kg estarán equipados con patas antivuelco «normales». Estas estarán diseñadas con una masa máxima de 32 kg y un momento máximo de inercia en balanceo de 35,9 kg m^2.

4.3.4.3. Los vehículos con una masa en orden de marcha igual o superior a 2 722 kg estarán equipados con patas antivuelco «pesadas». Estas estarán diseñadas con una masa máxima de 39 kg y un momento máximo de inercia en balanceo de 40,7 kg m^2.

4.3.5. Máquina de giro automatizado. En los puntos 5.5.2, 5.5.3, 5.6 y 5.9 se utilizará un robot de girado para ejecutar el patrón de giros requerido. La máquina será capaz de proporcionar pares de giro situados entre 40 y 60 Nm. También será capaz de aplicar estos pares funcionando con velocidades del volante de hasta 1 200 grados por segundo.

5. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

5.1. Los neumáticos del vehículo se inflarán a la presión o presiones de inflado en frío recomendadas por el fabricante, por ejemplo las especificadas en la placa o en la etiqueta de presión de inflado de los neumáticos del vehículo.

5.2. Comprobación de la lámpara del indicador. Con el vehículo parado y el interruptor de contacto en la posición «Lock» (bloqueado) u «Off» (apagado), póngase este en posición «On» (marcha) o, en su caso, la posición pertinente para la comprobación de la lámpara. El indicador de funcionamiento defectuoso del ESC se iluminará para comprobar el funcionamiento de la lámpara, conforme al punto 3.4.1.3; si el vehículo cuenta con un indicador de desconexión del ESC, también se iluminará para comprobar su funcionamiento conforme al punto 3.6.2.3. La comprobación de la lámpara de los indicadores no será necesaria en el caso de que el indicador figure en un espacio común, conforme a los puntos 3.4.3 y 3.6.4.

5.3. Comprobación del mando de desconexión del ESC. En el caso de vehículos equipados con un mando de desconexión del ESC, con el vehículo parado y el interruptor de contacto en la posición «Lock» (bloqueado) u «Off» (apagado), póngase este último en posición «On» (marcha). Actívese el mando de desconexión del ESC y compruébese que el testigo de desconexión de este esté encendido con arreglo al punto 3.6.2. Póngase el interruptor de contacto en la posición «Lock» (bloqueado) u «Off» (apagado). Póngase de nuevo el interruptor de contacto en la posición «On» (marcha) y compruébese que el indicador de desconexión del ESC se haya apagado, lo que indica que se ha vuelto a conectar el sistema ESC con arreglo al punto 3.5.1.

5.4. Acondicionamiento de los frenos

Acondiciónense los frenos del vehículo conforme a los puntos 5.4.1 a 5.4.4.

5.4.1. Se realizarán 10 paradas a partir de una velocidad de 56 km/h, con una deceleración media de aproximadamente 0,5 g.

5.4.2. Inmediatamente después de esta serie de paradas, se efectuarán tres paradas más a partir de 72 km/h con una deceleración mayor.

5.4.3. Al ejecutar las paradas del punto 5.4.2, se aplicará sobre el pedal del freno una fuerza suficiente para hacer funcionar el sistema antibloqueo del frenado (ABS) del vehículo durante la mayor parte de cada maniobra de frenado.

5.4.4. Tras la última parada del punto 5.4.2, se conducirá el vehículo a 72 km/h durante 5 minutos para enfriar los frenos.

5.5. Acondicionamiento de los neumáticos

Acondiciónense los neumáticos mediante el procedimiento de los puntos 5.5.1 a 5.5.3 para eliminar el agente de desmoldeo y alcanzar la temperatura de funcionamiento inmediatamente antes del inicio de las ejecuciones de los ensayos de los puntos 5.6 y 5.9.

5.5.1. El vehículo de ensayo se conducirá siguiendo un círculo de 30 m de diámetro a una velocidad que produzca una aceleración transversal de aproximadamente 0,5 a 0,6 g durante tres vueltas en el sentido de las agujas del reloj, seguidas de otras tres vueltas en sentido contrario.

5.5.2. Aplicando un modelo de giros sinusoidal a una frecuencia de 1 Hz, una amplitud máxima de ángulo en el volante correspondiente a una aceleración transversal máxima de 0,5 a 0,6 g y una velocidad del vehículo de 56 km/h, el vehículo efectuará 4 recorridos realizando 10 ciclos de giros sinusoidales en cada recorrido.

5.5.3. La amplitud de giro del volante correspondiente al ciclo final del último recorrido será el doble que la de los demás ciclos. El máximo tiempo permitido entre cada vuelta o recorrido será de 5 minutos.

5.6. Procedimiento de aumento lento del giro

Se someterá el vehículo a dos series de ejecuciones del ensayo de aumento lento del giro a una velocidad constante del vehículo de 80 ± 2 km/h y a un modelo de giro que aumente 13,5 grados por segundo hasta obtener una aceleración transversal de aproximadamente 0,5 g. Cada serie del ensayo se repetirá tres veces. Una serie utilizará giros en el sentido contrario a las agujas del reloj y la otra, en el sentido de las agujas del reloj. El máximo tiempo permitido entre cada ejecución del ensayo será de 5 minutos.

5.6.1. El valor de «A» se determinará a partir de los ensayos de aumento lento del giro. «A» es el ángulo giro del volante en grados que produce una aceleración transversal estable (corregida con los métodos especificados en el punto 5.11.3) de 0,3 g en el caso del vehículo de ensayo. Mediante una regresión lineal, A se calcula, a la décima de grado más cercana, a partir de cada uno de los seis ensayos de aumento lento del giro. Se promedia el valor absoluto de los seis valores de A calculados y se redondea a la décima de grado más cercana a fin de obtener el valor final de A, que se utiliza más adelante.

5.7. Una vez determinado el valor de A, sin sustituir los neumáticos, se acondicionarán de nuevo los neumáticos, conforme al procedimiento del punto 5.5, inmediatamente antes de efectuar el ensayo de seno con pausa del punto 5.9. La primera serie del ensayo de seno con pausa se iniciará, como máximo, dos horas después de finalizados los ensayos de aumento lento del giro del punto 5.6.

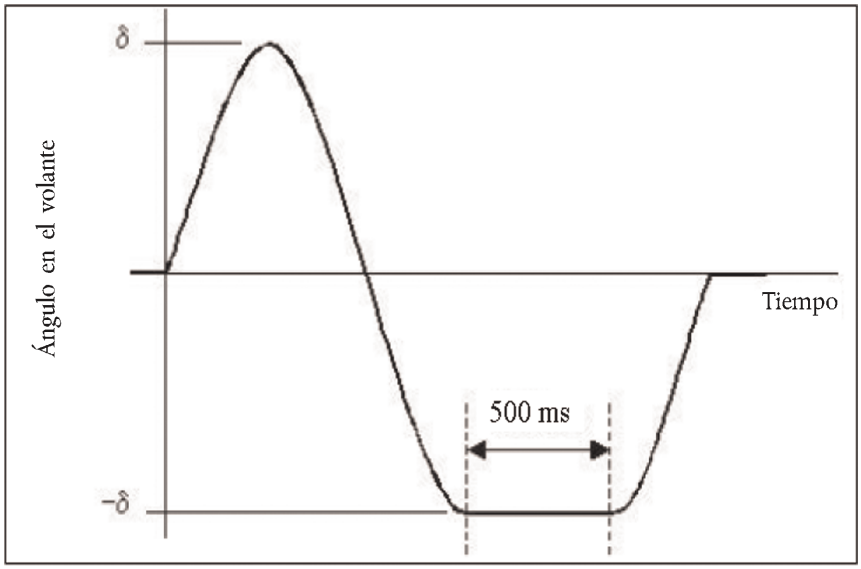
5.8. Compruébese que el sistema ESC está conectado cerciorándose de que los testigos de funcionamiento defectuoso o de desconexión del ESC (en su caso) no están iluminados.

5.9. Ensayo de seno con pausa de la intervención por sobrevirado y capacidad de respuesta

Se someterá el vehículo a dos series de ejecuciones del ensayo utilizando un modelo de giro de una onda senoidal a una frecuencia de 0,7 Hz con un retardo de 500 ms que se inicia en la segunda cresta de amplitud, según se muestra en la figura 2 (ensayos de seno con pausa). Durante la primera mitad del ciclo, una serie utilizará giros en el sentido contrario a las agujas del reloj y la otra, en el sentido de las agujas del reloj. Se permitirá que el vehículo se enfríe entre cada ejecución del ensayo durante un período de 1,5 a 5 minutos, con el vehículo parado.

Figura 2:

Seno con pausa



5.9.1. El movimiento de giro se iniciará con el vehículo con los gases cortados a una marcha alta a 80 ± 2 km/h.

5.9.2. La amplitud de giro de la primera ejecución de cada serie será de 1,5 A, siendo «A» el ángulo en el volante determinado en el punto 5.6.1.

5.9.3. En cada serie de ejecuciones del ensayo, la amplitud de giro aumentará 0,5 A de una ejecución a otra, a condición de que en ninguna ejecución se alcance una amplitud de giro superior a la prevista para la ejecución final en el punto 5.9.4.

5.9.4. La amplitud de giro de la ejecución final de cada serie será el mayor de los dos valores siguientes, a saber, 6,5 A o 270 grados, a condición de el valor calculado de 6,5 A sea inferior o igual a 300 grados. Si un aumento de 0,5 A, hasta 6,5A, fuera mayor que 300 grados, la amplitud de giro de la ejecución final será de 300 grados.

5.9.5. Una vez finalizadas las dos series de ejecuciones del ensayo, los datos sobre la velocidad angular de guiñada y la aceleración transversal se tratarán conforme a lo dispuesto en el punto 5.11.

5.10. Detección de funcionamiento defectuoso del ESC

5.10.1. Simúlense uno o varios casos de funcionamiento defectuoso desconectando la fuente de alimentación de cualquier componente del ESC o cualquier conexión eléctrica entre los componentes del ESC (con la alimentación del vehículo cortada). Al simular un caso de funcionamiento defectuoso del ESC, no se desconectarán las conexiones eléctricas de los indicadores y/o los mandos opcionales del sistema ESC.

5.10.2. Con el vehículo inicialmente parado y el interruptor de contacto en la posición «Lock» (bloqueado) u «Off» (apagado), poner este último en posición «Start» (arranque) y poner en marcha el motor. Conducir el vehículo hacia delante hasta alcanzar una velocidad de 48 ± 8 km/h. 30 s, como máximo, tras haber arrancado el motor y en los dos minutos siguientes a dicha velocidad, realícese al menos un giro ligero a la derecha y otro giro ligero a la izquierda, sin perder la estabilidad direccional, y una frenada. Compruébese que el indicador de funcionamiento defectuoso del ESP se ilumina conforme a lo dispuesto en el punto 3.4 al término de estas maniobras.

5.10.3. Párese el vehículo y póngase el interruptor de contacto en la posición «Lock» (bloqueado) u «Off» (apagado). Cinco minutos después, póngase el interruptor de contacto del vehículo en la posición «Start» (arranque) y póngase en marcha el motor. Compruébese que el indicador de funcionamiento defectuoso del ESP vuelve a iluminarse para señalar el funcionamiento defectuoso y que permanece iluminado mientras gire el motor o se corrija el funcionamiento defectuoso.

5.10.4. Póngase el interruptor de contacto en la posición «Lock» (bloqueado) u «Off» (apagado). Restablézcase el funcionamiento normal del sistema ESC, póngase el interruptor de contacto en la posición «Start» (arranque) y póngase en marcha el motor. Ejecútese de nuevo la maniobra descrita en el punto 5.10.2 y compruébese que el indicador se haya apagado durante ese período de tiempo o inmediatamente después.

5.11. Tratamiento ulterior de los datos: cálculos de los resultados

Las mediciones y los cálculos de la velocidad angular de guiñada y del desplazamiento transversal se tratarán mediante las técnicas especificadas en los puntos 5.11.1 a 5.11.8.

5.11.1. Los datos brutos sobre el ángulo en el volante se filtrarán con un filtro Butterworth sin fases («phaseless») de 12 polos y una frecuencia de corte de 10 Hz. A continuación, se ponen a cero los datos filtrados para eliminar la desviación («offset») de los detectores mediante datos estáticos registrados antes del ensayo.

5.11.2. Los datos brutos sobre la velocidad angular de guiñada se filtrarán con un filtro Butterworth sin fases («phaseless») de 12 polos y una frecuencia de corte de 6 Hz. A continuación, se ponen a cero los datos filtrados para eliminar la desviación («offset») de los detectores mediante datos estáticos registrados antes del ensayo.

5.11.3. Los datos brutos sobre la aceleración transversal se filtrarán con un filtro Butterworth sin fases («phaseless») de 12 polos y una frecuencia de corte de 6 Hz. A continuación, se ponen a cero los datos filtrados para eliminar la desviación («offset») de los detectores mediante datos estáticos registrados antes del ensayo. Los datos sobre la aceleración transversal en el centro de gravedad del vehículo se determinarán eliminando los efectos provocados por el balanceo de la carrocería del vehículo y corrigiendo la colocación de los detectores mediante la transformación de las coordenadas. En el caso de la recogida de datos, el acelerómetro transversal se situará lo más próximo posible de los centros de gravedad longitudinal y transversal del vehículo.

5.11.4. Para determinar la velocidad de giro del volante, se derivarán los datos filtrados sobre el ángulo en el volante. A continuación, los datos sobre la velocidad de giro del volante se filtrarán con un filtro de media móvil de 0,1 s.

5.11.5. Se pondrán a cero los canales de los datos de la aceleración transversal, la velocidad angular de guiñada y del ángulo en el volante mediante una «gama de puesta a cero» definida. En los puntos 5.11.5.1 y 5.11.5.2 se definen los métodos utilizados para determinar la gama de puesta a cero.

5.11.5.1. Se identificará el primer instante en el que la velocidad angular del volante supera los 75 grados/s utilizando los datos sobre dicha velocidad calculados mediante los métodos descritos en el punto 5.11.4. A partir de dicho punto, la velocidad angular del volante seguirá siendo superior a 75 grados/s durante al menos 200 ms. Si no se cumple la segunda condición, se identificará el siguiente instante en que la velocidad angular del volante supere los 75 grados/s y se aplicará el control de validez de 200 ms. Este proceso iterativo continuará hasta que finalmente se cumplan ambas condiciones.

5.11.5.2. Se define la «gama de puesta a cero» como el período de tiempo de 1,0 s previo al instante en que la velocidad angular del volante supere los 75 grados/s (es decir, el instante en que la velocidad angular del volante supere los 75 grados/s señala el fin de la «gama de puesta a cero»).

5.11.6. Se entiende por «inicio del giro» (BOS) el primer instante en que los datos filtrados y puestos a cero sobre el ángulo en el volante alcanzan -5 grados (cuando la señal de dirección inicial va en sentido contrario a las agujas del reloj) o + 5 grados (cuando la señal de dirección inicial va en el sentido de las agujas del reloj) después de un tiempo que marque el fin de la «gama de puesta a cero». Se interpolará el valor del tiempo en el BOS.

5.11.7. Se entiende por «fin del giro» (COS) el instante en que el ángulo en el volante vuelve a cero al término de la maniobra de giro de seno con pausa. Se interpolará el valor del tiempo en el instante del giro del volante de cero grados.

5.11.8. Se entiende por «segunda velocidad máxima de guiñada» la primera velocidad máxima de guiñada producida por la inversión del sentido de rotación del volante. Se interpolarán las velocidades de guiñada a 1,0 y 1,75 s después del COS.

5.11.9. Determínese la velocidad transversal integrando los datos de aceleración transversal corregidos, filtrados y puestos a cero. La velocidad transversal cero, en el punto de BOS. Determínese el desplazamiento transversal integrando la velocidad transversal puesta a cero. El desplazamiento transversal cero, en el punto de BOS. El desplazamiento transversal se medirá a 1,07 s después del instante de BOS y se determinará por interpolación.

PARTE B. REQUISITOS ESPECIALES APLICABLES A LOS SISTEMAS DE ASISTENCIA EN EL FRENADO, CUANDO ESTÉN INSTALADOS

1. GENERALIDADES

Los requisitos siguientes se aplicarán a los vehículos equipados con un sistema de asistencia en el frenado (BAS) definido en el punto 2.34 del presente Reglamento y declarado en la Comunicación del anexo 1, punto 22, del presente Reglamento.

Además de los requisitos del presente anexo, los sistemas de asistencia en el frenado también estarán sujetos a cualquier requisito pertinente contenido en el resto del presente Reglamento.

Además de los requisitos del presente anexo, los vehículos dotados de un BAS también estarán equipados con un ABS conforme a lo dispuesto en el anexo 6.

1.1. Características generales de funcionamiento de los BAS de categoría «A».

Si se detecta una fuerza relativamente elevada sobre el pedal como consecuencia de una situación de emergencia, la fuerza adicional sobre el pedal necesaria para hacer que el ABS realice ciclos completos se reducirá en comparación con la fuerza sobre el pedal necesaria si el BAS no se activa.

La conformidad con este requisito quedará demostrada si se cumple lo dispuesto en los puntos 3.1 a 3.3 de esta parte del presente anexo.

1.2. Características generales de funcionamiento de los BAS de categoría «B».

Si se detecta una situación de emergencia a consecuencia, por lo menos, de accionar muy rápidamente el pedal, el BAS incrementará la presión para proporcionar el máximo coeficiente de frenado posible o para provocar que el ABS realice ciclos completos.

La conformidad con este requisito quedará demostrada si se cumple lo dispuesto en los puntos 4.1 a 4.3 de la presente parte.

2. REQUISITOS GENERALES DE ENSAYO

2.1. Variables

Al realizar los ensayos descritos en la parte B del presente anexo, se medirán las variables siguientes:

2.1.1. Fuerza ejercida sobre el pedal del freno, F_p;

2.1.2. Velocidad del vehículo, v_x;

2.1.3. Deceleración del vehículo, a_x;

2.1.4. Temperatura de los frenos, T_d;

2.1.5. Presión de los frenos, P, si procede;

2.1.6. Velocidad del pedal de freno, v_p, medida en el centro del patín del pedal o en un lugar del mecanismo del pedal con un desplazamiento proporcional al desplazamiento desde el centro del patín del pedal, permitiendo un calibrado simple de la medición.

2.2. Equipo de medición

2.2.1. Las variables enumeradas en el punto 2.1 de la presente parte se medirán mediante los captores adecuados. En la Norma ISO 15037-1:2006 se describen la exactitud, los rangos de funcionamiento, las técnicas de filtrado, el tratamiento de datos y otros requisitos.

2.2.2. La exactitud de las mediciones de la fuerza ejercida sobre el pedal y la temperatura de los discos serán las indicadas a continuación:

Sistema de rango variable	Rango de funcionamiento típico de los captores	Errores de registro máximos recomendados
Fuerza ejercida sobre el pedal	0 a 2 000 N	± 10 N
Temperatura de los frenos	0 – 1 000 °C	± 5 °C
Presión de los frenos (*)	0 – 20 MPa (*)	± 100 kPa (*)

(*) Aplicable según se especifica en el punto 3.2.5.

2.2.3. El apéndice 5 del presente anexo contiene información más detallada sobre el tratamiento digital y analógico de los datos relativos a los procedimientos de ensayo del BAS. Se requiere una frecuencia de muestreo para la adquisición de datos de 500 Hz como mínimo.

2.2.4. Podrán permitirse métodos de medición distintos de los mencionados en el punto 2.2.3, siempre que se demuestre que tienen un nivel de precisión al menos equivalente.

2.3. Condiciones del ensayo

2.3.1. Condiciones de ensayo relativas a la carga del vehículo: El vehículo deberá encontrarse descargado. Podrá haber, además del conductor, una segunda persona sentada en el asiento delantero, encargada de tomar nota de los resultados de los ensayos.

2.3.2. Los ensayos de frenado se efectuarán sobre una superficie seca que permita una buena adherencia.

2.4. Método de ensayo

2.4.1. Los ensayos descritos en los puntos 3 y 4 de la presente parte se realizarán a partir de una velocidad de ensayo de 100 ± 2 km/h. Se conducirá el vehículo a la velocidad de ensayo en línea recta.

2.4.2. La temperatura media de los frenos cumplirá las prescripciones del punto 1.4.1.1 del anexo 3.

2.4.3. A efectos de los ensayos, el tiempo de referencia, t_0, se define como el instante en el que la fuerza ejercida sobre el pedal del freno alcance los 20 N.

Nota: En los vehículos provistos de un BAS asistido por una fuente de energía, la fuerza aplicada sobre el pedal depende necesariamente del nivel de energía existente en el dispositivo de almacenamiento de energía. Por tanto, al principio del ensayo se asegurará un nivel de energía suficiente.

3. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE UN BAS DE CATEGORÍA «A»

Los BAS de categoría «A» se ajustarán a los requisitos de ensayo establecidos en los puntos 3.1 y 3.2.

3.1. Ensayo 1: ensayo de referencia para determinar F_{ABS} y a_{ABS}

3.1.1. Los valores de referencia F_{ABS} y a_{ABS} se determinarán de acuerdo con el procedimiento descrito en el apéndice 4 del presente anexo.

3.2. Ensayo 2: activación del BAS

3.2.1. Cuando se haya detectado una situación de frenado de emergencia, los sistemas sensibles a la fuerza ejercida sobre el pedal mostrarán un incremento significativo de la relación entre:

a) la presión en el circuito de frenado y la fuerza ejercida sobre el pedal del freno, en aquellos casos en que lo permitan las disposiciones del punto 3.2.5, o bien

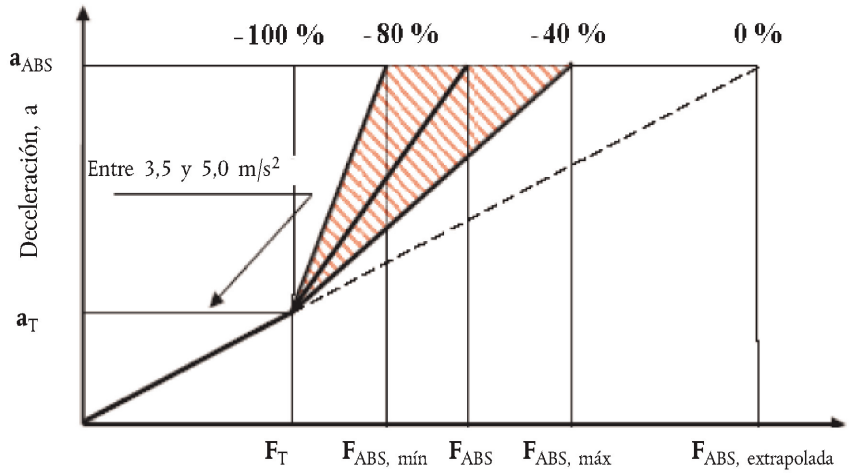
b) la deceleración del vehículo y la fuerza ejercida sobre el pedal del freno.

3.2.2. Los requisitos de eficacia de los BAS de categoría «A» se cumplen si se puede determinar una característica específica de frenado en la que la fuerza ejercida sobre el pedal del freno requerida experimente un descenso de entre el 40 % y el 80 % para (F_{ABS} - F_T) en comparación con ($F_{ABS\ extrapolada}$ - F_T).

3.2.3. F_T y a_T son, respectivamente, la fuerza de umbral y la deceleración de umbral, tal como muestra la figura 1a. Los valores de F_T y a_T se suministrarán al servicio técnico al presentar la solicitud de homologación de tipo. El valor de a_T se situará entre 3,5 m/s^2 y 5,0 m/s^2.

Figura 1a:

Característica de la fuerza ejercida sobre el pedal necesaria para alcanzar una deceleración máxima con un BAS de categoría «A»



3.2.4. Se marcará una línea recta que, desde el origen, pase por el punto F_T, a_T (como muestra la figura 1a). El valor «F» de la fuerza ejercida sobre el pedal del freno, en el punto de intersección entre esta línea y una línea horizontal expresada como $a=a_{ABS}$, se definirá como $F_{ABS,\ extrapolada}$:

$$F_{ABS,\ extrapolada} = \frac{F_T \cdot a_{ABS}}{a_T}$$

3.2.5. Como alternativa, en el caso de los vehículos de categoría N_1 (o de los de categoría M_1 derivados de los anteriores), y una masa bruta de más de 2 500 kg, el fabricante puede optar por calcular los valores F_T, $F_{ABS,mín}$, $F_{ABS,máx}$ y $F_{ABS,extrapolada}$ relativos a la fuerza ejercida sobre el pedal del freno a partir de la característica de la respuesta de la presión en el circuito de frenado, en vez de a partir de la deceleración del vehículo. Las mediciones se efectuarán cuando la fuerza ejercida sobre el pedal del freno esté en aumento.

3.2.5.1. La presión a la que se iniciará la realización de ciclos del ABS se hallará mediante cinco ensayos a partir de 100 ± 2 km/h en los que se accionará el pedal del freno hasta que se active el ABS; las cinco presiones a las que esto ocurra, determinadas a partir de la presión en las ruedas delanteras, se registrarán y el valor medio obtenido se designará como P_{ABS}.

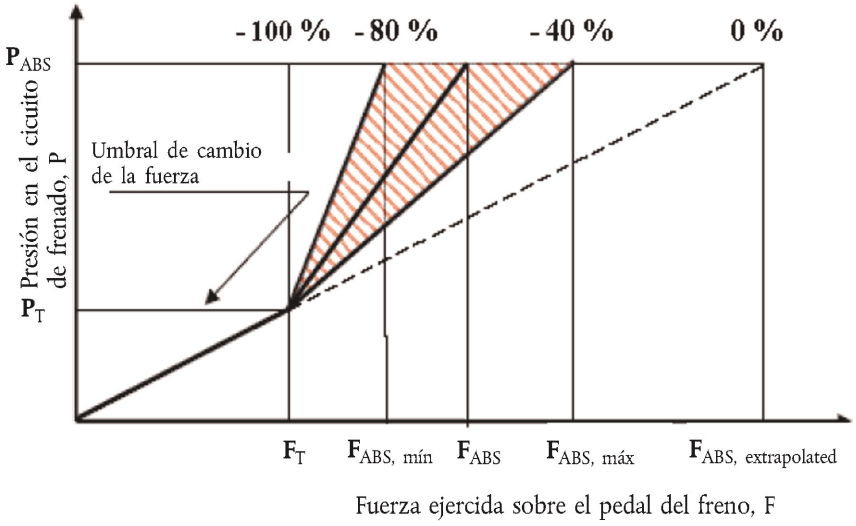
3.2.5.2. La presión de umbral P_T será especificada por el fabricante y corresponderá a una deceleración situada entre 2,5 y 4,5 m/s^2.

3.2.5.3. La figura 1b se determinará de acuerdo con las disposiciones del punto 3.2.4, pero utilizando las mediciones de la presión en el circuito de frenado para definir los parámetros enumerados en el punto 3.2.5 de la presente parte, siendo:

$$F_{ABS,\ extrapolada} = \frac{F_T \cdot P_{ABS}}{P_T}$$

Figura 1b:

Característica de la fuerza ejercida sobre el pedal necesaria para alcanzar una deceleración máxima con un BAS de categoría «A»



3.3. Evaluación de los datos

La presencia de un BAS de categoría «A» queda probada si

$$F_{ABS,mín} \leq F_{ABS} \leq F_{ABS,máx}$$

siendo:

$$F_{ABS,máx} - F_T \leq (F_{ABS,extrapolada} - F_T)\cdot 0{,}6$$

y

$$F_{ABS,mín} - F_T \geq (F_{ABS,extrapolada} - F_T)\cdot 0{,}2$$

4. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE UN BAS DE CATEGORÍA «B»

Los BAS de categoría «B» se ajustarán a los requisitos de ensayo establecidos en los puntos 4.1 y 4.2 de la presente parte.

4.1. Ensayo 1: ensayo de referencia para determinar F_{ABS} y a_{ABS}

4.1.1. Los valores de referencia F_{ABS} y a_{ABS} se determinarán de acuerdo con el procedimiento descrito en el apéndice 4 del presente anexo.

4.2. Ensayo 2: activación del BAS

Se conducirá el vehículo a la velocidad de ensayo en línea recta a la velocidad de ensayo especificada en el punto 2.4 de la presente parte. El conductor accionará rápidamente el pedal del freno de conformidad con la figura 2, simulando una situación de frenado de emergencia a fin de que el BAS se active y el ABS ejecute ciclos completos.

Para activar el BAS se accionará el pedal del freno siguiendo las instrucciones del fabricante del vehículo. Este notificará al servicio técnico los valores de entrada requeridos para el pedal del freno al presentar la solicitud de homologación de tipo. Se demostrará a satisfacción del servicio técnico que el BAS se activa en las condiciones especificadas por el fabricante conforme a lo dispuesto en el punto 22.1.2 del anexo 1.

Después de $t = t_0 + 0{,}8$ s y hasta que la velocidad del vehículo se haya reducido a 15 km/h, se mantendrá la fuerza sobre el pedal del freno en un intervalo situado entre $F_{ABS,\ superior}$ y $F_{ABS,\ inferior}$, siendo $F_{ABS,\ superior} = 0{,}7\ F_{ABS}$ y $F_{ABS,\ inferior} = 0{,}5\ F_{ABS}$.

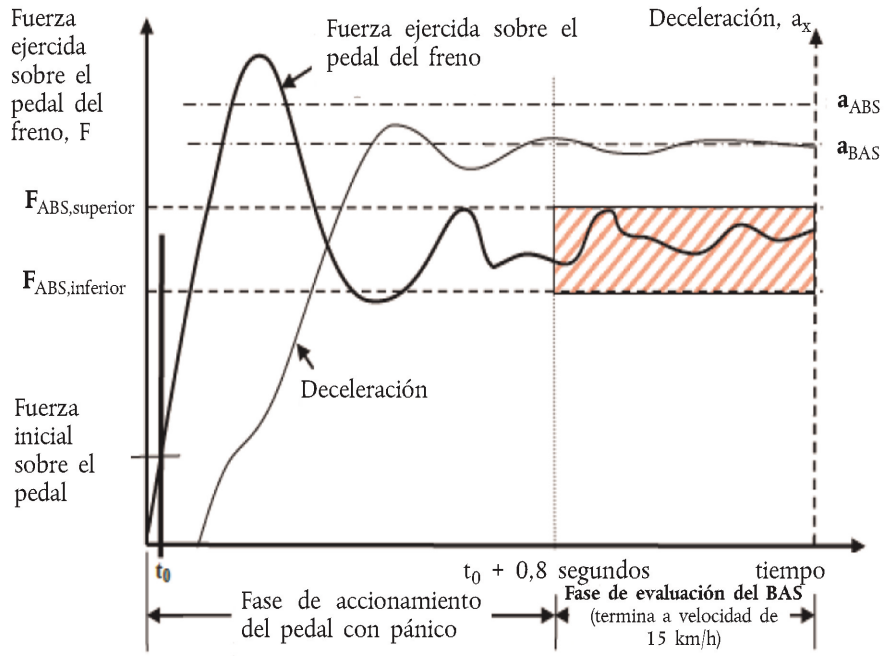
También se considerarán cumplidos los requisitos si, después de $t = t_0 + 0{,}8$ s, la fuerza sobre el pedal se sitúa por debajo de $F_{ABS,\ inferior}$, a condición de que se cumpla el requisito del punto 4.3.

4.3. Evaluación de los datos

La presencia de un BAS de categoría «B» quedará probada si se mantiene una deceleración media (a_{BAS}) de al menos $0{,}85 \cdot a_{ABS}$ desde el instante en que $t = t_0 + 0{,}8$ s hasta el instante en que la velocidad del vehículo se haya reducido a 15 km/h.

Figura 2:

Ejemplo de ensayo 2 de un BAS de categoría «B»



Apéndice 1

Utilización de la simulación de la estabilidad dinámica

La eficacia del ESC podrá determinarse mediante una simulación informática.

1. UTILIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN

1.1. El fabricante del vehículo demostrará a la autoridad de homologación de tipo o al servicio técnico la función de control de la estabilidad del vehículo simulando las maniobras dinámicas del punto 5.9 de la parte A del anexo 9.

1.2. La simulación constituirá un medio que permitirá demostrar el grado de estabilidad del vehículo teniendo en cuenta:

a) la velocidad angular de guiñada 1 s después de completada la maniobra del impulso de dirección de seno con pausa (tiempo T_0 + 1);

b) la velocidad angular de guiñada 1,75 s después de completada la maniobra del impulso de dirección de seno con pausa;

c) el desplazamiento transversal del centro de gravedad del vehículo con respecto a su trayectoria recta inicial.

1.3. La simulación se realizará con una herramienta validada de modelización y simulación y utilizando las maniobras dinámicas del punto 5.9 de la parte A del anexo 9 en las condiciones de ensayo del punto 4 de dicho anexo.

En el apéndice 2 del presente anexo se describe el método de validación de la herramienta de simulación.

Apéndice 2

Herramienta de simulación de la estabilidad dinámica y validación de la misma

1. ESPECIFICACIONES DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

1.1. El método de simulación tendrá en cuenta los principales factores que influyen en la trayectoria y en el balanceo del vehículo. Un modelo tipo podrá incluir los siguientes parámetros del vehículo de forma explícita o implícita:

a) eje/rueda

b) suspensión

c) neumático

d) chasis/carrocería del vehículo

e) cadena de tracción/transmisión, si procede

f) sistema de frenos

g) carga útil.

1.2. La función de control de la estabilidad del vehículo se añadirá al modelo de simulación mediante:

a) un subsistema (modelo software, «software model») de la herramienta de simulación o bien

b) una caja de control electrónico en una configuración de hardware en bucle («hardware-in-the-loop»)

2. VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

2.1. La validez de la herramienta de modelización y simulación se comprobará mediante comparaciones con ensayos prácticos en vehículos. Los ensayos utilizados para la validación consistirán en las maniobras dinámicas contempladas en el punto 5.9 de la parte A del anexo 9.

Durante los ensayos, las siguientes variables del movimiento, según el caso, se registrarán o calcularán conforme a la norma ISO 15037 parte 1:2005: Condiciones generales para vehículos automóviles, o parte 2:2002: Condiciones generales para vehículos pesados y autobuses (según la categoría del vehículo):

a) ángulo en el volante (δH)

b) velocidad longitudinal (vX)

c) ángulo de deriva (β) o velocidad transversal (vY) (facultativo)

d) aceleración longitudinal (aX) (facultativo)

e) aceleración transversal (aY)

f) velocidad de guiñada ($d\psi/dt$)

g) velocidad de balanceo ($d\Phi/dt$)

h) velocidad de cabeceo ($d\vartheta/dt$)

i) ángulo de balanceo (Φ)

j) ángulo de cabeceo (ϑ)

2.2. El objetivo consiste en mostrar que la simulación del comportamiento del vehículo y del funcionamiento de la función de control de la estabilidad del vehículo es comparable con lo que se observa en los ensayos prácticos en vehículos.

2.3. Se considerará validado el simulador cuando sus resultados sean comparables a los de los ensayos prácticos producidos por un determinado tipo de vehículo durante las maniobras dinámicas del punto 5.9 de la parte A del anexo 9. La comparación se realizará mediante la relación de la activación y la secuencia de la función de control de la estabilidad del vehículo en la simulación y en el ensayo práctico en vehículo.

2.4. Los parámetros físicos que difieran entre la configuración del vehículo de referencia y la del vehículo simulado se modificarán en consecuencia en la simulación.

2.5. Se elaborará un informe del ensayo por simulación confirme al modelo del apéndice 3 del presente anexo, y se adjuntará una copia del mismo al acta de homologación del vehículo.

Apéndice 3

Acta de ensayo de la herramienta de simulación de la función de control de la estabilidad del vehículo

Número del acta: .....

1. Identificación

1.1. Nombre y dirección del fabricante de la herramienta de simulación .....

1.2. Identificación de la herramienta de simulación: nombre/modelo/número (*hardware* y *software*) .....

2. Ámbito de aplicación

2.1. Tipo de vehículo: .....

2.2. Configuraciones del vehículo: .....

3. Ensayo de verificación en vehículo

3.1. Descripción del vehículo o vehículos: .....

3.1.1. Identificación del vehículo o vehículos: marca/modelo/VIN .....

3.1.2. Descripción del vehículo, incluidos la suspensión/las ruedas, el motor y los órganos de transmisión, los sistemas de frenado, el sistema de dirección, con nombre/modelo/número de identificación: .....

3.1.3. Datos del vehículo o vehículos utilizados en la simulación (explícitos): .....

3.2. Descripción de los lugares, las condiciones de la superficie de la carretera/superficie de la zona de ensayos, temperatura y fecha o fechas: .....

3.3. Resultados con la función de control de la estabilidad del vehículo encendida y apagada, incluidas las variables del movimiento mencionadas en el anexo 9, apéndice 2, punto 2.1, según proceda: .....

4. Resultados de la simulación

4.1. Parámetros del vehículo o vehículos y valores utilizados en la simulación no tomados del ensayo efectivo del vehículo (implícitos) .....

4.2. Estabilidad ante la guiñada y desplazamiento transversal conforme a los puntos 3.1 a 3.3 de la parte A del anexo 9:

5. Este ensayo ha sido efectuado y sus resultados consignados con arreglo a lo prescrito en el apéndice 2 del anexo 9 del Reglamento nº 13-H, modificado por última vez por el suplemento 7.

Servicio técnico que efectúa el ensayo [1] .....

Firma: ..... Fecha: .....

Autoridad de homologación [1] .....

Firma: ..... Fecha: .....

[1] Debe estar firmado por distintas personas si el servicio técnico y la autoridad de homologación son la misma entidad.

Apéndice 4

Método de determinación de F_{ABS} y a_{ABS}

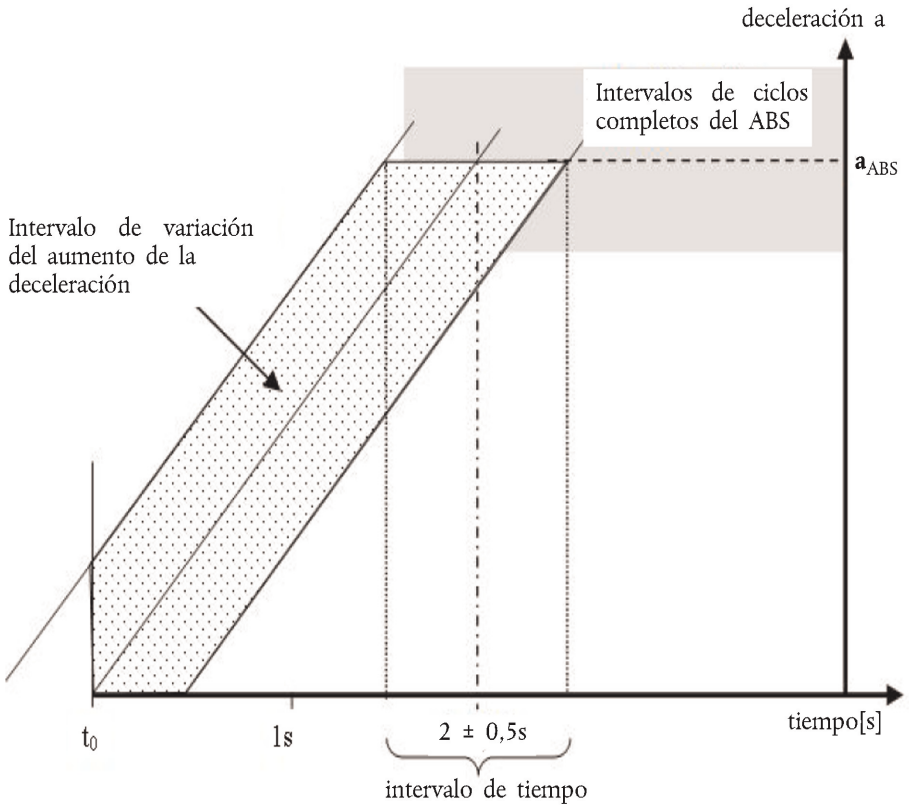
1.1. La fuerza ejercida sobre el pedal F_{ABS} es la fuerza mínima que ha de aplicarse sobre el pedal en un vehículo determinado a fin de alcanzar la máxima deceleración que indica que el ABS realiza ciclos completos. a_{ABS} designa la deceleración de un vehículo determinado durante la deceleración ABS, según se define en el punto 1.7 siguiente.

1.2. El pedal del freno se accionará lentamente (sin activar el BAS en el caso de los sistemas de categoría B) de forma que la deceleración aumente constantemente hasta que el ABS realice ciclos completos (véase la figura 3).

1.3. La deceleración plena se alcanzará en un intervalo de tiempo de 2,0 ± 0,5 s. La curva de deceleración registrada en relación al tiempo se situará en un intervalo de ± 0,5 s en torno de la línea central del intervalo de la curva de deceleración. El ejemplo de la figura 3 se origina en el tiempo t_0 y corta la línea a_{ABS} en 2 s. Una vez que se haya alcanzado la plena deceleración, se accionará el pedal del freno de forma que el ABS siga efectuando ciclos completos. El tiempo de activación plena del ABS se define como el instante en el que se alcanza la fuerza sobre el pedal F_{ABS}. La medición se realizará en el intervalo correspondiente a la variación del incremento de la deceleración (véase la figura 3).

Figura 3:

Intervalo de deceleración para la determinación de F_{ABS} y a_{ABS}



1.4. Se llevarán a cabo cinco ensayos conforme a los requisitos del punto 1.3 anterior. En cada uno de estos ensayos válidos, la deceleración del vehículo se representará gráficamente como una función de la fuerza registrada sobre el pedal del freno. Para realizar los cálculos descritos en los párrafos siguientes, solo se tendrán en cuenta los datos registrados a velocidades superiores a los 15 km/h.

1.5. A fin de determinar a_{ABS} y F_{ABS} se aplicará un filtro de paso bajo de 2 Hz para la deceleración del vehículo y para la fuerza ejercida sobre el pedal.

1.6. La deceleración media se calculará a partir de los valores de las cinco curvas de «deceleración en función de la fuerza sobre el pedal del freno» con incrementos de 1 N en la fuerza aplicada sobre el pedal. La curva así obtenida representará la deceleración media en función de la fuerza aplicada sobre el pedal del freno, designada en el presente apéndice como «curva maF».

1.7. El valor máximo de deceleración del vehículo se determinará a partir de la «curva maF» y se denominará «$a_{máx}$».

1.8. Se promediarán todos los valores de la «curva maF» por encima del 90 % de este valor de deceleración «$a_{máx}$». Este valor de «a» representará la deceleración «a_{ABS}» mencionada en el presente anexo.

1.9. La fuerza mínima aplicada sobre el pedal (F_{ABS}) suficiente para alcanzar la deceleración a_{ABS} se definirá como el valor F correspondiente a a= a_{ABS} en la curva maF.

Apéndice 5

Tratamiento de datos para el BAS

(punto 2.2.3 de la parte B del anexo 9)

1. TRATAMIENTO ANALÓGICO DE LOS DATOS

El ancho de banda de todo el sistema combinado de captores/registrador no será inferior a 30 Hz.

Para poder llevar a cabo el filtrado de señales necesario, se utilizarán filtros de paso bajo de orden superior o igual a 4. El ancho de la banda pasante (de 0 Hz a la frecuencia f_o a − 3 dB) no será inferior a 30 Hz. Los errores de amplitud serán inferiores a un ± 0,5 % en la gama de frecuencias pertinente entre 0 Hz y 30 Hz. Todas las señales analógicas se tratarán con filtros cuyas características de fase sean suficientemente parecidas para garantizar que las diferencias en los retardos debidas al filtrado no excedan los límites de exactitud requeridos para la medición del tiempo.

Nota: durante el filtrado analógico de señales con componentes de frecuencias diferentes se pueden producir desplazamientos de fase. Por lo tanto, es preferible utilizar un método de tratamiento de los datos como el descrito en el punto 2 del presente apéndice.

2. TRATAMIENTO DIGITAL DE LOS DATOS

2.1. Consideraciones generales

Al preparar las señales analógicas debe prestarse atención a la atenuación de la amplitud del filtro y a la frecuencia de muestreo para evitar errores de solape, así como desfases y retardos debidos al filtrado. El muestreo y digitalización suponen definir los parámetros siguientes: la amplificación de las señales previa al muestreo a fin de reducir al mínimo los errores de digitalización; el número de bits por muestra; el número de muestras por ciclo; los amplificadores de muestreo y mantenimiento de señal; y el espaciamiento temporal de las muestras. Entre los parámetros para un filtrado digital complementario sin fases se encuentra la selección de bandas pasantes y bandas recortadas y la atenuación y la ondulación admisible de cada una de ellas; así como la corrección de los retardos debidos al filtrado. Se tendrá en cuenta cada uno de estos factores a fin de lograr una exactitud global relativa de ± 0,5 % en la adquisición de los datos.

2.2. Errores de solape

Con objeto de evitar errores de solape imposibles de corregir, las señales analógicas se filtrarán de forma adecuada antes del muestreo y la digitalización. El orden de los filtros utilizados, así como su banda pasante, se elegirán en función tanto de la planitud requerida en la gama de frecuencias pertinente como de la frecuencia de muestreo.

Las características mínimas del filtro y la frecuencia de muestro cumplirán los siguientes requisitos:

a) en la gama de frecuencias pertinente de 0 Hz a $f_{máx}$ = 30 Hz, la atenuación será inferior a la resolución del sistema de adquisición de datos; y

b) a una frecuencia igual a la mitad de la frecuencia de muestreo (es decir, la frecuencia Nyquist o frecuencia de «doblado») se reducirán las magnitudes de todos los componentes de frecuencia de la señal y el ruido hasta valores inferiores a los de la resolución del sistema.

Para una resolución de 0,05 %, la atenuación del filtro será inferior al 0,05 % en la gama de frecuencias entre 0 y 30 Hz, y superior al 99,95 % en todas las frecuencias superiores a la mitad de la frecuencia de muestreo.

Nota: la atenuación para un filtro Butterworth se determina por las siguientes fórmulas:

$$A^2 = \frac{1}{1 + [f_{max}/f_0]^{2n}} \qquad \text{y} \qquad A^2 = \frac{1}{1 + [f_N/f_0]^{2n}}$$

siendo:

n representa el orden del filtro;

$f_{máx}$ representa la gama de frecuencias pertinente (30 Hz);

f_o representa la frecuencia de corte del filtro;

f_N representa la frecuencia de Nyquist o frecuencia de «doblado».

Con respecto a un filtro de cuarto orden

Para A = 0,9995: $f_o = 2{,}37 \cdot f_{máx}$

Para A = 0,0005: $f_S, = 2 \cdot (6{,}69 \cdot f_o)$, siendo f_S, la frecuencia de muestreo = $2 \cdot f_N$.

2.3. Desfases del filtro y retardos para un filtrado antisolapes

Se evitará el filtrado analógico excesivo y todos los filtros presentarán características de fase suficientemente similares como para asegurar que las diferencias en los retardos no excedan los límites de exactitud requeridos para la medición del tiempo. Los desfases son especialmente significativos si se multiplican entre sí las variables medidas para formar nuevas variables, ya que, al multiplicar las amplitudes, aumentan también los desfases y los retardos asociados. Los desfases y los retardos se reducen al aumentar el valor de f_o. Siempre que se conozcan las ecuaciones que describen los filtros de premuestreo sean conocidas, resulta práctico suprimir los desfases y retardos de las mismas aplicando algoritmos simples en el dominio frecuencial.

Nota: En la gama de frecuencias en las que las características de amplitud del filtro permanecen planas, el desfase Φ de un filtro Butterworth se puede estimar mediante la aproximación siguiente:

$\Phi = 81 \cdot (f/f_0)$ grados para un filtro de segundo orden

$\Phi = 150 \cdot (f/f_0)$ grados para un filtro de cuarto orden

$\Phi = 294 \cdot (f/f_0)$ grados para un filtro de octavo orden

El retardo para todos los filtros, independientemente de su orden será: $t = (\Phi/360) \cdot (1/f_0)$

2.4. Muestreo y digitalización de los datos

A 30 Hz, la amplitud de la señal puede sufrir variaciones de, como máximo, un 18 % por ms. Para reducir hasta un 0,1 % los errores dinámicos debidos a los cambios en las señales analógicas de entrada, el tiempo de muestreo o de digitalización será inferior a 32 μs. Todos los pares o conjuntos de muestras de datos que vayan a compararse se tomarán simultáneamente o en un periodo de tiempo suficientemente corto.

2.5. Requisitos del sistema

El sistema de datos tendrá una resolución de 12 bits (± 0,05 %) como mínimo, y una exactitud de ± 0,1 % (2 lbs). Los filtros antisolape serán de orden 4 o superior y el intervalo de datos pertinente $f_{máx}$ estará comprendido entre 0 y 30 Hz.

Para los filtros de cuarto orden, la frecuencia de la banda pasante f_o (entre 0 Hz y la frecuencia f_o) será superior a $2{,}37 \cdot f_{máx}$ si posteriormente se ajustan los errores de fase durante el tratamiento digital de los datos; en caso contrario, será superior a $5 \cdot f_{máx}$. La frecuencia de muestreo de los datos f_s para los filtros de cuarto orden será superior a $13{,}4 \cdot f_o$.