

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 consultarse en la última versión del documento de situación de la CEPE TRANS/WP.29/343, disponible en:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>.

Reglamento n.º 134 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los vehículos de motor y sus componentes en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno [2019/795]

Incluye todos los textos válidos hasta:

el suplemento 3 de la versión original del Reglamento; fecha de entrada en vigor: 19 de julio de 2018.

ÍNDICE

REGLAMENTO

1. Ámbito de aplicación
2. Definiciones
3. Solicitud de homologación
4. Homologación
5. Parte I: Especificaciones del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
6. Parte II: Especificaciones de los componentes específicos del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
7. Parte III: Especificaciones del sistema de combustible de un vehículo que lleva incorporado el sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
8. Modificación del tipo y extensión de la homologación
9. Conformidad de la producción
10. Sanciones por disconformidad de la producción
11. Cese definitivo de la producción
12. Nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de realizar los ensayos de homologación y de las autoridades de homologación de tipo

ANEXOS

- 1 Parte 1 Modelo I: Ficha de características n.º [...] relativa a la homologación de tipo de un sistema de almacenamiento de hidrógeno en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno
Modelo II: Ficha de características n.º [...] relativa a la homologación de tipo de un componente específico de un sistema de almacenamiento de hidrógeno en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno
Modelo III: Ficha de características n.º [...] relativa a la homologación de tipo de un vehículo en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno

Parte 2 Modelo I: Comunicación relativa a la concesión, extensión, denegación o retirada de la homologación, o al cese definitivo de la producción, de un tipo de sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134

Modelo II: Comunicación relativa a la concesión, extensión, denegación o retirada de la homologación, o al cese definitivo de la producción, de un tipo de componente específico (DLPT/válvula de retención/válvula de bloqueo automático) en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134

Modelo III: Comunicación relativa a la concesión, extensión, denegación o retirada de la homologación, o al cese definitivo de la producción, de un tipo de vehículo en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134

2 Disposición de las marcas de homologación

3 Procedimientos de ensayo del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido

4 Procedimientos de ensayo de componentes específicos del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido

Apéndice 1: Presentación de los ensayos de DLPT

Apéndice 2: Presentación de los ensayos de válvulas de retención y válvulas de bloqueo automático

5 Procedimientos de ensayo de los sistemas de combustible de vehículos que llevan incorporado el sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento se aplica a los elementos siguientes ⁽¹⁾:

- 1.1. Parte I: Los sistemas de almacenamiento de hidrógeno comprimido para vehículos de hidrógeno, en relación con su rendimiento en cuanto a seguridad.
- 1.2. Parte II: Los componentes específicos de sistemas de almacenamiento de hidrógeno comprimido para vehículos de hidrógeno, en relación con su rendimiento en cuanto a seguridad.
- 1.3. Parte III: Los vehículos de hidrógeno de las categorías M y N ⁽²⁾ que llevan incorporado el sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido, en relación con su rendimiento en cuanto a seguridad.

2. DEFINICIONES

A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

- 2.1. «Disco de ruptura»: parte funcional de un dispositivo limitador de presión, que no se vuelve a cerrar, diseñada de manera que, cuando está instalada en el dispositivo, explota al alcanzar una presión predeterminada para permitir la descarga del hidrógeno comprimido.
- 2.2. «Válvula de retención»: válvula de no retorno que impide el flujo inverso en el conducto de combustible del vehículo.
- 2.3. «Sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido (SAHC)»: sistema diseñado para almacenar combustible de hidrógeno para vehículos de hidrógeno, que está compuesto por un recipiente presurizado, por dispositivos limitadores de presión y por uno o varios dispositivos de cierre automático que aíslan el hidrógeno almacenado del resto del sistema de combustible y su entorno.
- 2.4. «Recipiente» (para el almacenamiento de hidrógeno): componente situado en el interior del sistema de almacenamiento de hidrógeno que almacena el volumen principal de combustible de hidrógeno.
- 2.5. «Fecha de retirada del servicio»: fecha (mes y año) especificada para la retirada del servicio.

⁽¹⁾ El presente Reglamento no se aplica a la seguridad eléctrica de los trenes de potencia eléctrica, a la compatibilidad de los materiales, a la fragilización por el hidrógeno del sistema de combustible del vehículo ni a la integridad posterior a la colisión del sistema de combustible en caso de choque frontal o choque trasero en todo el ancho del vehículo.

⁽²⁾ Con arreglo a la definición que figura en la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, apartado 2 (www.unece.org/trans/main/wp29/wgs/wp29gen/wp29resolutions.html).

- 2.6. «Fecha de fabricación» (de un recipiente de hidrógeno comprimido): fecha (mes y año) del ensayo de presión de prueba realizado durante la fabricación.
- 2.7. «Espacios cerrados o semicerrados»: volúmenes especiales en el interior del vehículo (o el contorno del vehículo a través de las aberturas), externos al sistema de hidrógeno (sistema de almacenamiento, sistema de pilas de combustible y sistema de gestión del flujo de combustible) y sus cubiertas (en su caso), en los que puede acumularse el hidrógeno (con el peligro que ello conlleva), como pueden ser el habitáculo, el compartimento para equipajes o el espacio situado debajo del capó.
- 2.8. «Punto de evacuación del gas»: centro geométrico de la zona por la que es evacuado del vehículo el gas de purga de la pila de combustible.
- 2.9. «Sistema de pilas de combustible»: sistema que contiene el bloque o bloques de pilas de combustible, el sistema de tratamiento del aire, el sistema de control del flujo de combustible, el sistema de escape, el sistema de gestión térmica y el sistema de gestión del agua.
- 2.10. «Receptáculo de abastecimiento»: dispositivo mediante el cual la boquilla de la estación de abastecimiento se conecta al vehículo y a través del cual el combustible es transferido a este. El receptáculo de abastecimiento se utiliza como alternativa al puerto de abastecimiento.
- 2.11. «Concentración de hidrógeno»: porcentaje de moles (o de moléculas) de hidrógeno en la mezcla de hidrógeno y aire (equivalente al volumen parcial de hidrógeno gaseoso).
- 2.12. «Vehículo de hidrógeno»: todo vehículo de motor que utiliza hidrógeno gaseoso comprimido como combustible para su propulsión, incluidos los vehículos de pila de combustible y los vehículos de motor de combustión interna. El combustible de hidrógeno para turismos se especifica en las normas ISO 14687-2:2012 y SAE J2719: (revisión de septiembre de 2011).
- 2.13. «Compartimento para equipajes»: espacio del vehículo destinado a alojar equipajes o mercancías, delimitado por el techo, el capó, el suelo y las paredes laterales y separado del habitáculo por la mampara delantera o la trasera.
- 2.14. «Fabricante»: persona u organismo que es responsable ante la autoridad de homologación de todos los aspectos del proceso de homologación de tipo y de garantizar la conformidad de la producción. No es indispensable que dicha persona u organismo participe directamente en todas las fases de fabricación del vehículo, sistema o componente objeto del proceso de homologación.
- 2.15. «Presión máxima de trabajo permitida (PMTP)»: presión manométrica más elevada a la que está permitido que funcione un recipiente a presión o un sistema de almacenamiento en condiciones normales de funcionamiento.
- 2.16. «Presión máxima de abastecimiento (PMA)»: presión máxima aplicada a un sistema comprimido durante el abastecimiento. La presión máxima de abastecimiento equivale al 125 % de la presión nominal de trabajo.
- 2.17. «Presión nominal de trabajo (PNT)»: presión manométrica que caracteriza el funcionamiento típico de un sistema. Para los recipientes de hidrógeno gaseoso comprimido, la PNT es la presión estabilizada del gas comprimido en un recipiente o sistema de almacenamiento totalmente lleno a una temperatura uniforme de 15 °C.
- 2.18. «Dispositivo limitador de presión (DLP)»: dispositivo que, cuando se activa en condiciones de funcionamiento específicas, se utiliza para dejar salir el hidrógeno de un sistema presurizado y evitar así el fallo del sistema.
- 2.19. «Ruptura» o «explosión»: el hecho de separarse repentina y violentamente, romperse o desintegrarse en pedazos debido a la fuerza de la presión interna.
- 2.20. «Válvula de seguridad»: dispositivo de descompresión que se abre al alcanzar un nivel de presión predeterminado y que se puede volver a cerrar.
- 2.21. «Vida útil» (de un recipiente de hidrógeno comprimido): período de tiempo durante el cual está autorizado el servicio (la utilización).
- 2.22. «Válvula de bloqueo automático»: válvula situada entre el recipiente de almacenamiento y el sistema de combustible del vehículo que puede activarse automáticamente; por defecto, debe volver a la posición «cerrada» cuando no está conectada a una fuente de alimentación.
- 2.23. «Fallo único»: fallo causado por un único evento, incluidos los fallos consiguientes resultantes de este.
- 2.24. «Dispositivo limitador de presión de activación térmica (DLPT)»: DLP que no se vuelve a cerrar, activado por la temperatura, que se abre y libera el hidrógeno gaseoso.

- 2.25. «Tipo de sistema de almacenamiento de hidrógeno»: conjunto de componentes que no difieren sustancialmente entre sí en aspectos esenciales como:
- el nombre comercial o la marca del fabricante;
 - el estado del combustible de hidrógeno almacenado; gas comprimido;
 - la presión nominal de trabajo (PNT);
 - la estructura, los materiales, la capacidad y las dimensiones físicas del recipiente; y
 - la estructura, los materiales y las características esenciales del DLPT, la válvula de retención y la válvula de bloqueo automático, en su caso.
- 2.26. «Tipo de componentes específicos del sistema de almacenamiento de hidrógeno»: componente o conjunto de componentes que no difieren sustancialmente entre sí en aspectos esenciales como:
- el nombre comercial o la marca del fabricante;
 - el estado del combustible de hidrógeno almacenado; gas comprimido;
 - el tipo de componente: DLP(T), válvula de retención o válvula de bloqueo automático; y
 - la estructura, los materiales y las características esenciales.
- 2.27. «Tipo de vehículo» por lo que respecta a la seguridad del hidrógeno: vehículos que no difieren entre sí en aspectos esenciales como:
- el nombre comercial o la marca del fabricante; y
 - la configuración básica y las principales características del sistema de combustible del vehículo.
- 2.28. «Sistema de combustible del vehículo»: conjunto de componentes utilizados para almacenar o suministrar combustible de hidrógeno a una pila de combustible o a un motor de combustión interna.
3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN
- 3.1. Parte I: Solicitud de homologación de un tipo de sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
- 3.1.1. Presentará la solicitud de homologación de un tipo de sistema de almacenamiento de hidrógeno el fabricante del sistema de almacenamiento de hidrógeno o su representante autorizado.
- 3.1.2. En el anexo 1, parte 1-I, figura un modelo de ficha de características.
- 3.1.3. Se presentará al servicio técnico encargado de realizar los ensayos de homologación un número suficiente de sistemas de almacenamiento de hidrógeno que sean representativos del tipo cuya homologación se solicita.
- 3.2. Parte II: Solicitud de homologación de un tipo de componente específico de sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
- 3.2.1. Presentará la solicitud de homologación de un tipo de componente específico el fabricante del componente específico o su representante autorizado.
- 3.2.2. En el anexo 1, parte 1-II, figura un modelo de ficha de características.
- 3.2.3. Se presentará al servicio técnico encargado de realizar los ensayos de homologación un número suficiente de componentes específicos de sistema de almacenamiento de hidrógeno que sean representativos del tipo cuya homologación se solicita.
- 3.3. Parte III: Solicitud de homologación de un tipo de vehículo
- 3.3.1. Presentará la solicitud de homologación de un tipo de vehículo el fabricante del vehículo o su representante autorizado.

- 3.3.2. En el anexo 1, parte 1-III, figura un modelo de ficha de características.
- 3.3.3. Se presentará al servicio técnico encargado de realizar los ensayos de homologación un número suficiente de vehículos que sean representativos del tipo cuya homologación se solicita.
4. HOMOLOGACIÓN
- 4.1. Concesión de la homologación de tipo
- 4.1.1. Homologación de un tipo de sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
- Si el sistema de almacenamiento de hidrógeno presentado para homologación con arreglo al presente Reglamento cumple los requisitos de la parte I que figura más abajo, se concederá la homologación de dicho tipo de sistema de almacenamiento de hidrógeno.
- 4.1.2. Homologación de un tipo de componente específico de sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido
- Si el componente específico presentado para homologación con arreglo al presente Reglamento cumple los requisitos de la parte II que figura más abajo, se concederá la homologación de dicho tipo de componente específico.
- 4.1.3. Homologación de un tipo de vehículo
- Si el vehículo presentado para homologación con arreglo al presente Reglamento cumple los requisitos de la parte III que figura más abajo, se concederá la homologación de dicho tipo de vehículo.
- 4.2. Se asignará un número de homologación a cada tipo homologado: los 2 primeros dígitos (00 para el Reglamento en su forma original) indicarán la serie de enmiendas que incluya los últimos cambios importantes de carácter técnico realizados en el Reglamento en el momento de expedirse la homologación. Una misma Parte contratante no podrá asignar el mismo número a otro tipo de vehículo o componente.
- 4.3. La concesión, extensión, denegación o retirada de la homologación con arreglo al presente Reglamento se notificará a las Partes contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento por medio de un formulario conforme con el modelo del anexo 1, parte 2; las fotografías y planos facilitados por el solicitante deberán estar en un formato que no sea superior a A4 (210 × 297 mm), o plegados en dicho formato, y a una escala adecuada.
- 4.4. Todo vehículo, sistema de almacenamiento de hidrógeno o componente específico conforme con un tipo homologado con arreglo al presente Reglamento deberá llevar, de manera claramente visible y en un lugar de fácil acceso especificado en el formulario de homologación, una marca de homologación internacional conforme con el modelo descrito en el anexo 2 y consistente en:
- 4.4.1. un círculo en torno a la letra mayúscula «E» seguida del número distintivo del país que ha concedido la homologación ⁽³⁾;
- 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 establecido en el punto 4.4.1.
- 4.5. Si el vehículo es conforme con 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 establecido en el punto 4.4.1; en ese caso, los números del Reglamento y de la homologación, así como los símbolos adicionales, se colocarán en columnas verticales a la derecha del símbolo establecido en el punto 4.4.1.
- 4.6. La marca de homologación será claramente legible e indeleble.
- 4.6.1. En el caso de los vehículos, la marca de homologación se colocará en la placa de datos del vehículo o cerca de ella.
- 4.6.2. En el caso de los sistemas de almacenamiento de hidrógeno, la marca de homologación se colocará en el recipiente.
- 4.6.3. En el caso de los componentes específicos, la marca de homologación se colocará en el componente específico.

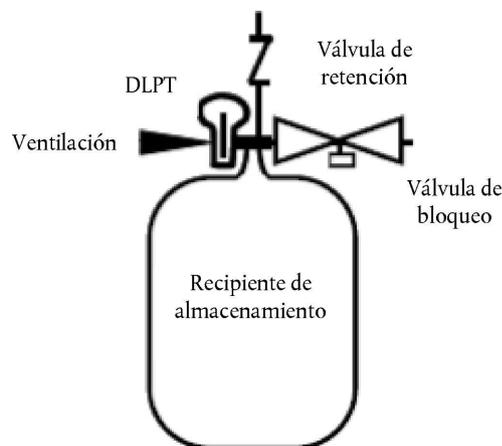
⁽³⁾ Los números distintivos de las Partes contratantes del Acuerdo de 1958 se reproducen en el anexo 3 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, anexo 3, www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html.

5. PARTE I: ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO

En esta parte figuran los requisitos aplicables al sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido. El sistema de almacenamiento de hidrógeno está compuesto por un recipiente de almacenamiento de alta presión y por dispositivos de cierre principales para tapar los orificios en su interior. La figura 1 muestra un sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido típico, consistente en un recipiente presurizado, tres dispositivos de cierre y sus accesorios. Los dispositivos de cierre deberán incluir las funciones siguientes, que podrán estar combinadas:

- a) un DLPT;
- b) una válvula de retención que impida el flujo inverso en el conducto de llenado; y
- c) una válvula de bloqueo automático que se pueda cerrar para impedir que el flujo vaya del recipiente a la pila de combustible o al motor de combustión interna. La válvula de bloqueo y el DLPT que conforman el cierre principal del flujo desde el recipiente de almacenamiento se instalarán directamente sobre cada recipiente o en su interior. Al menos un componente con función de válvula de retención se instalará directamente sobre cada recipiente o en su interior.

Figura 1

Sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido típico

Todos los sistemas de almacenamiento de hidrógeno comprimido nuevos destinados al servicio de vehículos de carretera tendrán una PNT de 70 MPa o inferior y una vida útil de 15 años o menos, y podrán cumplir los requisitos del apartado 5.

El sistema de almacenamiento de hidrógeno deberá cumplir los requisitos del ensayo de funcionamiento que figuran en el presente apartado. Requisitos de calificación para el servicio en carretera:

- 5.1. Ensayos de verificación de las medidas de referencia
- 5.2. Ensayo de verificación de la durabilidad del rendimiento (ensayos secuenciales hidráulicos)
- 5.3. Ensayo de verificación del rendimiento esperado de los sistemas en carretera (ensayos secuenciales neumáticos)
- 5.4. Ensayo de verificación del funcionamiento del sistema de interrupción del servicio en caso de fuego
- 5.5. Ensayo de verificación de la durabilidad del rendimiento de los cierres principales.

En el cuadro siguiente se ofrece un resumen de los elementos de ensayo correspondientes a los requisitos de funcionamiento. En el anexo 3 figuran los procedimientos de ensayo correspondientes.

Resumen de los requisitos de funcionamiento

5.1.	Ensayos de verificación de las medidas de referencia
5.1.1.	Presión de ruptura inicial de referencia
5.1.2.	Ciclos de presión inicial de referencia

5.2.	Ensayo de verificación de la durabilidad del rendimiento (ensayos secuenciales hidráulicos)
5.2.1.	Ensayo de presión de prueba
5.2.2.	Ensayo de caída (impacto)
5.2.3.	Daños superficiales
5.2.4.	Ensayos de exposición a agentes químicos y a ciclos de presión a temperatura ambiente
5.2.5.	Ensayo de presión estática a alta temperatura
5.2.6.	Ciclos de presión a temperaturas extremas
5.2.7.	Ensayo de presión de prueba residual
5.2.8.	Ensayo de resistencia residual a la ruptura
5.3.	Ensayo de verificación del rendimiento esperado en carretera (ensayos secuenciales neumáticos)
5.3.1.	Ensayo de presión de prueba
5.3.2.	Ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente y a temperaturas extremas (ensayo neumático)
5.3.3.	Ensayo de fuga/permeabilidad a presión estática, a temperaturas extremas (ensayo neumático)
5.3.4.	Ensayo de presión de prueba residual
5.3.5.	Ensayo de resistencia residual a la ruptura (ensayo hidráulico)
5.4.	Ensayo de verificación del funcionamiento del sistema de interrupción del servicio en caso de fuego
5.5.	Requisitos aplicables a los dispositivos de cierre principales

5.1. Ensayos de verificación de las medidas de referencia

5.1.1. Presión de ruptura inicial de referencia

Se someten a presión hidráulica hasta la ruptura tres (3) recipientes (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 2.1). El fabricante facilitará documentación (medidas y análisis estadísticos) que permita establecer la presión mediana de ruptura de los recipientes de almacenamiento nuevos (BP_0).

Todos los recipientes sometidos a ensayo tendrán una presión de ruptura de BP_0 , con un margen de $\pm 10\%$, y superior o igual a un valor mínimo (BP_{min}) del 225 % de la PNT.

Además, la presión de ruptura mínima de los recipientes cuyo componente principal sea un compuesto de fibra de vidrio debe ser superior al 350 % de la PNT.

5.1.2. Ciclos de presión inicial de referencia

Se someten a ciclos de presión hidráulica, sin romperse, tres (3) recipientes, a una temperatura ambiente de $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$, al 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) sin ruptura durante 22 000 ciclos o hasta que se produzca una fuga (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 2.2). Para una vida útil de 15 años, hasta los 11 000 ciclos no deberá producirse ninguna fuga.

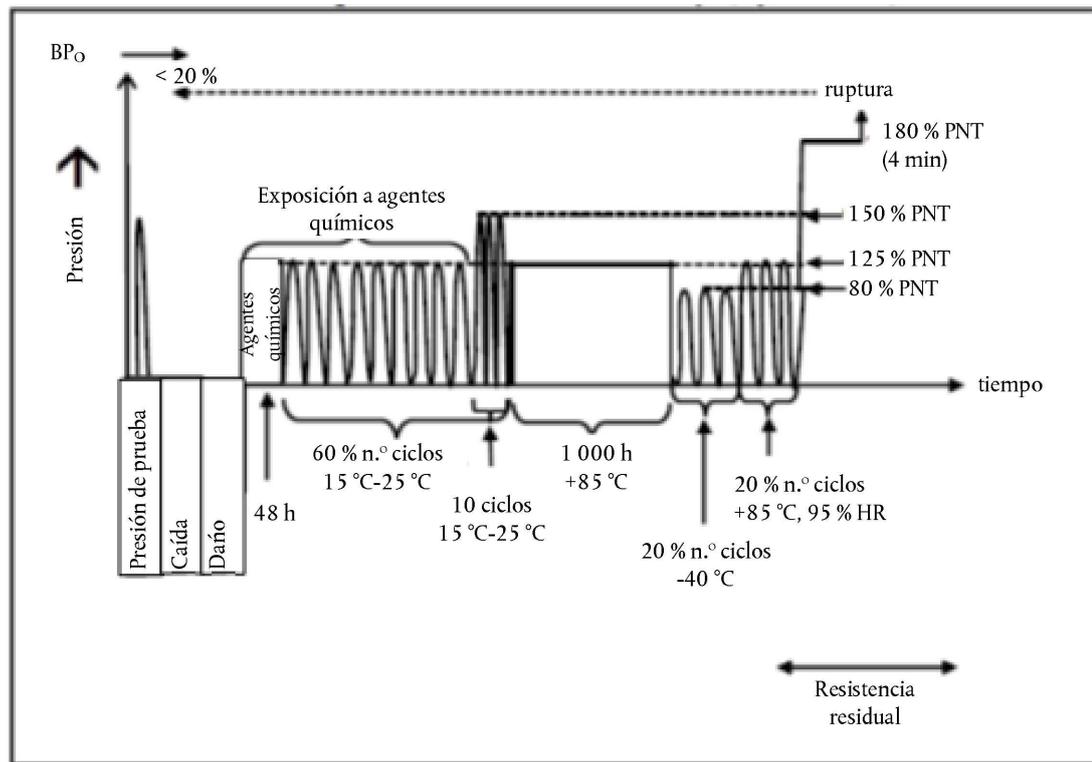
5.2. Ensayos de verificación de la durabilidad del rendimiento (ensayos secuenciales hidráulicos)

Si las tres mediciones de la presión realizadas en el apartado 5.1.2 superan los 11 000 ciclos, o si se mantienen en un margen de $\pm 25\%$ las unas con respecto a las otras, en el apartado 5.2 solo se someterá a ensayo un (1) recipiente. De lo contrario, en el apartado 5.2 se someterán a ensayo tres (3) recipientes.

No deberán producirse fugas en los recipientes de almacenamiento de hidrógeno durante las secuencias de ensayo siguientes, que se aplican en serie a un único sistema, como se muestra en la figura 2. En el anexo 3, punto 3, se especifican los procedimientos de ensayo aplicables a los sistemas de almacenamiento de hidrógeno.

Figura 2

Ensayo de verificación de la durabilidad del rendimiento (ensayo hidráulico)



5.2.1. Ensayo de presión de prueba

Se somete a una presión equivalente al 150 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) un recipiente de almacenamiento, y se mantiene durante al menos 30 s (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 3.1).

5.2.2. Ensayo de caída (impacto)

El recipiente de almacenamiento se deja caer desde distintos ángulos de impacto (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 3.2).

5.2.3. Ensayo de daños superficiales

El recipiente de almacenamiento se somete a daños superficiales (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 3.3).

5.2.4. Ensayo de exposición a agentes químicos y a ciclos de presión a temperatura ambiente

Se expone a los agentes químicos encontrados en el entorno de carretera el recipiente de almacenamiento, y se somete a ciclos de presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa), a una temperatura de 20 (± 5) °C, durante el 60 % de los ciclos (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 3.4). Se interrumpe la exposición a los agentes químicos durante los 10 últimos ciclos, en los que la presión se incrementa hasta el 150 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa).

5.2.5. Ensayo de presión estática a alta temperatura

Se somete a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) el recipiente de almacenamiento, y se mantiene a ≥ 85 °C durante al menos 1 000 horas (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 3.5).

5.2.6. Ciclos de presión a temperaturas extremas

Se somete a ciclos de presión el recipiente de almacenamiento, a una temperatura de ≤ -40 °C y a una presión del 80 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) durante el 20 % de los ciclos, y a una temperatura de $\geq +85$ °C, una humedad relativa del 95 (± 2) % y a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) durante el 20 % de los ciclos (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 2.2).

b) de la primera serie de ciclos, 25 tienen lugar a una presión del 80 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) y una temperatura de ≤ -40 °C, otros 25 a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa), una temperatura de $\geq +50$ °C y una humedad relativa del 95 (± 2) %, y los 200 restantes a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) y una temperatura de 20 (± 5) °C;

de la segunda serie de ciclos, 25 tienen lugar a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa), una temperatura de $\geq +50$ °C y una humedad relativa del 95 (± 2) %, otros 25 a una presión del 80 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) y una temperatura de ≤ -40 °C, y los 200 restantes a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) y una temperatura de 20 (± 5) °C;

c) la temperatura del hidrógeno gaseoso es de ≤ -40 °C;

d) de los 250 ciclos de la primera serie, 5 tienen lugar con el combustible a una temperatura de + 20 (± 5) °C, después de que el sistema se haya estabilizado en una temperatura de equilibrio de ≤ -40 °C; otros 5 tienen lugar con el combustible a una temperatura de ≤ -40 °C; y otros 5, con el combustible a una temperatura de ≤ -40 °C, después de que el sistema se haya estabilizado en una temperatura de equilibrio de $\geq +50$ °C y una humedad relativa del 95 %;

e) 50 ciclos tienen lugar a una velocidad de vaciado superior o igual a la velocidad de vaciado del mantenimiento.

5.3.3. Ensayo de fuga/permeabilidad a presión estática y a temperaturas extremas

a) este ensayo se realiza después de cada una de las series de 250 ciclos de presión neumáticos del apartado 5.3.2;

b) la descarga máxima permitida de hidrógeno del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido es de 46 ml/hr/l de capacidad de agua del sistema de almacenamiento (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 4.2);

c) si el índice de permeabilidad medido es superior a 0,005 mg/s (3,6 Nml/min), se realiza un ensayo de fuga localizado para asegurarse de que la fuga no supera en ningún punto los 0,005 mg/s (3,6 Nml/min) (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 4.3).

5.3.4. Ensayo de presión de prueba residual (ensayo hidráulico)

Se somete a una presión equivalente al 180 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) el recipiente de almacenamiento, y se mantiene durante al menos 4 min sin romperse (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 3.1).

5.3.5. Ensayo de resistencia residual a la ruptura (ensayo hidráulico)

Se somete a presión hidráulica el recipiente de almacenamiento para verificar si la presión de ruptura equivale como mínimo al 80 % de la presión de ruptura inicial de referencia (BP_0) determinada en el apartado 5.1.1 (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 2.1).

5.4. Ensayo de verificación del funcionamiento del sistema de interrupción del servicio en caso de fuego

En este apartado se describe el ensayo de resistencia al fuego con hidrógeno comprimido como gas de ensayo. Como gas de ensayo alternativo puede utilizarse aire comprimido.

Se somete a una presión equivalente a la PNT un sistema de almacenamiento de hidrógeno, y se expone al fuego (procedimiento de ensayo del anexo 3, punto 5.1). Un DLPT deberá liberar los gases contenidos de manera controlada y sin romperse.

5.5. Requisitos aplicables a los dispositivos de cierre principales

Los dispositivos de cierre principales que aíslan el sistema de almacenamiento de hidrógeno de alta presión, a saber, el DLPT, la válvula de retención y la válvula de bloqueo, que se muestran en la figura 1, se someterán a ensayo y a homologación de tipo de conformidad con la parte II del presente Reglamento y se fabricarán de conformidad con el tipo homologado.

Cuando se suministren dispositivos de cierre alternativos, cuyas funciones, accesorios, materiales, resistencia y dimensiones sean comparables y cumplan la condición establecida anteriormente, no será necesario someter de nuevo a ensayo el sistema de almacenamiento. Sin embargo, cualquier modificación física del DLPT, de su posición de instalación o de sus conductos de evacuación exigirá la realización de un nuevo ensayo de resistencia al fuego de conformidad con el apartado 5.4.

5.6. Etiquetado

Todos los recipientes deberán llevar permanentemente una etiqueta con la información siguiente: nombre del fabricante, número de serie, fecha de fabricación, PMA, PNT, tipo de combustible (por ejemplo, «CHG» para hidrógeno gaseoso) y fecha de retirada del servicio. Asimismo, todos los recipientes deberán llevar marcado el número de ciclos utilizados en el programa de ensayo con arreglo al apartado 5.1.2. Toda etiqueta colocada en el recipiente de conformidad con el presente apartado deberá permanecer en su lugar y ser legible durante toda la vida útil del recipiente recomendada por el fabricante.

La fecha de retirada del servicio no podrá superar en más de 15 años la fecha de fabricación.

6. PARTE II: ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES ESPECÍFICOS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO

6.1. Requisitos aplicables al DLPT

El DLPT deberá cumplir los requisitos de funcionamiento siguientes:

- a) ensayo de ciclos de presión (anexo 4, punto 1.1);
- b) ensayo acelerado de vida útil (anexo 4, punto 1.2);
- c) ensayo de ciclos de temperatura (anexo 4, punto 1.3);
- d) ensayo de resistencia a la corrosión por sal (anexo 4, punto 1.4);
- e) ensayo de exposición al entorno del vehículo (anexo 4, punto 1.5);
- f) ensayo de agrietamiento por tensocorrosión (anexo 4, punto 1.6);
- g) ensayo de caída y de resistencia a las vibraciones (anexo 4, punto 1.7);
- h) ensayo de fugas (anexo 4, punto 1.8);
- i) ensayo de activación en el banco (anexo 4, punto 1.9);
- j) ensayo de caudal (anexo 4, punto 1.10).

6.2. Requisitos aplicables a las válvulas de retención y a las válvulas de bloqueo automático

Las válvulas de retención y las válvulas de bloqueo automático deberán cumplir los requisitos de funcionamiento siguientes:

- a) ensayo de resistencia hidrostática (anexo 4, punto 2.1);
- b) ensayo de fugas (anexo 4, punto 2.2);
- c) ensayo de ciclos de presión a temperaturas extremas (anexo 4, punto 2.3);
- d) ensayo de resistencia a la corrosión por sal (anexo 4, punto 2.4);
- e) ensayo de exposición al entorno del vehículo (anexo 4, punto 2.5);
- f) ensayo de exposición atmosférica (anexo 4, punto 2.6);
- g) ensayos eléctricos (anexo 4, punto 2.7);
- h) ensayo de resistencia a las vibraciones (anexo 4, punto 2.8);
- i) ensayo de agrietamiento por tensocorrosión (anexo 4, punto 2.9);
- j) ensayo de exposición al hidrógeno pre-enfriado (anexo 4, punto 2.10).

6.3. Al menos la información siguiente: PMA y tipo de combustible (por ejemplo, «CHG» para hidrógeno gaseoso) deberá ir marcada de manera legible e indeleble en cada uno de los componentes que desempeñen la función o funciones de dispositivo de cierre principal.

7. PARTE III: ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO QUE LLEVA INCORPORADO EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO

En esta parte se especifican los requisitos aplicables al sistema de combustible del vehículo, que incluye el sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido, los conductos, las juntas y los demás componentes que están en contacto con el hidrógeno. El sistema de almacenamiento de hidrógeno incluido en el sistema de combustible del vehículo se someterá a ensayo y a homologación de tipo de conformidad con la parte I del presente Reglamento y se fabricará de conformidad con el tipo homologado.

7.1. Requisitos aplicables al sistema de combustible en uso

7.1.1. Receptáculo de abastecimiento

7.1.1.1. Los receptáculos de abastecimiento de hidrógeno comprimido impedirán que este refluya y se libere en la atmósfera. El procedimiento de ensayo consiste en una inspección visual.

7.1.1.2. Etiqueta del receptáculo de abastecimiento: se colocará una etiqueta cerca del receptáculo (por ejemplo, en el interior de la tapa protectora), con la información siguiente: tipo de combustible (por ejemplo, «CHG» para hidrógeno gaseoso), PMA, PNT y fecha de retirada del servicio de los recipientes.

7.1.1.3. El receptáculo de abastecimiento se instalará en el vehículo de manera que se garantice el acoplamiento seguro de la boquilla. El receptáculo estará protegido de la manipulación y la entrada de agua y suciedad (por ejemplo, estará instalado en un compartimento que pueda cerrarse con llave). El procedimiento de ensayo consiste en una inspección visual.

7.1.1.4. El receptáculo de abastecimiento no se instalará en el interior de ningún elemento del vehículo que absorba energía externa (por ejemplo, el parachoques) ni en el habitáculo, el compartimento para equipajes o cualquier otro lugar con ventilación insuficiente en el que se pueda acumular el hidrógeno gaseoso. El procedimiento de ensayo consiste en una inspección visual.

7.1.2. Protección del sistema de baja presión frente a la sobrepresión (procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 6)

El sistema de hidrógeno situado después de un regulador de presión estará protegido de la sobrepresión derivada del posible fallo del regulador de presión. La presión fijada para que se active el dispositivo de protección de la sobrepresión será inferior o igual a la presión de trabajo máxima permitida para la parte correspondiente del sistema de hidrógeno.

7.1.3. Sistemas de liberación de hidrógeno

7.1.3.1. Sistemas limitadores de presión (procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 6)

a) DLPT del sistema de almacenamiento: la salida del conducto de evacuación (cuando exista) para la liberación del hidrógeno gaseoso de los DLPT del sistema de almacenamiento estará protegida por una tapa;

b) DLPT del sistema de almacenamiento: la liberación del hidrógeno gaseoso de los DLPT del sistema de almacenamiento no estará dirigida:

i) al interior de espacios cerrados o semicerrados,

ii) al interior de ninguna de las protecciones de las ruedas ni hacia ellas,

iii) hacia los recipientes de hidrógeno gaseoso,

iv) hacia adelante desde el vehículo, ni en sentido horizontal (paralelo a la carretera) desde la parte trasera o los laterales del vehículo;

c) otros dispositivos limitadores de presión (como los discos de ruptura) pueden utilizarse fuera del sistema de almacenamiento de hidrógeno; la liberación del hidrógeno gaseoso de otros dispositivos limitadores de presión no estará dirigida:

i) hacia los bornes eléctricos e interruptores expuestos ni hacia ninguna otra fuente de ignición,

ii) al interior del habitáculo o de los compartimentos para equipajes del vehículo ni hacia ellos,

iii) al interior de ninguna de las protecciones de las ruedas ni hacia ellas,

iv) hacia los recipientes de hidrógeno gaseoso.

7.1.3.2. Sistema de escape del vehículo (procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 4)

El nivel de hidrógeno en el punto de descarga del sistema de escape del vehículo será el siguiente:

- a) no excederá de una media del 4 % en volumen durante un intervalo móvil de 3 s durante el funcionamiento normal, incluidos el arranque y la parada del motor;
- b) no excederá del 8 % en ningún momento (procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 4).

7.1.4. Protección contra el riesgo de incendio: condiciones de fallo único

7.1.4.1. En caso de fuga o permeabilidad del sistema de almacenamiento, el hidrógeno no irá a parar directamente al habitáculo ni al compartimento para equipajes, ni a ningún espacio cerrado o semicerrado en el interior del vehículo que contenga fuentes de ignición desprotegidas.

7.1.4.2. Cuando un fallo único tenga lugar después de la válvula de bloqueo principal, este no deberá dar lugar a la acumulación de niveles de concentración de hidrógeno en el habitáculo, de conformidad con el procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 3.2.

7.1.4.3. Cuando, durante el funcionamiento, un fallo único dé lugar a una concentración de hidrógeno que exceda del 3,0 % en volumen en el aire de los espacios cerrados o semicerrados del vehículo, se activará una señal de alarma (apartado 7.1.6). Si la concentración de hidrógeno excede del 4,0 % en volumen en el aire de los espacios cerrados o semicerrados del vehículo, se cerrará la válvula de bloqueo principal para aislar el sistema de almacenamiento (procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 3).

7.1.5. Fuga del sistema de combustible

No deberán producirse fugas en los tubos de abastecimiento de hidrógeno (conductos, juntas, etc.) después de la válvula o válvulas de bloqueo principales del sistema de pilas de combustible o del motor. La conformidad se verificará a la PNT (procedimiento de ensayo del anexo 5, punto 5).

7.1.6. Señal de alarma destinada al conductor

La alarma se dará por medio de una señal visual o un texto con las características siguientes:

- a) deberá ser visible para el conductor sentado en su asiento con el cinturón de seguridad abrochado;
- b) será de color amarillo cuando falle el sistema de detección (por ejemplo, desconexión del circuito, cortocircuito o fallo del sensor); será de color rojo cuando se dé el supuesto del apartado 7.1.4.3;
- c) cuando se ilumine, será visible para el conductor tanto de día como de noche;
- d) permanecerá iluminado cuando la concentración de hidrógeno alcance el 3,0 % o en caso de fallo del sistema de detección y si el sistema de contacto está en posición «on» (encendido) o el sistema de propulsión está activado.

7.2. Integridad del sistema de combustible después de una colisión

El sistema de combustible del vehículo cumplirá los requisitos siguientes tras los ensayos de colisión del vehículo de conformidad con los Reglamentos siguientes y la aplicación de los procedimientos de ensayo que figuran en el anexo 5 del presente Reglamento.

- a) ensayo de colisión frontal de conformidad con el Reglamento n.º 12 o con el Reglamento n.º 94; y
- b) ensayo de colisión lateral de conformidad con el Reglamento n.º 95.

En caso de que uno de los ensayos de colisión del vehículo especificados no sea aplicable al vehículo, o ninguno de los dos lo sea, el sistema de combustible deberá someterse a las aceleraciones alternativas pertinentes que figuran a continuación, y el sistema de almacenamiento de hidrógeno deberá estar instalado en una posición que se ajuste a los requisitos del punto 7.2.4. Las aceleraciones se medirán en el lugar en el que esté instalado el sistema de almacenamiento de hidrógeno. El sistema de combustible del vehículo deberá estar instalado y sujeto en la parte representativa del vehículo. La masa utilizada deberá ser representativa de un recipiente completamente equipado y lleno o de un conjunto de recipientes.

Aceleraciones para los vehículos de las categorías M₁ y N₁:

- a) 20 g en el sentido de la marcha (hacia adelante y hacia atrás);
- b) 8 g en dirección horizontalmente perpendicular al sentido de la marcha (a la izquierda y a la derecha).

Aceleraciones para los vehículos de las categorías M₂ y N₂:

- a) 10 g en el sentido de la marcha (hacia adelante y hacia atrás);
- b) 5 g en dirección horizontalmente perpendicular al sentido de la marcha (a la izquierda y a la derecha).

Aceleraciones para los vehículos de las categorías M₃ y N₃:

- a) 6,6 g en el sentido de la marcha (hacia adelante y hacia atrás);
- b) 5 g en dirección horizontalmente perpendicular al sentido de la marcha (a la izquierda y a la derecha).

7.2.1. Límite de la fuga de combustible

El flujo volumétrico de la fuga de hidrógeno gaseoso no excederá de una media de 118 Nl por minuto para el intervalo de tiempo, Δt , determinado de conformidad con el anexo 5, punto 1.1 o 1.2.

7.2.2. Límite de concentración en los espacios cerrados

La fuga de hidrógeno gaseoso no dará lugar a una concentración de hidrógeno superior al 4,0 % en volumen en el aire del habitáculo y el compartimento para equipajes (procedimientos de ensayo del anexo 5, punto 2). Se cumple este requisito si se confirma que la válvula de bloqueo del sistema de almacenamiento se ha cerrado a más tardar 5 s después de la colisión y no se ha producido ninguna fuga en el sistema de almacenamiento.

7.2.3. Desplazamiento del recipiente

El recipiente o recipientes de almacenamiento permanecerán sujetos al vehículo como mínimo en un punto.

7.2.4. Requisitos adicionales relativos a la instalación

7.2.4.1. Requisitos relativos a la instalación del sistema de almacenamiento de hidrógeno que no está sujeto al ensayo de colisión frontal

El recipiente se instalará de manera que quede situado detrás de un plano vertical perpendicular al eje central del vehículo y 420 mm por detrás del borde delantero del vehículo.

7.2.4.2. Requisitos relativos a la instalación del sistema de almacenamiento de hidrógeno que no está sujeto al ensayo de colisión lateral

El recipiente se instalará de manera que quede situado entre los dos planos verticales paralelos al eje central del vehículo situados a 200 mm, medidos hacia dentro, de los dos bordes exteriores del vehículo próximos al recipiente.

8. MODIFICACIÓN DEL TIPO Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

8.1. Toda modificación de un tipo existente de vehículo, sistema de almacenamiento de hidrógeno o componente específico del sistema de almacenamiento de hidrógeno se notificará a la autoridad de homologación de tipo que homologó el tipo en cuestión. Dicha autoridad podrá entonces:

- a) decidir, en consulta con el fabricante, que debe concederse una nueva homologación de tipo; o bien
- b) aplicar el procedimiento que figura en el apartado 8.1.1 (revisión) y, en su caso, el procedimiento que figura en el apartado 8.1.2 (extensión).

8.1.1. Revisión

Cuando hayan cambiado los datos registrados en la ficha de características del anexo 1 y la autoridad de homologación de tipo considere improbable que las modificaciones realizadas tengan consecuencias negativas apreciables y que, en cualquier caso, el vehículo/sistema de almacenamiento de hidrógeno/componente específico sigue cumpliendo los requisitos, la modificación será considerada una «revisión».

En estos casos, la autoridad de homologación de tipo expedirá las páginas revisadas de la ficha de características del anexo 1, según proceda, señalando claramente en cada página revisada el tipo de modificación que se ha realizado y la fecha en la que ha tenido lugar la nueva expedición. Se considerará cumplido este requisito mediante una copia consolidada y actualizada de la ficha de características del anexo 1, acompañada de una descripción detallada de la modificación.

8.1.2. Extensión

La modificación se considerará una «extensión» si, además del cambio de los datos registrados en la ficha de características,

- a) deben realizarse nuevas inspecciones o nuevos ensayos; o bien
- b) ha cambiado cualquier información del documento de comunicación (a excepción de sus documentos adjuntos); o bien
- c) se pide la homologación conforme a una serie posterior de enmiendas después de su entrada en vigor.

8.2. La confirmación o denegación de la homologación se comunicará a las Partes contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento, especificándose los cambios, mediante el procedimiento indicado en el apartado 4.3. Por otra parte, el índice de las fichas de características y de los informes de ensayo, que se adjunta al documento de comunicación del anexo 1, se modificará en consecuencia para mostrar la fecha de la revisión o extensión más reciente.

8.3. La autoridad de homologación de tipo que otorgue la extensión de la homologación asignará un número de serie a cada formulario de comunicación emitido para dicha extensión.

9. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Los procedimientos relativos a la conformidad de la producción se ajustarán a las disposiciones generales definidas en el apéndice 2 del Acuerdo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2) y cumplirán los requisitos siguientes:

9.1. Todo vehículo, sistema de almacenamiento de hidrógeno o componente homologado con arreglo al presente Reglamento estará fabricado de manera que se ajuste al tipo homologado y cumpla los requisitos correspondientes de los apartados 5 a 7.

9.2. La autoridad de homologación de tipo que haya concedido la homologación podrá verificar en todo momento la conformidad de los métodos de control aplicables a cada unidad de producción. La frecuencia normal de las verificaciones será de una vez cada dos años.

9.3. En el caso del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido, el control de la producción cumplirá los requisitos adicionales que figuran a continuación.

9.3.1. Los recipientes se someterán a ensayo de conformidad con el apartado 5.2.1 del presente Reglamento. La presión de ensayo será del ≥ 150 % de la PNT.

9.3.2. Ensayos por lotes

En cualquier caso, en cada uno de los lotes, que no podrán exceder de 200 botellas o camisas terminadas (excluidas las botellas o camisas para ensayos destructivos) o de un turno de producción sucesiva si este último valor es mayor, al menos un recipiente se someterá al ensayo de ruptura del apartado 9.3.2.1 y al menos un recipiente se someterá al ensayo de ciclos de presión del apartado 9.3.2.2.

9.3.2.1. Ensayo de ruptura en el ensayo por lotes

El ensayo se realizará de conformidad con el anexo 3, punto 2.1 (ensayo de ruptura a presión hidrostática). La presión de ruptura exigida será, como mínimo, BP_{min} y la presión de ruptura media registrada en los últimos 10 ensayos será de BPO – 10 % o superior.

9.3.2.2. Ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente en el ensayo por lotes

El ensayo se realizará de conformidad con el anexo 3, punto 2.2, letras a) a c), (ensayo de ciclos a presión hidrostática), excepto el requisito de temperatura para el líquido y el revestimiento del recipiente y el requisito de la humedad relativa, que no son de aplicación. La botella se someterá a ciclos de presión con presiones hidrostáticas del ≥ 125 % de la PNT, hasta 22 000 ciclos cuando no se produzca ninguna fuga o hasta que se produzca una fuga. Para una vida útil de 15 años, no deberán producirse fugas ni rupturas en la botella durante los primeros 11 000 ciclos.

9.3.2.3. Disposiciones de flexibilización

En el ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente durante el ensayo por lotes, las botellas acabadas se someterán a ciclos de presión a la frecuencia de muestreo que se establece a continuación.

9.3.2.3.1. Una botella de cada lote se someterá a 11 000 ciclos de presión en el caso de una vida útil de 15 años.

9.3.2.3.2. Cuando en 10 lotes de producción secuencial con el mismo diseño, no se produzca ninguna fuga ni ruptura en las botellas sometidas a ciclos de presión en menos de 11 000 ciclos \times 1,5 en el caso de una vida útil de 15 años, podrá reducirse el ensayo de ciclos de presión a una botella de cada 5 lotes de producción.

9.3.2.3.3. Cuando en 10 lotes de producción secuencial con el mismo diseño, no se produzca ninguna fuga ni ruptura en las botellas sometidas a ciclos de presión en menos de 11 000 ciclos \times 2,0 en el caso de una vida útil de 15 años, podrá reducirse el ensayo de ciclos de presión a una botella de cada 10 lotes de producción.

9.3.2.3.4. Cuando hayan transcurrido más de 6 meses desde el último lote de producción, la frecuencia de muestreo del siguiente lote de producción será la especificada en el apartado 9.3.2.3.2 o 9.3.2.3.3.

9.3.2.3.5. Cuando alguna de las botellas sometidas a ensayo a la frecuencia de muestreo indicada en el apartado 9.3.2.3.2 o 9.3.2.3.3 no se ajuste al número de ciclos de presión exigidos, deberá repetirse el ensayo de ciclos de presión a la frecuencia de muestreo del apartado 9.3.2.3.1 para un mínimo de 10 lotes de producción. La frecuencia de muestreo para los ensayos realizados después será la especificada en el apartado 9.3.2.3.2 o 9.3.2.3.3.

9.3.2.3.6. Cuando alguna de las botellas sometidas a ensayo a la frecuencia de muestreo indicada en el apartado 9.3.2.3.1, 9.3.2.3.2 o 9.3.2.3.3 no se ajuste al requisito mínimo relativo al número de ciclos de presión (11 000 ciclos), se determinará la causa del fallo y se corregirá siguiendo los procedimientos del apartado 9.3.2.3.7.

El ensayo de ciclos de presión se repetirá entonces con 3 botellas adicionales de ese lote. Cuando alguna de las tres botellas adicionales no se ajuste al requisito mínimo relativo al número de ciclos de presión (11 000 ciclos), se rechazarán todas las botellas de ese lote.

9.3.2.3.7. En caso de incumplimiento de los requisitos de ensayo, se repetirán los ensayos o se aplicará un tratamiento térmico y se repetirán los ensayos de la manera siguiente:

a) si hay pruebas de que se ha producido un fallo al realizar un ensayo o de que ha habido un error de medición, se realizará un nuevo ensayo; si el resultado de este último ensayo es satisfactorio, se ignorará el primero;

b) si el ensayo se ha realizado de forma satisfactoria, se identificará la causa del fallo.

Se rechazarán o repararán siguiendo un método aprobado todas las botellas que no cumplan los requisitos. Las botellas que no hayan sido rechazadas se considerarán un nuevo lote.

En cualquier caso, se volverá a someter a ensayo el nuevo lote. Se realizarán de nuevo todos los ensayos de prototipos o lotes necesarios para demostrar la aceptabilidad del nuevo lote. Si, a raíz de uno o varios ensayos, se demuestra que alguna de las botellas de un lote no cumple los requisitos, se rechazarán todas las botellas de ese lote.

10. SANCIONES POR DISCONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

10.1. La homologación concedida a un tipo de vehículo, sistema o componente con arreglo al presente Reglamento podrá retirarse si no se cumplen los requisitos establecidos en el apartado 9.

10.2. Cuando una Parte contratante retire una homologación que había concedido anteriormente, informará de ello inmediatamente a las demás Partes contratantes que apliquen el presente Reglamento enviándoles un formulario de comunicación conforme al modelo que figura en el anexo 1, parte 2, de dicho Reglamento.

11. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

Cuando el titular de una homologación deje de fabricar definitivamente un tipo de vehículo, un sistema o un componente homologado con arreglo al presente Reglamento, informará de ello a la autoridad que concedió la homologación, quien, a su vez, informará inmediatamente a las demás Partes contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento mediante un formulario de comunicación conforme al modelo que figura en el anexo 1, parte 2, de dicho Reglamento.

12. NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE REALIZAR LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LAS AUTORIDADES DE HOMOLOGACIÓN DE TIPO

Las Partes contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento comunicarán a la Secretaría de las Naciones Unidas el nombre y la dirección de los servicios técnicos responsables de realizar los ensayos de homologación y de las autoridades de homologación de tipo que concedan la homologación y a las cuales deban remitirse los formularios que certifiquen la concesión, la extensión, la denegación o la retirada de la homologación.

ANEXO 1

PARTE 1

Modelo I

Ficha de características n.º [...] relativa a la homologación de tipo de un sistema de almacenamiento de hidrógeno en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno

La información que figura a continuación, en su caso, incluirá un índice. Todos los dibujos se entregarán a la escala adecuada, tendrán un nivel de detalle suficiente y se presentarán en formato A4 o en una carpeta de ese formato. Si se presentan fotografías, deberán ser suficientemente detalladas.

Si los sistemas o componentes están provistos de mandos electrónicos, se facilitará la información relativa a su funcionamiento.

- 0. Generalidades
 - 0.1. Marca (nombre comercial del fabricante):
 - 0.2. Tipo:
 - 0.2.1. Nombre(s) comercial(es) (si están disponibles):
 - 0.5. Nombre y dirección del fabricante:
 - 0.8. Nombre y dirección de la(s) planta(s) de montaje :
 - 0.9. Nombre y dirección del representante del fabricante (en su caso):
- 3. Grupo motopropulsor
 - 3.9. Sistema de almacenamiento de hidrógeno
 - 3.9.1. Sistema de almacenamiento de hidrógeno diseñado para utilizar hidrógeno líquido/comprimido (gaseoso) ⁽¹⁾
 - 3.9.1.1. Descripción y dibujo del sistema de almacenamiento de hidrógeno:
 - 3.9.1.2. Marca(s):
 - 3.9.1.3. Tipo(s):
 - 3.9.2. Recipiente(s):
 - 3.9.2.1. Marca(s):
 - 3.9.2.2. Tipo(s):
 - 3.9.2.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
 - 3.9.2.4. Presión nominal de trabajo: MPa
 - 3.9.2.5. Número de ciclos de llenado:
 - 3.9.2.6. Capacidad: litros (agua)
 - 3.9.2.7. Material:
 - 3.9.2.8. Descripción y dibujo:
 - 3.9.3. Dispositivo(s) limitador(es) de presión de activación térmica
 - 3.9.3.1. Marca(s):
 - 3.9.3.2. Tipo(s):

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda (en algunos casos no es necesario tachar nada, si más de una opción es aplicable).

- 3.9.3.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
- 3.9.3.4. Presión fijada:
- 3.9.3.5. Temperatura fijada:
- 3.9.3.6. Capacidad de evacuación:
- 3.9.3.7. Temperatura máxima de funcionamiento normal: °C
- 3.9.3.8. Presión nominal de trabajo: MPa
- 3.9.3.9. Material:
- 3.9.3.10. Descripción y dibujo:
- 3.9.3.11. Número de homologación:
- 3.9.4. Válvula(s) de retención
- 3.9.4.1. Marca(s):
- 3.9.4.2. Tipo(s):
- 3.9.4.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
- 3.9.4.4. Presión nominal de trabajo: MPa
- 3.9.4.5. Material:
- 3.9.4.6. Descripción y dibujo:
- 3.9.4.7. Número de homologación:
- 3.9.5. Válvula(s) de cierre automático
- 3.9.5.1. Marca(s):
- 3.9.5.2. Tipo(s):
- 3.9.5.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
- 3.9.5.4. Presión nominal de trabajo y, si es después del primer regulador de presión, presión máxima de trabajo permitida: MPa
- 3.9.5.5. Material:
- 3.9.5.6. Descripción y dibujo:
- 3.9.5.7. Número de homologación:

Modelo II

Ficha de características n.º [...] relativa a la homologación de tipo de un componente específico de un sistema de almacenamiento de hidrógeno en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno

La información que figura a continuación, en su caso, incluirá un índice. Todos los dibujos se entregarán a la escala adecuada, tendrán un nivel de detalle suficiente y se presentarán en formato A4 o en una carpeta de ese formato. Si se presentan fotografías, deberán ser suficientemente detalladas.

Si los componentes están provistos de mandos electrónicos, se facilitará la información relativa a su funcionamiento.

0. Generalidades

0.1. Marca (nombre comercial del fabricante):

- 0.2. Tipo:
- 0.2.1. Nombre(s) comercial(es) (si están disponibles):
- 0.5. Nombre y dirección del fabricante:
- 0.8. Nombre y dirección de la(s) planta(s) de montaje:
- 0.9. Nombre y dirección del representante del fabricante (en su caso):
3. Grupo motopropulsor
- 3.9.3. Dispositivo(s) limitador(es) de presión de activación térmica
- 3.9.3.1. Marca(s):
- 3.9.3.2. Tipo(s):
- 3.9.3.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
- 3.9.3.4. Presión fijada:
- 3.9.3.5. Temperatura fijada:
- 3.9.3.6. Capacidad de evacuación:
- 3.9.3.7. Temperatura máxima de funcionamiento normal: °C
- 3.9.3.8. Presión nominal de trabajo: MPa
- 3.9.3.9. Material:
- 3.9.3.10. Descripción y dibujo:
- 3.9.4. Válvula(s) de retención
- 3.9.4.1. Marca(s):
- 3.9.4.2. Tipo(s) :
- 3.9.4.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
- 3.9.4.4. Presión nominal de trabajo: MPa
- 3.9.4.5. Material:
- 3.9.4.6. Descripción y dibujo:
- 3.9.5. Válvula(s) de cierre automático
- 3.9.5.1. Marca(s):
- 3.9.5.2. Tipo(s):
- 3.9.5.3. Presión máxima de trabajo permitida (PMTP): MPa
- 3.9.5.4. Presión nominal de trabajo y, si es después del primer regulador de presión, presión máxima de trabajo permitida: MPa
- 3.9.5.5. Material:
- 3.9.5.6. Descripción y dibujo:

Modelo III

Ficha de características n.º [...] relativa a la homologación de tipo de un vehículo en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno

La información que figura a continuación, en su caso, incluirá un índice. Todos los dibujos se entregarán a la escala adecuada, tendrán un nivel de detalle suficiente y se presentarán en formato A4 o en una carpeta de ese formato. Si se presentan fotografías, deberán ser suficientemente detalladas.

Si los sistemas o componentes están provistos de mandos electrónicos, se facilitará la información relativa a su funcionamiento.

0. Generalidades
 - 0.1. Marca (nombre comercial del fabricante):
 - 0.2. Tipo:
 - 0.2.1. Nombre(s) comercial(es) (si están disponibles):
 - 0.3. Medio de identificación del tipo, si está marcado en el vehículo: (²)
 - 0.3.1. Ubicación de esa marca:
 - 0.4. Categoría del vehículo: (³)
 - 0.5. Nombre y dirección del fabricante:
 - 0.8. Nombre y dirección de la(s) planta(s) de montaje:
 - 0.9. Nombre y dirección del representante del fabricante (en su caso):
1. Características generales de construcción del vehículo
 - 1.1. Fotografías o dibujos de un vehículo representativo:
 - 1.3.3. Ejes motores (número, posición e interconexión):
 - 1.4. Bastidor (en su caso) (dibujo general):
3. Grupo motopropulsor
 - 3.9. Sistema de almacenamiento de hidrógeno
 - 3.9.1. Sistema de almacenamiento de hidrógeno diseñado para utilizar hidrógeno líquido/comprimido (gaseoso) (⁴)
 - 3.9.1.1. Descripción y dibujo del sistema de almacenamiento de hidrógeno:
 - 3.9.1.2. Marca(s):
 - 3.9.1.3. Tipo(s):
 - 3.9.1.4. Número de homologación:
 - 3.9.6. Sensores de detección de fugas de hidrógeno:
 - 3.9.6.1. Marca(s):
 - 3.9.6.2. Tipo(s):
 - 3.9.7. Conexión o receptáculo para el reabastecimiento de combustible:
 - 3.9.7.1. Marca(s):
 - 3.9.7.2. Tipo(s):
 - 3.9.8. Dibujos en los que figuren los requisitos de instalación y funcionamiento.

(²) Si el medio de identificación del tipo contiene caracteres no pertinentes para describir el tipo de vehículo objeto de la presente ficha de características, dichos caracteres se representarán en la documentación con el símbolo «[...]» (por ejemplo, [...]).

(³) Con arreglo a la definición que figura 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.

(⁴) Táchese lo que no proceda (en algunos casos no es necesario tachar nada, si más de una opción es aplicable).

PARTE 2

Modelo I**COMUNICACIÓN**

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



expedida por: Nombre de la administración:

.....

.....

.....

- 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 sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134

N.º de homologación N.º de extensión

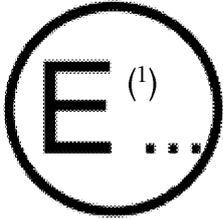
1. Marca:
2. Tipo y nombres comerciales:
3. Nombre y dirección del fabricante:
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
5. Breve descripción del sistema de almacenamiento de hidrógeno:
6. Fecha de presentación del sistema de almacenamiento de hidrógeno para su homologación:
7. Servicio técnico que realiza los ensayos de homologación:
8. Fecha del informe elaborado por dicho servicio:
9. Número del informe elaborado por dicho servicio:
10. Se concede/rechaza ⁽²⁾ la homologación en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno:
11. Lugar:
12. Fecha:
13. Firma:
14. Ficha de características adjunta a la presente comunicación:
15. Observaciones:

⁽¹⁾ Número distintivo del país que ha concedido, extendido, denegado o retirado la homologación (véanse las disposiciones sobre homologación del Reglamento).

⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.

Modelo II
COMUNICACIÓN

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



expedida por: Nombre de la administración:

.....
.....
.....

- 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 componente específico (DLPT/válvula de retención/válvula de bloqueo automático ⁽²⁾) en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134

N.º de homologación N.º de extensión

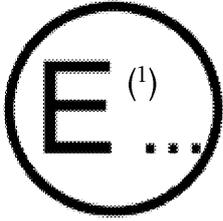
1. Marca:
2. Tipo y nombres comerciales:
3. Nombre y dirección del fabricante:
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
5. Breve descripción del componente específico:
6. Fecha de presentación del componente específico para su homologación:
7. Servicio técnico que realiza los ensayos de homologación:
8. Fecha del informe elaborado por dicho servicio:
9. Número del informe elaborado por dicho servicio:
10. Se concede/rechaza ⁽²⁾ la homologación en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno:
11. Lugar:
12. Fecha:
13. Firma:
14. Ficha de características adjunta a la presente comunicación:
15. Observaciones:

⁽¹⁾ Número distintivo del país que ha concedido, extendido, denegado o retirado la homologación (véanse las disposiciones sobre homologación del Reglamento).

⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.

Modelo III
COMUNICACIÓN

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



expedida por: Nombre de la administración:

.....

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 en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134

N.º de homologación N.º de extensión

1. Marca:
2. Tipo y nombres comerciales:
3. Nombre y dirección del fabricante:
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
5. Breve descripción del vehículo:
6. Fecha de presentación del vehículo para su homologación:
7. Servicio técnico que realiza los ensayos de homologación:
8. Fecha del informe elaborado por dicho servicio:
9. Número del informe elaborado por dicho servicio:
10. Se concede/rechaza ⁽²⁾ la homologación en relación con el rendimiento en cuanto a seguridad de los vehículos de hidrógeno:
11. Lugar:
12. Fecha:
13. Firma:
14. Ficha de características adjunta a la presente comunicación:
15. Observaciones:

⁽¹⁾ Número distintivo del país que ha concedido, extendido, denegado o retirado la homologación (véanse las disposiciones sobre homologación del Reglamento).

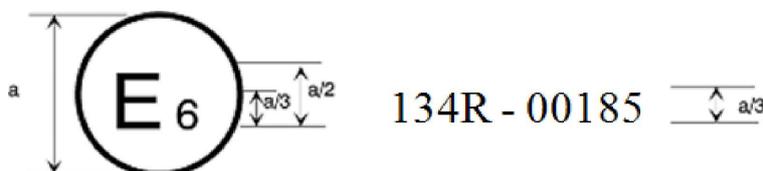
⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.

ANEXO 2

DISPOSICIÓN DE LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN

MODELO A

(véanse los apartados 4.4 a 4.4.2 del presente Reglamento)

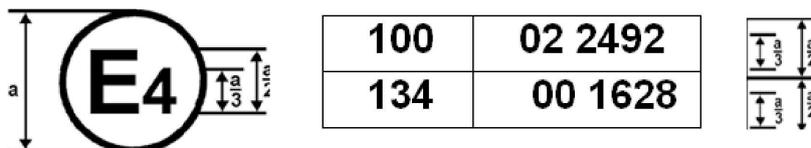


a = 8 mm mín.

La marca de homologación anterior, colocada en un vehículo/sistema de almacenamiento/componente específico indica que el vehículo/sistema de almacenamiento/componente específico en cuestión ha sido homologado en Bélgica (E6) en relación con el rendimiento en cuanto a la seguridad de los vehículos de hidrógeno con arreglo al Reglamento n.º 134. Los dos primeros dígitos del número de homologación indican que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n.º 134 en su forma original.

MODELO B

(véase el apartado 4.5 del presente Reglamento)



a = 8 mm mín.

La marca de homologación anterior, colocada en un vehículo indica que el vehículo de carretera en cuestión ha sido homologado en los Países Bajos (E4) con arreglo a los Reglamentos n.º 134 y 100 (*). El número de homologación indica que, cuando se concedieron las homologaciones respectivas, el Reglamento n.º 100 había sido modificado mediante la serie 02 de enmiendas, mientras que el Reglamento n.º 134 se hallaba aún en su forma original.

(*) El segundo número se da únicamente a título de ejemplo.

ANEXO 3

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO

1. LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA LOS REQUISITOS DE CALIFICACIÓN RELATIVOS AL ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO SE ORGANIZAN DE LA MANERA SIGUIENTE:

El punto 2 del presente anexo corresponde a los procedimientos de ensayo para la verificación de las medidas de rendimiento de referencia (requisito del apartado 5.1 del presente Reglamento).

El punto 3 del presente anexo corresponde a los procedimientos de ensayo para la verificación de la durabilidad del rendimiento (requisito del apartado 5.2 del presente Reglamento).

El punto 4 del presente anexo corresponde a los procedimientos de ensayo para la verificación del rendimiento esperado en carretera (requisito del apartado 5.3 del presente Reglamento).

El punto 5 del presente anexo corresponde a los procedimientos de ensayo de verificación del funcionamiento del sistema de interrupción del servicio en caso de fuego (requisito del apartado 5.4 del presente Reglamento).

El punto 6 del presente anexo corresponde a los procedimientos de ensayo para la verificación de la durabilidad del rendimiento de los cierres principales (requisito del apartado 5.5 del presente Reglamento).

2. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA LA VERIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE RENDIMIENTO DE REFERENCIA (VÉASE EL APARTADO 5.1 DEL PRESENTE REGLAMENTO)

- 2.1. Ensayo de presión (hidráulico)

El ensayo de presión se realiza a la temperatura ambiente de 20 (± 5) °C, utilizando un líquido no corrosivo.

- 2.2. Ensayo de ciclos a presión (hidráulico)

Este ensayo se realiza de conformidad con el procedimiento siguiente:

- a) el recipiente se rellena con un líquido no corrosivo;
- b) el recipiente y el líquido se estabilizan a la temperatura y la humedad relativa especificadas al inicio del ensayo; el entorno, el líquido y el revestimiento del recipiente se mantienen a la temperatura especificada todo el tiempo que dure el ensayo; la temperatura del recipiente podrá diferir de la temperatura ambiente durante el ensayo;
- c) el recipiente se somete a ciclos de presión de entre 2 (± 1) MPa y la presión objetivo a una velocidad que no excederá de 10 ciclos por minuto para el número de ciclos especificado;
- d) la temperatura del líquido hidráulico dentro del recipiente se mantiene y controla en el valor especificado.

3. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA LA VERIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD DEL RENDIMIENTO (VÉASE EL APARTADO 5.2 DEL PRESENTE REGLAMENTO)

- 3.1. Ensayo de presión de prueba

El sistema se somete a presión de manera regular y continua con un líquido hidráulico no corrosivo hasta alcanzar el nivel de presión objetivo y, a continuación, se mantiene durante el tiempo especificado.

- 3.2. Ensayo de caída (impacto) (sin presurización)

El recipiente de almacenamiento se somete al ensayo de caída a temperatura ambiente sin presurización interna ni válvulas instaladas. La superficie en la que se dejan caer los recipientes será un suelo de cemento horizontal liso u otro tipo de suelo de dureza equivalente.

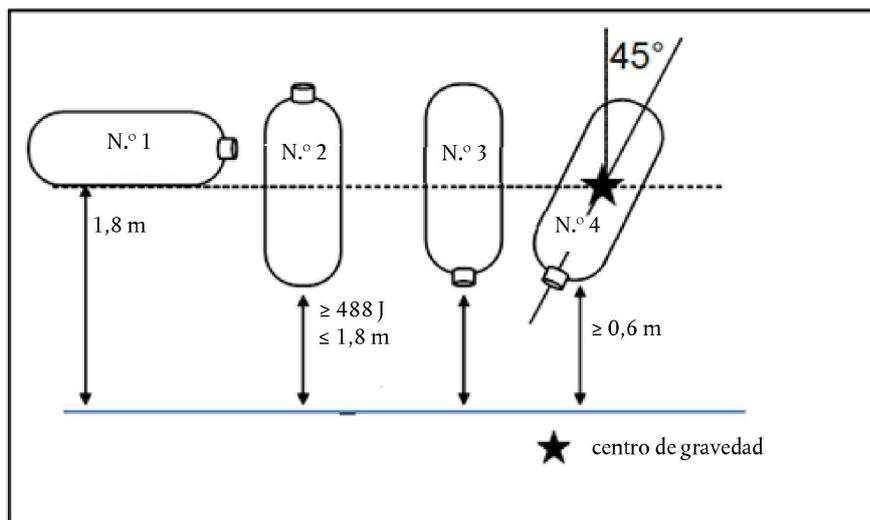
La posición del recipiente que se deja caer (de conformidad con el requisito del apartado 5.2.2) se determinará de la manera siguiente: uno o varios recipientes adicionales se dejarán caer en cada una de las posiciones que se describen a continuación. Para las cuatro posiciones de caída podrá utilizarse un único recipiente o hasta cuatro.

- i) se deja caer una vez desde una posición horizontal con el fondo del recipiente 1,8 m por encima del suelo;
- ii) se deja caer una vez sobre el extremo del recipiente desde una posición vertical, con el extremo de entrada hacia arriba, con una energía potencial mínima de 488 J y con el extremo situado hacia abajo a una altura no superior a 1,8 m;
- iii) se deja caer una vez sobre el extremo del recipiente desde una posición vertical, con el extremo de entrada hacia abajo, con una energía potencial mínima de 488 J y con el extremo situado hacia abajo a una altura no superior a 1,8 m; si el recipiente es simétrico (extremos de entrada idénticos) esta posición de caída no es necesaria;
- iv) se deja caer una vez con una inclinación de 45° desde la posición vertical, con el extremo de entrada hacia abajo y el centro de gravedad situado 1,8 m por encima del suelo; no obstante, si la distancia al suelo del extremo situado hacia abajo es inferior a 0,6 m, se modificará el ángulo de caída para mantener una altura mínima de 0,6 m y para que el centro de gravedad quede situado a 1,8 m del suelo.

En la figura 1 se muestran las cuatro posiciones de caída.

Figura 1

Posiciones de caída



No se podrá evitar que los recipientes reboten al caer, pero sí que se vuelquen durante los ensayos de caída vertical descritos.

Si se utiliza más de un recipiente para ejecutar todas las especificaciones de caída, los recipientes utilizados deberán ser sometidos a ciclos de presión de conformidad con el anexo 3, punto 2.2, hasta que se produzca una fuga o hasta 22 000 ciclos sin que se haya producido ninguna fuga. Hasta los 11 000 ciclos no deberá producirse ninguna fuga.

La posición del recipiente que se deja caer de conformidad con el requisito del apartado 5.2.2 se determinará de la manera siguiente:

- a) si un único recipiente se somete a las cuatro posiciones de caída, el recipiente que se deja caer de conformidad con el requisito del apartado 5.2.2 se dejará caer en las cuatro posiciones;
- b) si se utilizan varios recipientes para ejecutar las cuatro posiciones de caída y todos ellos llegan a los 22 000 ciclos sin que se produzca ninguna fuga, la posición de caída del recipiente que se deja caer de conformidad con el requisito del apartado 5.2.2 será la iv), la inclinación de 45°, por lo que el recipiente deberá someterse además a los ensayos especificados en el apartado 5.2;

- c) si se utilizan varios recipientes para ejecutar las cuatro posiciones de caída y alguno de ellos no llega a los 22 000 ciclos sin que se produzca ninguna fuga, el nuevo recipiente se someterá a la posición o posiciones de caída que hayan dado lugar al menor número de ciclos antes de la fuga y, a continuación, a los ensayos especificados en el apartado 5.2.

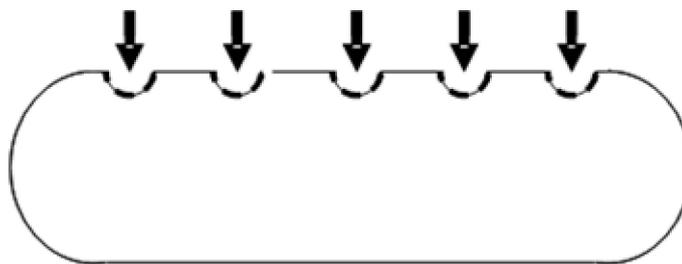
3.3. Ensayo de daños superficiales (sin presurización)

Este ensayo se desarrolla de la manera siguiente:

- a) Cortes en la superficie: Se realizan dos cortes longitudinales en la superficie exterior inferior del recipiente de almacenamiento horizontal no presurizado, a lo largo de la parte cilíndrica, cerca de la zona redondeada, pero no en esa zona. El primer corte debe tener, como mínimo, 1,25 mm de profundidad y 25 mm de longitud hacia el extremo en el que se sitúa la válvula. El segundo corte debe tener, como mínimo, 0,75 mm de profundidad y 200 mm de longitud hacia el extremo opuesto a la válvula.
- b) Impactos de péndulo: La parte superior del recipiente de almacenamiento horizontal debe dividirse en 5 zonas distintas de 100 mm de diámetro cada una (que no se superpongan) (véase la figura 2). Tras 12 horas de preacondicionamiento a ≤ -40 °C en una cámara de atmósfera controlada, el centro de cada una de las 5 zonas debe ser golpeado por un péndulo piramidal con las caras en forma de triángulo equilátero y la base cuadrada, y con la cúspide y los bordes redondeados con un radio de 3 mm. El centro de impacto del péndulo debe coincidir con el centro de gravedad de la pirámide. La energía del péndulo en el momento del impacto con cada una de las 5 zonas marcadas en el recipiente debe ser de 30 J. El recipiente debe estar bien fijado durante los impactos del péndulo y sin presurizar.

Figura 2

Vista lateral del recipiente



Vista lateral del recipiente

3.4. Ensayo de exposición a agentes químicos y a ciclos de presión a temperatura ambiente

Cada una de las 5 zonas del recipiente no presurizado preacondicionado por el impacto del péndulo (anexo 3, punto 3.3) debe exponerse a una de las soluciones siguientes:

- a) 19 % (en volumen) de ácido sulfúrico en agua (ácido de baterías);
- b) 25 % (en peso) de hidróxido de sodio en agua;
- c) 5 % (en volumen) de metanol en gasolina (líquidos disponibles en las estaciones de abastecimiento);
- d) 28 % (en peso) de nitrato de amonio en agua (urea); y
- e) 50 % (en volumen) de alcohol metílico en agua (líquido limpiaparabrisas).

El recipiente de ensayo debe estar colocado de manera que las zonas de exposición al líquido estén situadas arriba. En cada una de las 5 zonas preacondicionadas debe colocarse una almohadilla de lana de vidrio de aproximadamente 0,5 mm de grosor y 100 mm de diámetro. Se aplica a la lana de vidrio una cantidad de líquido de ensayo suficiente para garantizar que la almohadilla esté mojada en toda su superficie y grosor durante todo el ensayo.

La exposición del recipiente a la lana de vidrio debe mantenerse 48 horas, con el recipiente a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) (aplicada hidráulicamente) y a una temperatura de 20 (\pm 5) °C antes de someterse a nuevos ensayos.

Los ciclos de presión se ejecutan a las presiones objetivo especificadas de conformidad con el punto 2.2 del presente anexo a 20 (± 5) °C para los números de ciclos especificados. A continuación, se retiran las almohadillas de lana de vidrio y se enjuaga con agua la superficie del recipiente, antes de ejecutar los 10 ciclos finales a la presión objetivo final especificada.

3.5. Ensayo de presión estática (ensayo hidráulico)

El sistema de almacenamiento se somete a la presión objetivo en una cámara de temperatura controlada. La temperatura de la cámara y el líquido de abastecimiento no corrosivo se mantienen a la temperatura objetivo, con una tolerancia de ± 5 °C, durante el tiempo indicado.

4. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA LA VERIFICACIÓN DEL RENDIMIENTO ESPERADO EN CARRETERA (APARTADO 5.3 DEL PRESENTE REGLAMENTO)

(A continuación se describen los procedimientos de ensayos neumáticos; los ensayos hidráulicos se describen en el anexo 3, punto 2.1)

4.1. Ensayo de ciclos de presión de gas (neumático)

Al inicio del ensayo, el sistema de almacenamiento se estabiliza a la temperatura, la humedad relativa y el nivel de combustible especificados durante al menos 24 horas. La temperatura y la humedad relativa especificadas se mantienen en el entorno de ensayo a lo largo de toda su duración (cuando se exija en la especificación del ensayo, se estabilizará la temperatura del sistema a la temperatura ambiental externa entre los ciclos de presión). El sistema de almacenamiento se somete a ciclos de presión de entre menos de 2 (+ 0/- 1) MPa y la presión máxima especificada (± 1 MPa). Si los controles del sistema que están activos con el vehículo en servicio impiden que la presión baje de un valor especificado, los ciclos de ensayo no bajarán de esa presión especificada. La velocidad de llenado debe mantenerse en una tasa de aumento de la presión constante durante 3 min, pero sin que el caudal de combustible exceda de 60 g/s; la temperatura del combustible de hidrógeno introducido en el recipiente debe mantenerse en el valor especificado. Sin embargo, si la temperatura del gas en el recipiente excede de + 85 °C, debe reducirse la tasa de aumento de la presión. La velocidad de vaciado debe ser igual o superior a la demanda de combustible máxima del vehículo prevista. Se ejecuta el número de ciclos de presión especificado. Si se utilizan dispositivos o controles en el vehículo para evitar una temperatura interna extrema, el ensayo puede ejecutarse con esos dispositivos o controles (o con medidas equivalentes).

4.2. Ensayo de permeabilidad del gas (neumático)

Se llena completamente un sistema de almacenamiento con hidrógeno gaseoso al 115 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) (una densidad de llenado plena equivalente al 100 % de la PNT a + 15 °C equivale al 113 % de la PNT a + 55 °C) y se mantiene a $\geq + 55$ °C en un contenedor hermético hasta una permeabilidad en condiciones estabilizadas, o durante 30 horas si dicha permeabilidad se alcanza antes de que transcurra ese plazo. Se mide así la tasa de pérdida total en condiciones estabilizadas por fuga y permeabilidad del sistema de almacenamiento.

4.3. Ensayo de fugas de gas localizadas (neumático)

Para cumplir este requisito, se puede utilizar un ensayo de burbujas. Para realizar un ensayo de burbujas se sigue el procedimiento siguiente:

- a) Para este ensayo, se cubre el orificio de escape de la válvula de bloqueo automático (y otras conexiones internas a los sistemas de hidrógeno) (ya que este ensayo se centra en las fugas externas).

A discreción de la persona que realiza el ensayo, se puede sumergir el ejemplar de ensayo en el líquido del ensayo de fugas o se puede aplicar el líquido del ensayo de fugas al material situado al aire libre. El tamaño de las burbujas puede variar mucho, dependiendo de las condiciones. El alcance de la fuga se calcula a partir del tamaño y la velocidad de formación de las burbujas.

- b) *Nota:* Para una velocidad localizada de 0,005 mg/s (3,6 Nml/min), la velocidad resultante permitida de formación de burbujas es de unas 2 030 burbujas por minuto en el caso de un tamaño de burbuja típico de 1,5 mm de diámetro. Incluso si se forman burbujas mucho más grandes, la fuga debería ser fácilmente detectable. En el caso de un tamaño de burbuja inusualmente grande de 6 mm de diámetro, la velocidad permitida sería de unas 32 burbujas por minuto.

5. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA LA VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO EN CASO DE FUEGO (APARTADO 5.4 DEL PRESENTE REGLAMENTO)

5.1. Ensayo de resistencia al fuego

El conjunto de recipiente y accesorios de hidrógeno está formado por el sistema de almacenamiento de hidrógeno y otros elementos adicionales pertinentes, incluido el sistema de evacuación (como el conducto de evacuación y su revestimiento) y todas las protecciones colocadas directamente en el recipiente (como los aislantes térmicos del recipiente o las tapas o protecciones que cubren el o los DLPT).

Para determinar la posición del sistema con respecto al foco inicial del fuego (localizado), se utiliza uno de los dos métodos siguientes:

a) Método 1: Calificación de una instalación genérica (no específica) en un vehículo

Si no se especifica la configuración de la instalación en un vehículo (y la homologación de tipo del sistema no se limita a una configuración de instalación en un vehículo específica), la zona de exposición al fuego será la zona del ejemplar de ensayo más alejada del o los DLPT. El ejemplar de ensayo especificado anteriormente solo incluye los aislantes térmicos u otros dispositivos de protección colocados directamente en el recipiente que se utilizan en todas las aplicaciones del vehículo. El sistema o sistemas de evacuación (como el conducto de evacuación y su revestimiento) y las tapas o protecciones que cubren el o los DLPT se incluyen en el conjunto de recipiente y accesorios si está previsto utilizarlos en cualquier aplicación. Si un sistema se somete a ensayo sin componentes representativos y una aplicación del vehículo requiere el uso de esos componentes, deberá someterse a ensayo de nuevo el sistema.

b) Método 2: Calificación de una instalación específica en un vehículo

Si se especifica la configuración de la instalación en un vehículo y la homologación de tipo del sistema se limita a esa configuración específica, el montaje de ensayo podrá incluir también otros componentes del vehículo, además del sistema de almacenamiento de hidrógeno. Estos componentes del vehículo (como las protecciones o barreras, que están permanentemente unidas a la estructura del vehículo mediante pernos o por soldadura, y no están unidas al sistema de almacenamiento) se incluirán en el montaje de ensayo en la configuración instalada en el vehículo en relación con el sistema de almacenamiento de hidrógeno. Este ensayo de resistencia al fuego localizado se realiza en las zonas de exposición al fuego localizadas correspondientes a las hipótesis más desfavorables en función de las cuatro orientaciones posibles: fuego procedente del habitáculo, del compartimento para equipajes, del alojamiento de las ruedas o de un charco de gasolina en el suelo.

5.1.1. El recipiente podrá someterse a un fuego envolvente sin ninguna protección, como se describe en el anexo 3, punto 5.2.

5.1.2. Los requisitos de ensayo que figuran a continuación se aplican tanto si se utiliza el método 1 como el método 2:

a) El conjunto de recipiente y accesorios se llena de hidrógeno gaseoso comprimido al 100 % de la PNT (+ 2/ - 0 MPa). Se coloca horizontalmente, a 100 mm aproximadamente por encima del foco del fuego.

b) Porción localizada del ensayo de resistencia al fuego:

i) la zona de exposición al fuego localizada está situada en la parte del ejemplar de ensayo más alejada del o los DLPT; si se selecciona el método 2 y se detectan más zonas vulnerables para una configuración específica de la instalación en el vehículo, la zona más vulnerable que esté más alejada del o los DLPT se colocará directamente sobre el foco inicial del fuego;

ii) el foco del fuego está formado por quemadores de GLP dispuestos de manera que generen una temperatura mínima uniforme en el ejemplar de ensayo, medida con un mínimo de 5 termopares que cubran la longitud del ejemplar de ensayo hasta un máximo de 1,65 m (al menos 2 termopares se situarán en la zona de exposición al fuego localizada y como mínimo otros 3 espaciados a la misma distancia y a no más de 0,5 m en la zona restante), situados a 25 (\pm 10) mm de la superficie externa del ejemplar de ensayo en su eje longitudinal; a discreción del fabricante o del laboratorio de ensayo, podrán colocarse termopares adicionales en los puntos de detección del DLPT o en otros lugares, con fines opcionales de diagnóstico;

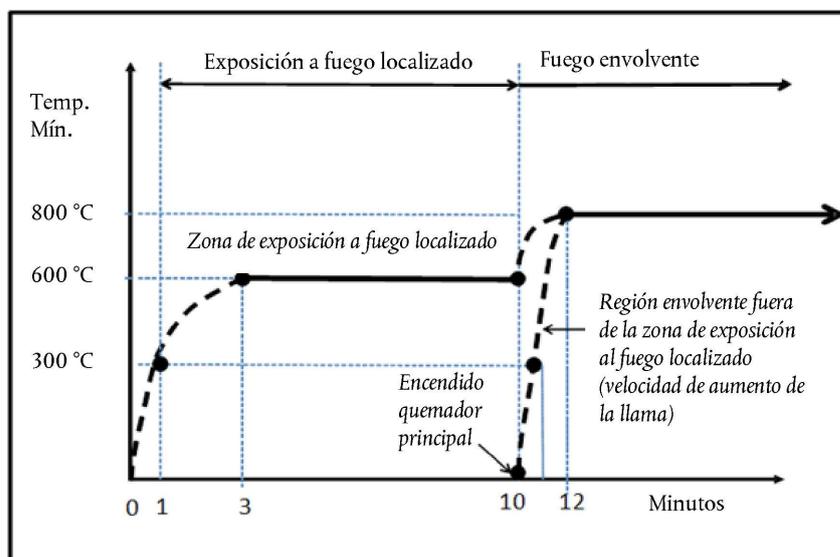
iii) para garantizar un calentamiento uniforme, se utilizan paravientos;

iv) el origen de las llamas está en un foco de 250 (\pm 50) mm de longitud situado debajo de la zona de exposición localizada del ejemplar de ensayo; la anchura del foco ocupa todo el diámetro del sistema de almacenamiento; si se selecciona el método 2, se reducirán la longitud y la anchura, si es necesario, para tener en cuenta las características específicas del vehículo;

v) como se muestra en la figura 3, la temperatura de los termopares en la zona de exposición al fuego localizada aumenta continuamente hasta 300 °C como mínimo en el minuto siguiente a la ignición y hasta 600 °C como mínimo en los 3 min siguientes a la ignición, y se mantiene en 600 °C como mínimo durante los 7 min siguientes; la temperatura en la zona de exposición al fuego localizada no excederá de 900 °C durante este período; la conformidad con los requisitos térmicos empieza 1 min después del inicio del período, con límites mínimo y máximo, y se basa en una media móvil de 1 min por cada termopar en la zona en cuestión (*nota*: la temperatura fuera de la zona del foco inicial del fuego no se precisa durante los 10 primeros minutos siguientes a la ignición).

Figura 3

Perfil de temperaturas del ensayo de resistencia al fuego



c) Porción envolvente del ensayo de resistencia al fuego

En los 2 min siguientes, la temperatura en toda la superficie del ejemplar de ensayo aumentará hasta los 800 °C como mínimo y el foco del fuego se extenderá hasta generar una temperatura uniforme en toda la longitud, hasta 1,65 m, y en toda la anchura del ejemplar de ensayo (fuego envolvente). La temperatura mínima se mantiene en 800 °C, y la temperatura máxima no excederá de 1 100 °C. La conformidad con los requisitos térmicos empieza 1 min después del inicio del período, con límites mínimo y máximo constantes, y se basa en una media móvil de 1 min por cada termopar.

El ejemplar de ensayo se mantiene a la temperatura especificada (condición de fuego envolvente) hasta que se produzca la evacuación en el sistema por medio del DLPT y la presión caiga por debajo de 1 MPa. La evacuación será continua (sin interrupción) y no habrá ruptura del sistema de almacenamiento. No deberá liberarse por fuga (ni a través del DLPT) gas adicional que dé lugar a una llama de longitud superior a 0,5 m más allá del perímetro de la llama aplicada.

Resumen del protocolo de ensayo de resistencia al fuego

	Exposición a un fuego localizado	Duración	Exposición a un fuego envolvente (independiente del fuego localizado)
Acción	Encender los quemadores	0-1 min	Sin quemador
Temperatura mínima	No se especifica		No se especifica
Temperatura máxima	Menos de 900 °C		No se especifica
Acción	Aumentar la temperatura y estabilizar el fuego para empezar la exposición al fuego localizado	1-3 min	Sin quemador
Temperatura mínima	Más de 300 °C		No se especifica
Temperatura máxima	Menos de 900 °C		No se especifica

	Exposición a un fuego localizado	Duración	Exposición a un fuego envolvente (independiente del fuego localizado)
Acción	Continuar la exposición al fuego localizado	3-10 min	Sin quemador
Temperatura mínima	Media móvil superior a 600 °C en 1 min		No se especifica
Temperatura máxima	Media móvil inferior a 900 °C en 1 min		No se especifica
Acción	Aumentar la temperatura	10-11 min	Encendido del quemador principal a los 10 min
Temperatura mínima	Media móvil superior a 600 °C en 1 min		No se especifica
Temperatura máxima	Media móvil inferior a 1 100 °C en 1 min		Menos de 1 100 °C
Acción	Aumentar la temperatura y estabilizar el fuego para empezar la exposición al fuego envolvente	11-12 min	Aumentar la temperatura y estabilizar el fuego para empezar la exposición al fuego envolvente
Temperatura mínima	Media móvil superior a 600 °C en 1 min		Más de 300 °C
Temperatura máxima	Media móvil inferior a 1 100 °C en 1 min		Menos de 1 100 °C
Acción	Continuar la exposición al fuego envolvente	12 min: fin del ensayo	Continuar la exposición al fuego envolvente
Temperatura mínima	Media móvil superior a 800 °C en 1 min		Media móvil superior a 800 °C en 1 min
Temperatura máxima	Media móvil inferior a 1 100 °C en 1 min		Media móvil inferior a 1 100 °C en 1 min

d) Registro de resultados del ensayo de resistencia al fuego

La disposición del fuego se registrará con suficiente detalle para garantizar la reproducibilidad de la tasa de aportación de calor al ejemplar de ensayo. Los resultados incluyen el tiempo transcurrido desde el inicio del fuego hasta el inicio de la evacuación a través del o los DLPT, y la presión máxima y el tiempo de evacuación hasta alcanzar una presión inferior a 1 MPa. Las temperaturas de los termopares y la presión en el recipiente se registran a intervalos de 10 s o menos durante el ensayo. Cualquier fallo en el cumplimiento de los requisitos de temperatura mínima especificados, basados en la media móvil de 1 min invalida los resultados del ensayo. Cualquier fallo en el cumplimiento de los requisitos de temperatura máxima especificados, basados en la media móvil de 1 min invalida los resultados del ensayo únicamente si se ha producido un fallo del ejemplar de ensayo durante el ensayo.

5.2. Ensayo de resistencia a un fuego envolvente

La unidad de ensayo es el sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido. El sistema de almacenamiento se llena de hidrógeno gaseoso comprimido al 100 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa). El recipiente se coloca horizontalmente, con el fondo 100 mm aproximadamente por encima del foco del fuego. Se utiliza una pantalla metálica para impedir la incidencia directa de la llama en las válvulas del recipiente, los accesorios o los DLP. La pantalla metálica no debe estar en contacto directo con el sistema especificado de protección contra el fuego (DLP o válvula del recipiente).

Un foco uniforme de 1,65 m de longitud hará incidir una llama directamente en la superficie del recipiente en todo su diámetro. Debe continuar el ensayo hasta la evacuación total del recipiente (hasta que la presión en el recipiente caiga por debajo de 0,7 MPa). Cualquier fallo o irregularidad del foco durante un ensayo invalidará el resultado.

Las temperaturas de la llama se controlarán por medio de 3 termopares como mínimo, suspendidos en la llama 25 mm aproximadamente por debajo del fondo del recipiente. Los termopares podrán estar unidos a cubos de acero de hasta 25 mm de lado. La temperatura de los termopares y la presión en el recipiente se registrarán cada 30 s durante el ensayo.

Transcurridos 5 min desde el inicio del fuego, la llama alcanzará una temperatura media mínima de 590 °C (con arreglo a la media de los dos termopares que registren las temperaturas más elevadas en un intervalo de 60 s), que se mantendrá durante todo el ensayo.

Si la longitud del recipiente es inferior a 1,65 m, el centro del recipiente se colocará por encima del centro del foco del fuego. Si la longitud del recipiente es superior a 1,65 m y el recipiente lleva instalado un DLP en uno de los extremos, el foco del fuego empezará en el extremo opuesto. Si la longitud del recipiente es superior a 1,65 m y el recipiente lleva instalados DLP en ambos extremos, o en más de un lugar a lo largo de su longitud, el centro del foco del fuego deberá estar centrado entre los DLP que estén separados por la mayor distancia horizontal.

El recipiente evacuará los gases a través de los DLP sin romperse.

ANEXO 4

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE COMPONENTES ESPECÍFICOS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO

1. ENSAYOS DE CALIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS DLPT

Estos ensayos deben realizarse con un hidrógeno gaseoso que se ajuste a la norma ISO 14687-2/SAE J2719. Salvo disposición en contrario, todos los ensayos deben realizarse a temperatura ambiente de 20 (± 5) °C. A continuación se describen los ensayos de calificación del funcionamiento de los DLPT (véase también el apéndice 1):

1.1. Ensayo de ciclos de presión

Se someten a 11 000 ciclos de presión interna 5 unidades de DLPT, con hidrógeno gaseoso que se ajuste a la norma ISO 14687-2/SAE J2719. Los 5 primeros ciclos de presión tienen lugar a una presión de entre 2 (± 1) MPa y el 150 % de la PNT (± 1 MPa); mientras que el resto de ciclos tienen lugar a una presión de entre 2 (± 1) MPa y el 125 % de la PNT (± 1 MPa). Los 1 500 primeros ciclos de presión tienen lugar con el DLPT a una temperatura de 85 °C o superior. El resto de ciclos tienen lugar con el DLPT a una temperatura de 55 (± 5) °C. La velocidad máxima de los ciclos de presión es de 10 ciclos por minuto. Después de este ensayo, el DLP deberá cumplir los requisitos del ensayo de fugas (anexo 4, punto 1.8), el ensayo de caudal (anexo 4, punto 1.10) y el ensayo de activación en el banco (anexo 4, punto 1.9).

1.2. Ensayo acelerado de vida útil

Se someten a ensayo 8 unidades de DLPT; 3 a la temperatura de activación especificada por el fabricante, Tact, y 5 a una temperatura de ensayo acelerado de vida útil, Tlife = $9,1 \times \text{Tact}^{0,503}$. El DLPT se sitúa en un horno o en un baño líquido a temperatura constante (± 1 °C). La presión del hidrógeno gaseoso en la entrada del DLPT es del 125 % de la PNT (± 1 MPa). La fuente de presión podrá situarse fuera del horno o del baño a temperatura controlada. Los dispositivos se someten a presión individualmente o mediante un sistema de colectores. Si se utiliza un sistema de colectores, cada una de las conexiones debe incluir una válvula de retención para evitar la despresurización del sistema cuando falle una muestra. Los 3 DLPT sometidos a ensayo a temperatura Tact deben activarse en menos de 10 horas. Los 5 DLPT sometidos a ensayo a temperatura Tlife no deben activarse antes de 500 horas.

1.3. Ensayo de ciclos de temperatura

- a) Un DLPT no presurizado se coloca en un baño líquido mantenido a una temperatura inferior o igual a -40 °C durante al menos 2 horas. Antes de que transcurran 5 min, el DLPT se transfiere a un baño líquido mantenido a una temperatura superior o igual a $+85$ °C y se mantiene a esa temperatura durante al menos 2 horas. Antes de que transcurran 5 min, el DLPT se transfiere a un baño líquido mantenido a una temperatura inferior o igual a -40 °C.
- b) Se repite el paso a) hasta alcanzar 15 ciclos térmicos.
- c) Con el DLPT acondicionado durante un mínimo de 2 horas en el baño líquido a una temperatura inferior o igual a -40 °C, la presión interna del DLPT se somete a 100 ciclos con hidrógeno gaseoso de entre 2 MPa ($+1/-0$ MPa) y el 80 % de la PNT ($+2/-0$ MPa), mientras se mantiene el baño líquido a una temperatura inferior o igual a -40 °C.
- d) Después de los ciclos de temperatura y de presión, el DLPT deberá cumplir los requisitos del ensayo de fugas (anexo 4, punto 1.8), pero dicho ensayo se realizará a una temperatura de -40 °C ($+5/-0$ °C). Después del ensayo de fugas, el DLPT deberá cumplir los requisitos del ensayo de activación en el banco (anexo 4, punto 1.9) y, a continuación, los del ensayo de caudal (anexo 4, punto 1.10).

1.4. Ensayo de resistencia a la corrosión por sal

Se someten a ensayo 2 unidades de DLPT. Se retiran todas las tapas no permanentes colocadas en las salidas. Cada una de las unidades de DLPT se instala en un equipo de ensayo de conformidad con el procedimiento recomendado por el fabricante, de manera que la exposición externa sea comparable a la de una instalación real. Cada unidad se expone durante 500 horas a un ensayo de niebla salina de conformidad con la norma ASTM B117 (Práctica estándar para la utilización de cámaras de niebla salina), con la diferencia de que, en el ensayo de una unidad, el pH de la solución salina debe ajustarse a $4,0 \pm 0,2$ añadiendo ácido sulfúrico y ácido nítrico en una proporción de 2:1 y, en el ensayo de la otra unidad, el pH de la solución salina debe ajustarse a $10,0 \pm 0,2$ añadiendo hidróxido de sodio. La temperatura en el interior de la cámara de niebla debe mantenerse a 30-35 °C.

Después de estos ensayos, los DLPT deberán cumplir los requisitos del ensayo de fugas (anexo 3, punto 6.1.8), el ensayo de caudal (anexo 3, punto 6.1.10) y el ensayo de activación en el banco (anexo 3, punto 6.1.9).

1.5. Ensayo de exposición al entorno del vehículo

La resistencia a la degradación por exposición externa a los líquidos de automoción se determina mediante el ensayo que figura a continuación.

a) Las conexiones de entrada y salida del DLPT deben estar conectadas o tapadas de conformidad con las instrucciones de instalación de los fabricantes. Las superficies externas del DLPT se exponen durante 24 horas, a una temperatura de $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$, a cada uno de los líquidos siguientes:

- i) ácido sulfúrico (solución al 19 % de volumen en agua);
- ii) hidróxido de sodio (solución al 25 % de peso en agua);
- iii) nitrato de amonio (28 % de peso en agua); y
- iv) líquido limpiaparabrisas (50 % de volumen: alcohol metílico y agua).

Los líquidos se van rellenando según sea necesario para garantizar la exposición completa durante todo el ensayo. Se realiza un ensayo diferente con cada líquido. Un componente puede exponerse sucesivamente a todos los líquidos.

b) Tras la exposición a cada uno de los líquidos, el componente se seca y se enjuaga con agua.

c) El componente no deberá mostrar signos de degradación física que puedan afectar a su funcionamiento, en particular: fisuras, reblandecimiento o protuberancias. Los cambios superficiales, como marcas o manchas, no se tienen en cuenta. Al término de estas exposiciones, la unidad o unidades deberán cumplir los requisitos del ensayo de fugas (anexo 4, punto 1.8), el ensayo de caudal (anexo 4, punto 1.10) y el ensayo de activación en el banco (anexo 4, punto 1.9).

1.6. Ensayo de agrietamiento por tensocorrosión

En el caso de los DLPT que contengan componentes en aleación de cobre (como el latón), solo se someterá a ensayo una unidad. Todos los componentes en aleación de cobre que estén en contacto con la atmósfera deberán desengrasarse y, a continuación, exponerse de manera continua durante 10 días a una mezcla húmeda de amoniaco y aire conservada en una cámara de cristal con tapa de cristal.

El amoniaco acuoso con una gravedad específica de 0,94 se mantiene en el fondo de la cámara de cristal, debajo de la muestra, en una concentración mínima de 20 ml por litro de volumen de la cámara. La muestra se coloca $35 (\pm 5)$ mm por encima de la solución de amoniaco acuoso en una bandeja inerte. La mezcla de amoniaco y aire se mantiene a una presión atmosférica de $35 (\pm 5) ^\circ\text{C}$. Tras el ensayo, los componentes en aleación de cobre no presentarán fisuras ni exfoliación.

1.7. Ensayo de caída y de resistencia a las vibraciones

a) Desde una altura de 2 m, a temperatura ambiente ($20 \pm 5 ^\circ\text{C}$), se dejan caer 6 DLPT sobre una superficie de cemento lisa. Tras el impacto inicial, se permite que las muestras reboten en la superficie de cemento. Cada unidad se deja caer en 6 posiciones (siguiendo los 3 ejes ortogonales: vertical, lateral y longitudinal, y en los 2 sentidos). Si ninguna de las 6 muestras presenta daños externos visibles que indiquen que la pieza no es adecuada para utilización, se pasará a la etapa b).

b) Se colocan en un equipo de ensayo, de conformidad con las instrucciones de instalación del fabricante, las 6 unidades de DLPT que se han dejado caer en la etapa a) más otra unidad que no ha sido sometida al ensayo de caída y, durante 30 min, se someten a vibraciones a lo largo de los 3 ejes ortogonales (vertical, lateral y longitudinal) a la frecuencia de resonancia más fuerte en cada eje. Las frecuencias de resonancia más fuertes se determinan mediante una aceleración de 1,5 g y un barrido a través de un rango de frecuencias sinusoidales de entre 10 y 500 Hz en 10 min. La frecuencia de resonancia se reconoce mediante un aumento pronunciado de la amplitud de vibración. Si la frecuencia de resonancia no se encuentra en este rango, se realizará el ensayo a 40 Hz. Después de este ensayo, ninguna muestra presentará daños externos visibles que indiquen que la pieza no es adecuada para utilización. Todas ellas deberán cumplir los requisitos del ensayo de fugas (anexo 4, punto 1.8), el ensayo de caudal (anexo 4, punto 1.10) y el ensayo de activación en el banco (anexo 4, punto 1.9).

1.8. Ensayo de fugas

Se somete a ensayo a temperatura ambiente, a alta temperatura y a baja temperatura un DLPT que no ha sido sometido a ensayo anteriormente ni está sujeto a otros ensayos de verificación del diseño. La unidad se mantiene durante una hora a cada una de las temperaturas y presiones de ensayo antes de someterse al ensayo. Las 3 condiciones del ensayo de temperatura son las siguientes:

- a) temperatura ambiente: la unidad se acondiciona a una temperatura de $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$; el ensayo se realiza al 5 % de la PNT (+ 0/- 2 MPa) y al 150 % de la PNT (+ 0/- 2 MPa);
- b) alta temperatura: la unidad se acondiciona a una temperatura superior o igual a $85 ^\circ\text{C}$; el ensayo se realiza al 5 % de la PNT (+ 0/- 2 MPa) y al 150 % de la PNT (+ 0/- 2 MPa);
- c) baja temperatura: la unidad se acondiciona a una temperatura inferior o igual a $-40 ^\circ\text{C}$; el ensayo se realiza al 5 % de la PNT (+ 0/- 2 MPa) y al 100 % de la PNT (+ 0/- 2 MPa)

Otras unidades se someten a los ensayos de fugas especificados en el anexo 4, punto 1, con exposición ininterrumpida a la temperatura especificada en esos ensayos.

Con todas las temperaturas de ensayo especificadas, la unidad se acondiciona durante 1 min por inmersión en un líquido a temperatura controlada (o método equivalente). Si, durante el tiempo especificado, no se observan burbujas, la muestra ha superado el ensayo. Si se observan burbujas, se mide la velocidad de fuga utilizando un método apropiado. El total de la velocidad de fuga de hidrógeno será inferior a 10 Nml/hora.

1.9. Ensayo de activación en el banco

Se someten a ensayo 2 nuevas unidades de DLPT que no están sujetas a otros ensayos de verificación del diseño, a fin de determinar un tiempo de referencia para la activación. Otras unidades que han sido sometidas a ensayo previo (de conformidad con el anexo 4, puntos 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 o 1.7) se someten al ensayo de activación en el banco con arreglo a lo dispuesto en otros ensayos del anexo 4, punto 1.

- a) El montaje del ensayo consiste en un horno o chimenea capaz de controlar la temperatura y el flujo del aire hasta alcanzar los $600 (\pm 10) ^\circ\text{C}$ en el aire que rodea al DLPT. La unidad de DLPT no se expone directamente a la llama. La unidad de DLPT se instala en un equipo de ensayo de conformidad con las instrucciones de instalación del fabricante; debe documentarse la configuración de ensayo.
- b) Para controlar la temperatura, se coloca un termopar en el horno o chimenea. La temperatura se mantiene dentro del rango aceptable durante 2 min antes de realizar el ensayo.
- c) La unidad de DLPT presurizada se inserta en el horno o chimenea, y se registra el tiempo que tarda en activarse el dispositivo. Antes de ser insertada en el horno o chimenea, una unidad de DLPT nueva (que no ha sido sometida a ensayo previo) se somete a una presión inferior o igual al 25 % de la PNT; las unidades de DLPT se someten a una presión inferior o igual al 25 % de la PNT, y la unidad nueva (que no ha sido sometida a ensayo previo) se somete a una presión del 100 % de la PNT.
- d) Las unidades de DLPT que han sido previamente sometidas a otros ensayos con arreglo al anexo 4, punto 1 se activarán antes de transcurridos 2 min más del tiempo de activación de referencia de la nueva unidad de DLPT que ha sido sometida a una presión de hasta el 25 % de la PNT.
- e) La diferencia en el tiempo de activación de las 2 unidades de DLPT que no han sido previamente sometidas a ensayo no superará los 2 min.

1.10. Ensayo de caudal

- a) Se someten al ensayo de caudal 8 unidades de DLPT. Las 8 unidades consisten en 3 nuevas unidades de DLPT y 1 procedente de cada uno de los ensayos previos siguientes: anexo 4, puntos 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 y 1.7.
- b) Las unidades de DLPT se activan de conformidad con el anexo 4, punto 1.9. Tras la activación y sin limpieza, retirada de piezas o reacondicionamiento, las unidades se someten al ensayo de caudal utilizando hidrógeno, aire o un gas inerte.
- c) El ensayo de caudal se realiza a una presión de entrada del gas de $2 (\pm 0,5) \text{ MPa}$. La salida tiene lugar a presión ambiente. Se registran la temperatura y la presión de entrada.
- d) El caudal se mide con una exactitud de $\pm 2 \%$. El valor más bajo medido de los 8 DLPT no será inferior al 90 % del caudal más elevado.

2. ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN Y LA VÁLVULA DE BLOQUEO AUTOMÁTICO

Estos ensayos deben realizarse con un hidrógeno gaseoso que se ajuste a la norma ISO 14687-2/SAE J2719. Salvo disposición en contrario, todos los ensayos deben realizarse a temperatura ambiente de 20 (± 5) °C. A continuación se describen los ensayos de calificación del funcionamiento de la válvula de retención y la válvula de bloqueo automático (véase también el apéndice 2):

2.1. Ensayo de resistencia hidrostática

El orificio de salida de los componentes debe estar acoplado y los asientos de la válvula o los bloques internos deben colocarse en posición abierta. Se somete a ensayo una unidad que no está sujeta a otros ensayos de verificación del diseño, a fin de establecer una presión de ruptura de referencia; otras unidades se someten a ensayo con arreglo a los ensayos del anexo 4, punto 2.

- a) Durante 3 min se aplica a la entrada del componente una presión hidrostática del 250 % de la PNT (+ 2/ - 0 MPa). Se examina el componente para asegurarse de que no se ha roto.
- b) A continuación, se incrementa la presión hidrostática a una velocidad inferior o igual a 1,4 MPa/s, hasta el fallo del componente. Se registra la presión hidrostática en el momento del fallo. La presión de fallo de las unidades sometidas a ensayo anteriormente será superior o igual al 80 % de la presión de fallo de referencia, a menos que la presión hidrostática exceda del 400 % de la PNT.

2.2. Ensayo de fugas

Se somete a ensayo a temperatura ambiente, a alta temperatura y a baja temperatura una unidad que no ha sido sometida a ensayo anteriormente ni está sujeta a otros ensayos de verificación del diseño. Las 3 condiciones del ensayo de temperatura son las siguientes:

- a) Temperatura ambiente: la unidad se acondiciona a 20 (± 5) °C; el ensayo se realiza al 5 % de la PNT (+ 0/ - 2 MPa) y al 150 % de la PNT (+ 0/ - 2 MPa);
- b) alta temperatura: la unidad se acondiciona a una temperatura superior o igual a 85 °C; el ensayo se realiza al 5 % de la PNT (+ 0/ - 2 MPa) y al 150 % de la PNT (+ 0/ - 2 MPa);
- c) baja temperatura: la unidad se acondiciona a una temperatura inferior o igual a - 40 °C; el ensayo se realiza al 5 % de la PNT (+ 0/ - 2 MPa) y al 100 % de la PNT (+ 0/ - 2 MPa)

Unidades adicionales se someten a ensayos de fugas siguiendo las especificaciones de otros ensayos establecidas en el anexo 4, punto 2, con exposición ininterrumpida a la temperatura especificada en esos ensayos.

El orificio de salida debe estar acoplado, con la conexión de acoplamiento adecuada, y debe aplicarse hidrógeno presurizado a la entrada. Respecto a todas las temperaturas de ensayo especificadas, la unidad se acondiciona durante 1 min por inmersión en un líquido a temperatura controlada (o método equivalente). Si, durante el tiempo especificado, no se observan burbujas, la muestra ha superado el ensayo. Si se observan burbujas, se mide la velocidad de fuga utilizando un método apropiado. La velocidad de fuga no excederá de 10 Nml/h de hidrógeno gaseoso.

2.3. Ensayo de ciclos de presión a temperaturas extremas

- a) El número total de ciclos operativos será de 11 000 para la válvula de retención y de 50 000 para la válvula de bloqueo automático. La unidad de válvula se instala en un equipo de ensayo correspondiente a la especificación de instalación del fabricante. El funcionamiento de la unidad se repite continuamente utilizando hidrógeno gaseoso a todas las presiones especificadas.

Un ciclo operativo se define de la manera siguiente:

- i) se conecta una válvula de retención a un equipo de ensayo y se aplica 6 veces una presión del 100 % de la PNT (+ 2/ - 0 MPa) a la entrada de la válvula con la salida cerrada; a continuación, se elimina la presión de la entrada de la válvula de retención; antes del siguiente ciclo, se reduce la presión a la salida de la válvula de retención por debajo del 60 % de la PNT;
- ii) se conecta una válvula de bloqueo automático a un equipo de ensayo y se aplica una presión continua tanto a la entrada como a la salida.

Por ciclo operativo se entiende una activación completa y la vuelta al punto de partida.

- b) Los ensayos se realizan en una unidad estabilizada a las temperaturas siguientes:
- i) ciclo a temperatura ambiente: la unidad se somete a ciclos operativos de apertura y cierre a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) durante el 90 % del total de ciclos con la parte estabilizada a una temperatura de 20 (\pm 5) °C; al finalizar los ciclos operativos a temperatura ambiente, la unidad debe superar el ensayo de fugas a temperatura ambiente del anexo 4, punto 2.2;
 - ii) ciclos a alta temperatura: la unidad se somete a ciclos operativos a una presión del 125 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) durante el 5 % del total de ciclos operativos con la parte estabilizada a una temperatura superior o igual a 85 °C; al finalizar los ciclos a 85 °C, la unidad debe superar el ensayo de fugas a alta temperatura (85 °C) del anexo 4, punto 2.2;
 - iii) ciclos a baja temperatura: la unidad se somete a ciclos operativos a una presión del 100 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) durante el 5 % del total de ciclos operativos con la parte estabilizada a una temperatura inferior o igual a - 40 °C; al finalizar los ciclos a - 40 °C, la unidad debe superar el ensayo de fugas a baja temperatura (- 40 °C) del anexo 4, punto 2.2.
- c) Ensayo de flujo con vibraciones en la válvula de retención: Después de 11 000 ciclos operativos y de someterse a los ensayos de fuga del anexo 4, punto 2.3.b), la válvula de retención se somete durante 24 horas a un caudal que causa el efecto de vibración máxima. Al finalizar el ensayo, la válvula de retención debe superar el ensayo de fugas a temperatura ambiente (anexo 4, punto 2.2) y el ensayo de resistencia (anexo 4, punto 2.1).

2.4. Ensayo de resistencia a la corrosión por sal

El componente se coloca en su posición de instalación normal y se expone durante 500 horas a un ensayo de niebla salina de conformidad con la norma ASTM B117 (Práctica estándar para la utilización de cámaras de niebla salina). La temperatura en el interior de la cámara de niebla debe mantenerse entre 30 y 35 °C. La solución salina debe consistir en un 5 % de cloruro sódico y un 95 % de agua destilada, en peso.

Inmediatamente después del ensayo de corrosión, debe enjuagarse la muestra y limpiarse cuidadosamente para eliminar los depósitos de sal, debe verificarse que no se ha deformado y debe cumplir los requisitos que figuran a continuación.

- a) El componente no debe mostrar signos de deterioro que puedan afectar a su funcionamiento, en particular: fisuras, reblandecimiento o protuberancias. Los cambios superficiales, como marcas o manchas, no se tienen en cuenta.
- b) El ensayo de fugas a temperatura ambiente (anexo 4, punto 2.2).
- c) El ensayo de resistencia hidrostática (anexo 4, punto 2.1).

2.5. Ensayo de exposición al entorno del vehículo

La resistencia a la degradación por exposición a los líquidos de automoción se determina mediante el ensayo que figura a continuación.

- a) Las conexiones de entrada y salida de la unidad de válvula deben estar conectadas o tapadas de conformidad con las instrucciones de instalación de los fabricantes. Las superficies externas de la unidad de válvula se exponen durante 24 horas, a una temperatura de 20 (\pm 5) °C, a cada uno de los líquidos siguientes:
 - i) ácido sulfúrico (solución al 19 % de volumen en agua);
 - ii) hidróxido de sodio (solución al 25 % de peso en agua);
 - iii) nitrato de amonio (28 % de peso en agua); y
 - iv) líquido limpiaparabrisas (50 % de volumen: alcohol metílico y agua).

Los líquidos se van rellenando según sea necesario para garantizar la exposición completa durante todo el ensayo. Se realiza un ensayo diferente con cada líquido. Un componente puede exponerse sucesivamente a todos los líquidos.

- b) Tras la exposición a cada una de las sustancias químicas, el componente se seca y se enjuaga con agua.
- c) El componente no deberá mostrar signos de degradación física que puedan afectar a su funcionamiento, en particular: fisuras, reblandecimiento o protuberancias. Los cambios superficiales, como marcas o manchas, no se tienen en cuenta. Al término de estas exposiciones, la unidad o unidades deberán cumplir los requisitos del ensayo de fugas a temperatura ambiente (anexo 4, punto 2.2) y del ensayo de resistencia hidrostática (anexo 4, punto 2.1).

2.6. Ensayo de exposición atmosférica

El ensayo de exposición atmosférica se aplica para verificar la válvula de retención y la válvula de bloqueo automático si el componente tiene materiales no metálicos que están en contacto con la atmósfera durante las condiciones normales de funcionamiento.

- a) Los materiales no metálicos que constituyen las juntas de estanqueidad del combustible, que están en contacto con la atmósfera y en relación con los cuales el solicitante no ha presentado una declaración de propiedades satisfactoria, no se fisurarán ni mostrarán signos evidentes de deterioro tras haber estado expuestos a oxígeno durante 96 horas a una temperatura de 70 °C y una presión de 2 MPa, de conformidad con la norma ASTM D572 (Método de ensayo estándar para el caucho. Deterioro por calor y oxígeno).
- b) La resistencia al ozono de todos los elastómeros deberá demostrarse por medio de uno de los métodos siguientes, o por ambos:
 - i) especificación de los componentes elastómeros cuya resistencia al ozono esté establecida;
 - ii) ensayo de los componentes, de conformidad con la norma ISO 1431/1, la norma ASTM D1149 o métodos de examen equivalentes.

2.7. Ensayos eléctricos

Los ensayos eléctricos se aplican para verificar la válvula de bloqueo automático; no se aplican para verificar la válvula de retención.

- a) Ensayo de tensión anormal: la válvula electromagnética se conecta a una fuente de corriente continua a tensión variable y se pone en funcionamiento de la manera siguiente:
 - i) se mantiene a temperatura constante durante 1 hora a una tensión equivalente a 1,5 veces la tensión nominal;
 - ii) la tensión se incrementa a 2 veces la tensión nominal o a 60 V, si este último valor es inferior, y se mantiene durante 1 min;
 - iii) ningún fallo debe causar una fuga hacia el exterior, una apertura involuntaria de la válvula o una situación de inseguridad, como humo, llamas o fusión.

La tensión mínima de apertura a la PNT y a temperatura ambiente deberá ser inferior o igual a 9 V para un sistema de 12 V e inferior o igual a 18 V para un sistema de 24 V.

- b) Ensayo de resistencia al aislamiento: se aplica una corriente continua de 1 000 V entre el conductor de alimentación y la carcasa del componente durante al menos 2 s. La resistencia mínima permitida para este componente es de 240 kΩ.

2.8. Ensayo de vibración

La unidad de válvula se somete a presión al 100 % de la PNT (+ 2/- 0 MPa) con hidrógeno, sellada en ambos extremos, y se somete a vibraciones durante 30 min a lo largo de los 3 ejes ortogonales (vertical, lateral y longitudinal) a las frecuencias de resonancia más fuertes. Las frecuencias de resonancia más fuertes se determinan mediante una aceleración de 1,5 g y un barrido de 10 min en un rango de frecuencias sinusoidales de entre 10 y 40 Hz. Si la frecuencia de resonancia no se encuentra en este rango, se realizará el ensayo a 40 Hz. Después de este ensayo, ninguna muestra presentará daños externos visibles que indiquen que ha quedado afectado el rendimiento de la pieza. Al finalizar el ensayo, la unidad debe cumplir los requisitos del ensayo de fugas a temperatura ambiente del anexo 4, punto 2.2.

2.9. Ensayo de agrietamiento por tensocorrosión

En el caso de las unidades de válvulas que contengan componentes en aleación de cobre (como el latón), solo se someterá a ensayo una unidad. Se desmonta la unidad de válvula y se desengrasan todos los componentes en aleación de cobre; a continuación, se vuelve a montar la unidad de válvula antes de exponerla de manera continua durante 10 días a una mezcla húmeda de amoníaco y aire conservada en una cámara de cristal con tapa de cristal.

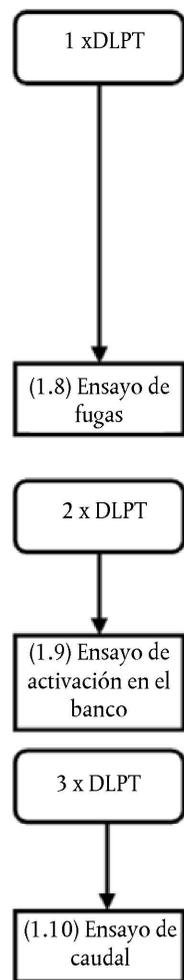
El amoníaco acuoso con una gravedad específica de 0,94 se mantiene en el fondo de la cámara de cristal, debajo de la muestra, en una concentración mínima de 20 ml por litro de volumen de la cámara. La muestra se coloca 35 (± 5) mm por encima de la solución de amoníaco acuoso en una bandeja inerte. La mezcla de amoníaco y aire se mantiene a una presión atmosférica de 35 (± 5) °C. Tras el ensayo, los componentes en aleación de cobre no presentarán fisuras ni exfoliación.

2.10. Ensayo de exposición al hidrógeno pre-enfriado

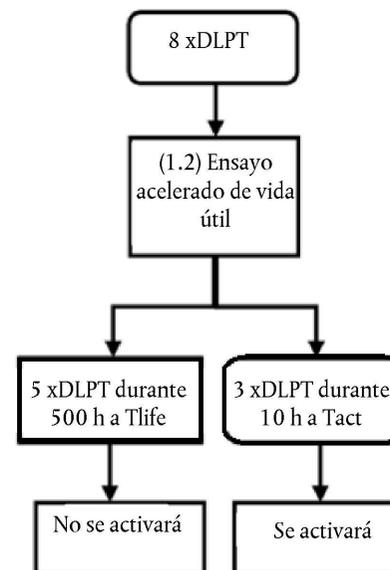
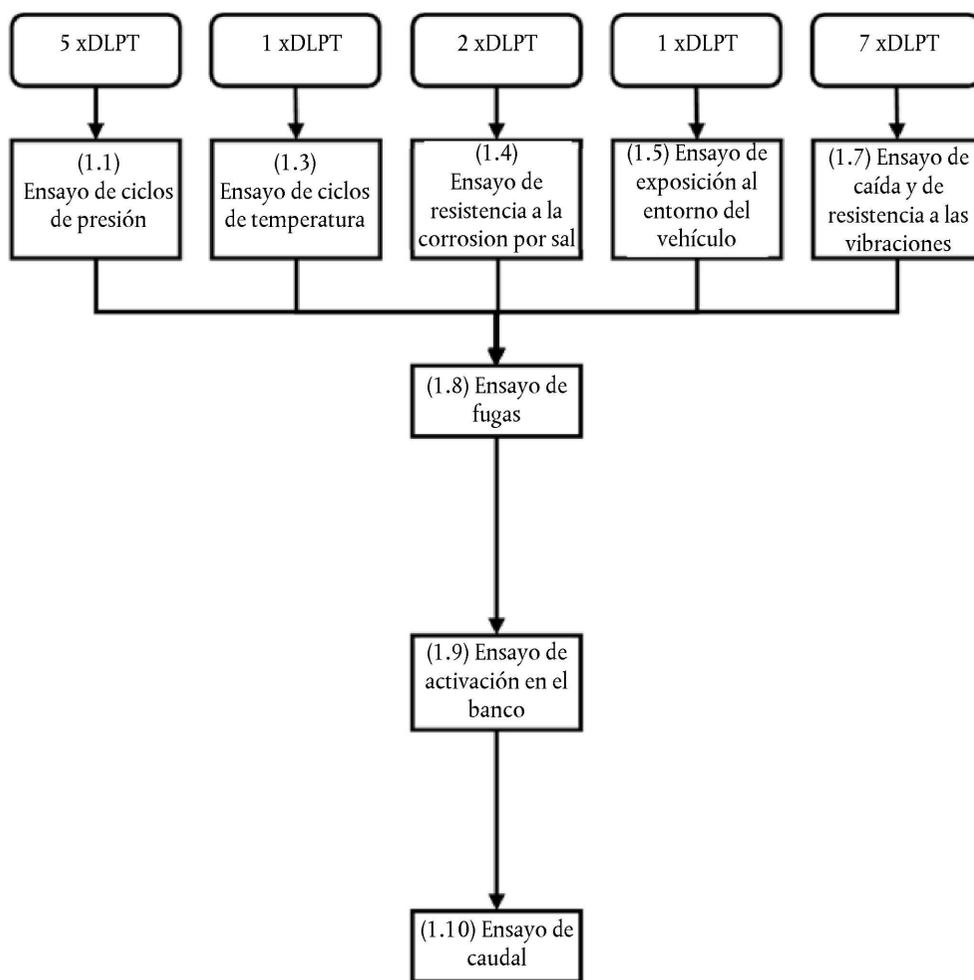
La unidad de válvula se expone al hidrógeno gaseoso pre-enfriado a una temperatura inferior o igual a -40 °C a un caudal de 30 g/s y a una temperatura de $20 (\pm 5)\text{ °C}$ durante un mínimo de 3 min. Se despresuriza la unidad y, tras un período de retención de 2 min, se vuelve a someter a presión. Este ensayo se repite tres veces. A continuación, este procedimiento de ensayo se repite durante otros 10 ciclos, pero se aumenta el período de retención a 15 min. Al finalizar el ensayo, la unidad debe cumplir los requisitos del ensayo de fugas a temperatura ambiente del anexo 4, punto 2.2.

PRESENTACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DLPT

Ensayos de referencia



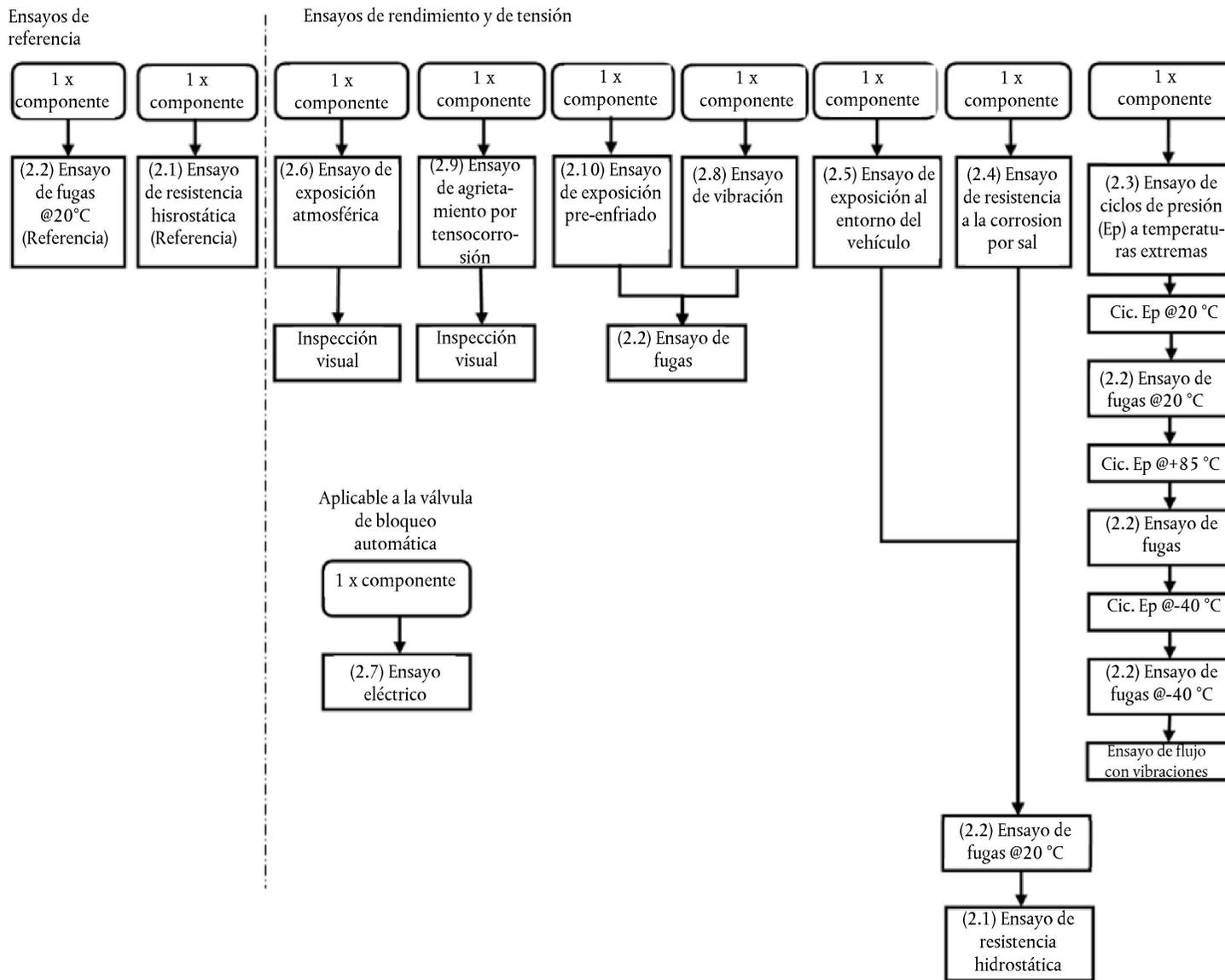
Ensayos de rendimiento y de tensión



Solo para DLPT en aleación de cobre:



PRESENTACIÓN DE LOS ENSAYOS DE VÁLVULAS DE RETENCIÓN Y VÁLVULAS DE BLOQUEO AUTOMÁTICO



ANEXO 5

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE LOS SISTEMAS DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS QUE LLEVAN INCORPORADO EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO**1. ENSAYO DE FUGAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO COMPRIMIDO POSTERIOR A LA COLISIÓN**

Los ensayos de colisión utilizados para evaluar las fugas de hidrógeno posteriores a la colisión se establecen en el apartado 7.2 del presente Reglamento.

Antes de realizar el ensayo de colisión, deben instalarse en el sistema de almacenamiento de hidrógeno los instrumentos para proceder a las medidas necesarias de la presión y la temperatura si el vehículo estándar aún no está equipado con instrumentos que ofrezcan la exactitud exigida.

A continuación, si es necesario, se purga el sistema de almacenamiento siguiendo las instrucciones del fabricante, para eliminar las impurezas del recipiente antes de llenar el sistema de almacenamiento con gas de hidrógeno o helio comprimido. Dado que la presión en el sistema de almacenamiento varía según la temperatura, la presión de llenado dependerá de esta. La presión objetivo se determinará de la manera siguiente:

$$P_{\text{objetivo}} = \text{PNT} \times (273 + T_0) / 288$$

donde PNT es la presión nominal de trabajo (MPa), T_0 es la temperatura ambiente a la que se espera que se estabilice el sistema de almacenamiento y P_{objetivo} es la presión de llenado que se espera alcanzar una vez estabilizada la temperatura.

El recipiente se llena hasta un mínimo del 95 % de la presión de llenado objetivo y se deja que se estabilice antes de realizar el ensayo de colisión.

La válvula de cierre principal y las válvulas de bloqueo del hidrógeno gaseoso, situadas más adelante en los conductos del hidrógeno, deben encontrarse en condiciones normales de conducción inmediatamente antes del impacto.

1.1. Ensayo de fugas posterior a la colisión: sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido llenado con hidrógeno comprimido

La presión, P_0 (MPa), y la temperatura, T_0 (°C), del hidrógeno gaseoso se miden inmediatamente antes del impacto y, a continuación, en un intervalo de tiempo, Δt (min), tras el impacto. El intervalo de tiempo, Δt , empieza cuando el vehículo queda inmovilizado después del impacto y continúa durante al menos 60 min. El intervalo de tiempo, Δt , se incrementará, si es necesario, para ajustar la exactitud de la medida en el caso de un sistema de almacenamiento de gran volumen que funciona a una presión de hasta 70 MPa; en tal caso, Δt se calcula a partir de la ecuación siguiente:

$$\Delta t = V_{\text{SAHC}} \times \text{PNT} / 1\,000 \times ((-0,027 \times \text{PNT} + 4) \times R_s - 0,21) - 1,7 \times R_s$$

donde $R_s = P_s/\text{PNT}$, P_s es el rango de presión del sensor (MPa), PNT es la presión nominal de trabajo (MPa), V_{SAHC} es el volumen del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido (l) y Δt es el intervalo de tiempo (min). Si el valor calculado de Δt es inferior a 60 min, Δt se fija en 60 min.

La masa inicial de hidrógeno en el sistema de almacenamiento se calcula de la manera siguiente:

$$P_0' = P_0 \times 288 / (273 + T_0)$$

$$\rho_0' = -0,0027 \times (P_0')^2 + 0,75 \times P_0' + 0,5789$$

$$M_0 = \rho_0' \times V_{\text{SAHC}}$$

La masa final de hidrógeno en el sistema de almacenamiento, M_f , al término del intervalo de tiempo, Δt , se calcula de la manera siguiente:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0027 \times (P_f')^2 + 0,75 \times P_f' + 0,5789$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{SAHC}}$$

donde P_f es la presión final medida (MPa) al término del intervalo de tiempo y T_f la temperatura final medida (°C).

El caudal medio de hidrógeno en el intervalo de tiempo (que será inferior a los criterios del apartado 7.2.1) se calcula de la manera siguiente:

$$V_{H_2} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 2,016 \times (P_{\text{objetivo}} / P_o)$$

donde V_{H_2} es el caudal volumétrico medio (NL/min) en el intervalo de tiempo, y la expresión $(P_{\text{objetivo}} / P_o)$ se utiliza para compensar las diferencias entre la presión inicial medida, P_o , y la presión de llenado objetivo, P_{objetivo} .

1.2. Ensayo de fugas posterior a la colisión: sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido llenado con helio comprimido

La presión, P_o (MPa), y la temperatura, T_o (°C), del helio gaseoso se miden inmediatamente antes del impacto y, a continuación, en un intervalo de tiempo predeterminado tras el impacto. El intervalo de tiempo, Δt , empieza cuando el vehículo queda inmovilizado después del impacto y continúa durante al menos 60 min. El intervalo de tiempo, Δt , se incrementará, si es necesario, para ajustar la exactitud de la medida en el caso de un sistema de almacenamiento de gran volumen que funciona a una presión de hasta 70 MPa; en tal caso, Δt se calcula a partir de la ecuación siguiente:

$$\Delta t = V_{\text{SAHC}} \times \text{PNT} / 1\,000 \times ((-0,028 \times \text{PNT} + 5,5) \times R_s - 0,3) - 2,6 \times R_s$$

donde $R_s = P_s / \text{PNT}$, P_s es el rango de presión del sensor (MPa), PNT es la presión nominal de trabajo (MPa), V_{SAHC} es el volumen del sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido (l) y Δt es el intervalo de tiempo (min). Si el valor calculado de Δt es inferior a 60 min, Δt se fija en 60 min.

La masa inicial de helio en el sistema de almacenamiento se calcula de la manera siguiente:

$$P_o' = P_o \times 288 / (273 + T_o)$$

$$\rho_o' = -0,0043 \times (P_o')^2 + 1,53 \times P_o' + 1,49$$

$$M_o = \rho_o' \times V_{\text{SAHC}}$$

La masa final de helio en el sistema de almacenamiento, M_f , al término del intervalo de tiempo, Δt , se calcula de la manera siguiente:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0043 \times (P_f')^2 + 1,53 \times P_f' + 1,49$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{SAHC}}$$

donde P_f es la presión final medida (MPa) al término del intervalo de tiempo y T_f la temperatura final medida (°C).

El caudal medio de helio en el intervalo de tiempo se calcula de la manera siguiente:

$$V_{\text{He}} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 4,003 \times (P_{\text{objetivo}} / P_o)$$

donde V_{He} es el caudal volumétrico medio (NL/min) en el intervalo de tiempo, y la expresión $P_{\text{objetivo}} / P_o$ se utiliza para compensar las diferencias entre la presión inicial medida, P_o , y la presión de llenado objetivo, P_{objetivo} .

La conversión del caudal volumétrico medio de helio en caudal volumétrico medio de hidrógeno se calcula de la manera siguiente:

$$V_{H_2} = V_{\text{He}} / 0,75$$

donde V_{H_2} es el caudal volumétrico medio de hidrógeno correspondiente (que será inferior a los requisitos del apartado 7.2.1 del presente Reglamento).

2. ENSAYO DE CONCENTRACIÓN POSTERIOR A LA COLISIÓN EN ESPACIOS CERRADOS

Las medidas se registran en el ensayo de colisión en el que se evalúan las posibles fugas de hidrógeno (o helio) (anexo 5, punto 1, procedimiento de ensayo).

Se seleccionan sensores para medir, bien la acumulación de hidrógeno o helio gaseoso, bien la reducción de oxígeno (resultante del desplazamiento de aire como consecuencia de las fugas de hidrógeno/helio).

Los sensores se calibran a partir de referencias identificables, para garantizar una exactitud de $\pm 5\%$ con respecto a los criterios objetivo de volumen en el aire del 4 % en el caso del hidrógeno y del 3 % en el caso del helio, y una capacidad de medición a plena escala de al menos el 25 % por encima de los criterios objetivo. El sensor deberá tener una capacidad de respuesta del 90 % ante una variación de plena escala de la concentración en un plazo de 10 s.

Antes del impacto de la colisión, los sensores se colocan en el habitáculo y en el compartimento para equipajes del vehículo de la manera siguiente:

- a) a una distancia máxima de 250 mm del techo interior situado encima del asiento del conductor o cerca de la parte central superior del habitáculo;
- b) a una distancia máxima de 250 mm del piso situado delante del asiento trasero (o más atrasado) del habitáculo;
- c) a una distancia máxima de 100 mm de la parte superior de los compartimentos para equipaje situados en el interior del vehículo que no se ven afectados directamente por el impacto que va a tener lugar.

Los sensores están instalados de manera segura en la estructura o en los asientos del vehículo, protegidos durante el ensayo de colisión previsto de los trozos del vehículo, el gas del airbag y los posibles objetos proyectados. Las medidas realizadas tras la colisión se registran con instrumentos situados en el interior del vehículo o por transmisión a distancia.

El vehículo podrá estar situado, bien en el exterior, en una zona protegida del viento y de los posibles efectos del sol, bien en el interior, en un espacio suficientemente amplio o ventilado para impedir que la acumulación de hidrógeno supere el 10 % de los criterios objetivo en el habitáculo y los compartimentos para equipaje.

La recogida de datos posterior a la colisión en los espacios cerrados empieza cuando el vehículo queda inmovilizado. Los datos procedentes de los sensores se recogen como mínimo cada 5 s durante 60 min después del ensayo. Podrá aplicarse a las medidas un desfase de primer orden (constante de tiempo) de hasta un máximo de 5 s para aportar uniformidad y filtrar los efectos de los datos espurios.

Los valores filtrados procedentes de cada sensor deberán ser inferiores a los criterios objetivo del 4,0 % en el caso del hidrógeno o del 3,0 % en el caso del helio en todo momento durante el período de ensayo de 60 min posterior a la colisión.

3. ENSAYO DE CONFORMIDAD EN CONDICIONES DE FALLO ÚNICO

Se llevará a cabo uno de los procedimientos de ensayo del anexo 5, punto 3.1 o 3.2.

3.1. Procedimiento de ensayo de un vehículo equipado con detectores de fugas de hidrógeno gaseoso

3.1.1. Condición de ensayo

3.1.1.1. Vehículo de ensayo: El sistema de propulsión del vehículo de ensayo se pone en marcha, se calienta hasta la temperatura de funcionamiento normal y se deja funcionando durante todo el ensayo. Cuando el vehículo no sea de pila de combustible, se calentará y se dejará al ralentí. Si el vehículo de ensayo dispone de un sistema de parada automática al ralentí, se tomarán medidas para impedir que se pare el motor.

3.1.1.2. Gas de ensayo: Se utilizan dos mezclas de aire e hidrógeno gaseoso, a saber, una concentración igual (o inferior) al 3,0 % de hidrógeno en el aire para verificar la función de alarma y una concentración igual (o inferior) al 4,0 % de hidrógeno en el aire para verificar la función de bloqueo. Las concentraciones adecuadas se seleccionan a partir de la recomendación del fabricante (o de las especificaciones del detector).

3.1.2. Método de ensayo

3.1.2.1. Preparación para el ensayo: El ensayo se realiza, sin interferencias del viento, de la manera siguiente:

- a) se conecta un tubo de admisión de gas de ensayo al detector de fugas de hidrógeno gaseoso;
- b) se coloca una cubierta en torno al detector de fugas de hidrógeno para que el gas se mantenga a su alrededor.

3.1.2.2. Ejecución del ensayo

- a) se envía el gas de ensayo a través del detector de fugas de hidrógeno gaseoso;

- b) se confirma el funcionamiento adecuado del sistema de alarma cuando se somete a ensayo para verificar la función de alarma;
 - c) se confirma el cierre de la válvula de bloqueo automático principal cuando se somete a ensayo con el gas para verificar la función de cierre. Por ejemplo, el control de la corriente eléctrica que alimenta la válvula de bloqueo principal o del sonido de la activación de la válvula de bloqueo principal se puede utilizar para confirmar el funcionamiento de la válvula de bloqueo principal de la alimentación de hidrógeno.
- 3.2. Procedimiento de ensayo para verificar la integridad de los espacios cerrados y los sistemas de detección
- 3.2.1. Preparación:
- 3.2.1.1. El ensayo se realiza sin interferencias del viento.
 - 3.2.1.2. Se presta especial atención a las condiciones ambientales durante el ensayo, ya que pueden formarse mezclas inflamables de hidrógeno y aire.
 - 3.2.1.3. Antes del ensayo, se prepara el vehículo para poder controlar a distancia la liberación de hidrógeno del sistema de hidrógeno. El número, la ubicación y la capacidad de flujo de los puntos de liberación situados después de la válvula de bloqueo automático principal son definidos por el fabricante del vehículo teniendo en cuenta las hipótesis de fuga más desfavorables en condiciones de fallo único. Como mínimo, el flujo total de todas las liberaciones controladas a distancia será suficiente para activar la demostración de las funciones automáticas de alarma y cierre del hidrógeno.
 - 3.2.1.4. A los fines del ensayo, se instala un detector de concentración de hidrógeno en la zona del habitáculo donde puede acumularse más hidrógeno gaseoso (por ejemplo, cerca del techo interior), cuando se trata de verificar la conformidad con el apartado 7.1.4.2 del presente Reglamento, y se instalan detectores de concentración de hidrógeno en la zona de los volúmenes cerrados o semicerrados del vehículo donde puede acumularse hidrógeno procedente de las liberaciones simuladas, cuando se trata de verificar la conformidad con el apartado 7.1.4.3 del presente Reglamento (véase el anexo 5, punto 3.2.1.3).
- 3.2.2. Procedimiento
- 3.2.2.1. Las puertas, ventanillas y otras aberturas deben estar cerradas.
 - 3.2.2.2. Se pone en marcha el sistema de propulsión, se deja que se caliente hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento normal y se deja funcionando al ralentí durante todo el ensayo.
 - 3.2.2.3. Se simula una fuga utilizando la función de control a distancia.
 - 3.2.2.4. La concentración de hidrógeno se mide de manera continua hasta que transcurran 3 min sin que aumente. A fin de verificar la conformidad con el apartado 7.1.4.3 del presente Reglamento, se incrementa la fuga simulada por medio del control remoto hasta el cierre de la válvula de bloqueo automático y la activación de la señal de alarma. El control de la corriente eléctrica que alimenta la válvula de bloqueo principal o del sonido de la activación de la válvula de cierre principal se puede utilizar para confirmar el funcionamiento de la válvula de bloqueo principal de la alimentación de hidrógeno.
 - 3.2.2.5. A fin de verificar la conformidad con el apartado 7.1.4.2 del presente Reglamento, se supera con éxito el ensayo si la concentración de hidrógeno en el habitáculo no excede del 1,0 %. A fin de verificar la conformidad con el apartado 7.1.4.3 del presente Reglamento, se supera con éxito el ensayo si la señal de alarma y la función de bloqueo automático se activan a los niveles especificados en dicho apartado (o por debajo de esos niveles); de lo contrario, no se supera el ensayo y el sistema no puede destinarse a ser utilizado en el vehículo.
4. ENSAYO DE CONFORMIDAD DEL SISTEMA DE ESCAPE DEL VEHÍCULO
- 4.1. Se calienta el sistema de potencia del vehículo de ensayo (por ejemplo, el bloque de pilas de combustible o el motor) hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento.
 - 4.2. El dispositivo de medición se calienta antes de su utilización, hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento.
 - 4.3. El punto de medición de dicho dispositivo se coloca en el eje central del flujo de gas de escape, a un máximo de 100 mm del orificio de salida del tubo de escape.

- 4.4. La concentración de hidrógeno en los gases de escape se mide continuamente durante las etapas siguientes:
- parada del sistema de potencia;
 - tras la finalización del proceso de parada, se arranca inmediatamente el sistema de potencia;
 - transcurrido 1 min, se apaga el sistema de potencia y continúan las mediciones, hasta que se completa el procedimiento de parada del sistema de potencia.
- 4.5. El tiempo de respuesta del dispositivo de medición será inferior a 300 ms.
5. ENSAYO DE CONFORMIDAD DE LOS TUBOS DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
- 5.1. Se calienta el sistema de potencia del vehículo de ensayo (por ejemplo, el bloque de pilas de combustible o el motor) y se pone en funcionamiento a temperatura normal aplicando la presión de funcionamiento a los tubos de alimentación de combustible.
- 5.2. Las fugas de hidrógeno se evalúan en los puntos accesibles de los tubos de combustible, entre la sección de alta presión y el bloque de pilas de combustible (o el motor), utilizando un detector de fugas de gas o un líquido de detección de fugas, como una solución jabonosa.
- 5.3. El ensayo de detección de fugas de hidrógeno se realiza en primer lugar en las juntas.
- 5.4. Cuando se utiliza un detector de fugas de gas, este se activa durante al menos 10 s en puntos situados lo más cerca posible de los tubos de combustible.
- 5.5. Cuando se utiliza un líquido de detección de fugas, el ensayo de detección de fugas de hidrógeno gaseoso se realiza inmediatamente después de la aplicación del líquido. Además, se llevan a cabo controles visuales unos minutos después de la aplicación del líquido para detectar posibles burbujas causadas por las fugas.
6. VERIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN
- La conformidad del sistema se verifica por medio de una inspección visual.
-