Este texto es exclusivamente un instrumento de documentación y no surte efecto jurídico. Las instituciones de la UE no asumen responsabilidad alguna por su contenido. Las versiones auténticas de los actos pertinentes, incluidos sus preámbulos, son las publicadas en el Diario Oficial de la Unión Europea, que pueden consultarse a través de EUR-Lex. Los textos oficiales son accesibles directamente mediante los enlaces integrados en este documento

►**B**

REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2017/654 DE LA COMISIÓN

de 19 de diciembre de 2016

que complementa el Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a los requisitos técnicos y generales relativos a los límites de emisiones y a la homologación de tipo de los motores de combustión interna destinados a las máquinas móviles no de carretera

(DO L 102 de 13.4.2017, p. 1)

Modificado por:

		Diario Oficial		
		nº	página	fecha
►**M1**	Reglamento Delegado (UE) 2018/236 de la Comisión de 20 de diciembre de 2017	L 50	1	22.2.2018
►**M2**	Reglamento Delegado (UE) 2018/989 de la Comisión de 18 de mayo de 2018	L 182	61	18.7.2018
►**M3**	Reglamento Delegado (UE) 2021/1398 de la Comisión de 4 de junio de 2021	L 299	1	24.8.2021

Rectificado por:

►**C1** Rectificación, DO L 328 de 18.12.2019, p. 122 (2017/654)

▼B

REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2017/654 DE LA COMISIÓN

de 19 de diciembre de 2016

que complementa el Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a los requisitos técnicos y generales relativos a los límites de emisiones y a la homologación de tipo de los motores de combustión interna destinados a las máquinas móviles no de carretera

Artículo 1

Definiciones

Se aplicarán las definiciones siguientes:

1) «índice de Wobbe» o «W»: relación entre el valor calorífico correspondiente de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa en las mismas condiciones de referencia:

$$W = H_{gas} \times \sqrt{\rho_{air}/\rho_{gas}}$$

2) «factor de desplazamiento λ» o «S_λ»: expresión que describe la flexibilidad que debe tener el sistema de gestión del motor por lo que respecta a un cambio de la relación λ de exceso de aire si el motor se alimenta de combustible con un gas cuya composición es diferente de la del metano puro;

3) «modo combustible líquido»: modo de funcionamiento normal de un motor de combustible dual durante el cual el motor no utiliza ningún combustible gaseoso en ninguna de sus condiciones de funcionamiento;

4) «modo combustible dual»: modo de funcionamiento normal de un motor de combustible dual durante el cual el motor utiliza simultáneamente combustible líquido y combustible gaseoso en algunas de sus condiciones de funcionamiento;

5) «sistema de postratamiento de partículas»: sistema de postratamiento de los gases de escape diseñado para reducir las emisiones de partículas contaminantes mediante una separación mecánica, aerodinámica, por difusión o inercial;

6) «regulador»: dispositivo o estrategia de control que controla automáticamente el régimen o la carga del motor, distinto del limitador instalado en un motor de la categoría NRSh para limitar su régimen máximo con el único fin de evitar que funcione por encima de un límite determinado;

7) «temperatura ambiente»: en el caso de un entorno de laboratorio (p. ej., una estancia o cámara de pesaje de filtros), temperatura dentro del entorno de laboratorio especificado;

8) «estrategia básica de control de emisiones»: estrategia de control de emisiones que está activa en todos los intervalos de par y régimen en los que funciona el motor, excepto cuando se activa una estrategia auxiliar de control de emisiones;

▼B

9) «reactivo»: todo consumible o medio no recuperable que se requiere y utiliza para el funcionamiento efectivo del sistema de postratamiento de los gases de escape;

10) «estrategia auxiliar de control de emisiones»: estrategia de control de emisiones que se activa, modificando temporalmente la estrategia básica de control de emisiones, para un fin específico y en respuesta a un conjunto determinado de condiciones ambientales o de funcionamiento, y que solo permanece activada mientras existen tales condiciones;

11) «buenas prácticas técnicas»: prácticas coherentes con los principios científicos y de ingeniería generalmente aceptados y la información pertinente disponible;

12) «régimen alto» o «n_{hi}»: régimen superior del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima;

13) «régimen bajo» o «n_{lo}»: régimen inferior del motor con el que se alcanza el 50 % de la potencia máxima;

14) «potencia máxima (P_{max})»: potencia máxima en kW diseñada por el fabricante;

15) «dilución del flujo parcial»: método de análisis del gas de escape consistente en separar una parte del flujo de gases de escape y mezclarlo con una cantidad adecuada de aire de dilución antes de llegar al filtro de muestreo de partículas;

16) «desviación»: diferencia entre una señal cero o de calibración y el valor correspondiente obtenido mediante un instrumento de medición inmediatamente después de ser utilizado en un ensayo de emisiones;

17) «calibrar»: ajustar un instrumento de manera que dé una respuesta adecuada a un patrón de calibración que represente entre el 75 y el 100 % del valor máximo en el rango del instrumento o en el rango de uso previsto;

18) «gas patrón»: mezcla purificada de gases que se utiliza en el ajuste de los analizadores de gases;

19) «filtro HEPA»: filtro de aire para partículas, de alta eficacia, capaz de alcanzar una eficacia inicial mínima del 99,97 % en la eliminación de partículas utilizando el método ASTM F 1471–93;

20) «calibración»: proceso que consiste en fijar una respuesta del sistema de medición a una señal de entrada de manera que el resultado concuerde con una serie de señales de referencia;

21) «emisiones específicas»: emisiones másicas expresadas en g/kWh;

22) «demanda del operador»: intervención del operador del motor destinada a controlar la potencia de este;

▼B

23) «régimen del par máximo»: régimen del motor con el que se obtiene el par máximo de este diseñado por el fabricante;

24) «régimen de regulación del motor»: régimen de funcionamiento del motor cuando está controlado por el regulador instalado;

25) «emisiones del cárter»: todo flujo procedente del cárter de un motor que sale directamente al medio ambiente;

26) «sonda»: primera sección del conducto de transferencia que transfiere la muestra al siguiente componente del sistema de muestreo;

27) «intervalo de ensayo»: tiempo durante el cual se determinan las emisiones específicas del freno;

28) «gas cero»: gas que produce el valor cero como respuesta a su introducción en un analizador;

29) «a cero»: ajuste de un instrumento de manera que dé una respuesta cero a un patrón de calibración cero, como el nitrógeno o el aire purificados;

30) «ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera de régimen variable» (en lo sucesivo, «NRSC de régimen variable»): ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera distinto del NRSC de régimen constante;

31) «ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera de régimen constante» (en lo sucesivo, «NRSC de régimen constante»): cualquiera de los ciclos de ensayo en estado continuo no de carretera definidos en el anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628: D2, E2, G1, G2 o G3;

32) «actualización-registro»: frecuencia con la que el analizador proporciona valores nuevos y actuales;

33) «gas de calibración»: mezcla purificada de gases que se utiliza para calibrar los analizadores de gas;

34) «estequiométrico»: relación particular existente entre el aire y el combustible de manera que, si el combustible se oxidase completamente, no quedaría ni combustible ni oxígeno;

35) «medio de almacenamiento»: filtro de partículas, bolsa de muestreo o cualquier otro dispositivo de almacenamiento utilizado en el muestreo por lotes;

36) «dilución del flujo total»: método consistente en mezclar el flujo de gases de escape con aire de dilución antes de separar una fracción del flujo de gases de escape diluido para su análisis;

37) «tolerancia»: intervalo en el cual deberá estar comprendido el 95 % de un conjunto de valores registrados en relación con una cierta cantidad, mientras el 5 % restante de los valores registrados se desvía del intervalo de tolerancia;

▼B

38) «modo mantenimiento»: modo especial de un motor de combustible dual que se activa para efectuar reparaciones o para trasladar la máquina móvil no de carretera a un lugar seguro cuando no es posible que funcione en modo combustible dual.

Artículo 2

Requisitos para cualquier otro combustible, mezcla de combustibles o emulsión de combustibles específicos

Los combustibles de referencia y otros combustibles, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles específicos incluidos por el fabricante en una solicitud de homologación de tipo UE a los que se refiere el artículo 25, apartado 2, del Reglamento (UE) 2016/1628 deberán cumplir las características técnicas que figuran en el anexo I del presente Reglamento y describirse en el expediente del fabricante tal y como se establece en ese mismo anexo.

Artículo 3

Disposiciones relativas a la conformidad de la producción

Al objeto de garantizar que los motores en fabricación sean conformes con el tipo homologado con arreglo al artículo 26, apartado 1, del Reglamento (UE) 2016/1628, las autoridades de homologación adoptarán las medidas y seguirán los procedimientos que figuran en el anexo II del presente Reglamento.

▼M2

Artículo 4

Metodología de adaptación de los resultados del ensayo del laboratorio de emisiones para incluir los factores de deterioro

Los resultados del ensayo del laboratorio de emisiones se adaptarán para incluir los factores de deterioro, incluidos los relativos a la medición del número de partículas y a los motores alimentados con combustibles gaseosos, a los que se refiere el artículo 25, apartado 1, letra c), del Reglamento (UE) 2016/1628, de conformidad con la metodología que figura en el anexo III del presente Reglamento.

▼B

Artículo 5

Requisitos relativos a las estrategias de control de emisiones, a las medidas de control de NO_x y a las medidas de control de partículas

Las mediciones y ensayos relacionados con las estrategias de control de emisiones a las que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra f), inciso i), del Reglamento (UE) 2016/1628 y con las medidas de control de NO_x a las que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra f), inciso ii), de ese mismo Reglamento, y las medidas de control de emisiones de partículas contaminantes, así como la documentación necesaria para su demostración, deberán cumplir los requisitos técnicos que figuran en el anexo IV del presente Reglamento.

▼B

Artículo 6

Mediciones y ensayos relativos al área asociada al ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera

Las mediciones y ensayos relativos al área a la que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra f), inciso iii), del Reglamento (UE) 2016/1628 se llevarán a cabo de conformidad con los requisitos técnicos detallados que figuran en el anexo V del presente Reglamento.

Artículo 7

Condiciones y métodos para la realización de ensayos

Los requisitos para la realización de ensayos a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letras a) y b), del Reglamento (UE) 2016/1628, los métodos para determinar los parámetros de carga y régimen del motor a los que se refiere el artículo 24 de ese mismo Reglamento, los métodos de cálculo de las emisiones de gases del cárter a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra e), inciso i), de dicho Reglamento y los métodos de determinación y cálculo de la regeneración continua y periódica de los sistemas de postratamiento de escape a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra e), inciso ii), de ese mismo Reglamento cumplirán los requisitos que figuran en los puntos 5 y 6 del anexo VI del presente Reglamento.

Artículo 8

Procedimientos para la realización de ensayos

Los ensayos a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra a) y letra f), inciso iv), del Reglamento (UE) 2016/1628 se realizarán de conformidad con los procedimientos que figuran en la sección 7 del anexo VI y en el anexo VIII del presente Reglamento.

Artículo 9

Procedimientos para la medición y el muestreo de emisiones

La medición y el muestreo de emisiones a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra b), del Reglamento (UE) 2016/1628 se realizarán de conformidad con los procedimientos que figuran en la sección 8 del anexo VI del presente Reglamento y en el apéndice 1 de ese mismo anexo.

Artículo 10

Aparatos para la realización de ensayos y para la medición y el muestreo de emisiones

Los aparatos para la realización de ensayos a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra a), del Reglamento (UE) 2016/1628 y para la medición y el muestreo de emisiones a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra b), de ese mismo Reglamento cumplirán los requisitos y características técnicos que figuran en la sección 9 del anexo VI del presente Reglamento.

▼B

Artículo 11

Método para la evaluación y el cálculo de los datos

Los datos a los que se refiere el artículo 25, apartado 3, letra c), del Reglamento (UE) 2016/1628 se evaluarán y calcularán de conformidad con el método que figura en el anexo VII del presente Reglamento.

Artículo 12

Características técnicas de los combustibles de referencia

Los combustibles de referencia a los que se refiere el artículo 25, apartado 2, del Reglamento (UE) 2016/1628 cumplirán las características técnicas que figuran en el anexo IX del presente Reglamento.

Artículo 13

Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para entregar un motor separado de su sistema de postratamiento de los gases de escape

Cuando un fabricante entregue un motor separado de su sistema de postratamiento de los gases de escape a un OEM en la Unión, tal y como se establece en el artículo 34, apartado 3, del Reglamento (UE) 2016/1628, la entrega será conforme con las especificaciones y condiciones técnicas detalladas que figuran en el anexo X del presente Reglamento.

Artículo 14

Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para la introducción temporal en el mercado a efectos de ensayo de campo

Los motores que no dispongan de una homologación de tipo UE concedida de conformidad con el Reglamento (UE) 2016/1628 serán objeto de una autorización, tal y como se establece en el artículo 34, apartado 4, de ese mismo Reglamento, para ser introducidos en el mercado con carácter temporal a efectos de ensayo de campo, siempre y cuando cumplan las especificaciones y condiciones técnicas detalladas que figuran en el anexo XI del presente Reglamento.

Artículo 15

Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para motores con fines especiales

Las homologaciones de tipo UE para los motores con fines especiales y las autorizaciones de introducción en el mercado para esos mismos motores se concederán de conformidad con el artículo 34, apartados 5 y 6, del Reglamento (UE) 2016/1628, siempre y cuando se cumplan las especificaciones y condiciones técnicas que figuran en el anexo XII del presente Reglamento.

Artículo 16

Aceptación de homologaciones de tipo de motores equivalentes

Los reglamentos de la CEPE, o sus modificaciones, a los que se refiere el artículo 42, apartado 4, letra a), del Reglamento (UE) 2016/1628, así como los actos de la Unión, a los que se refiere el artículo 42, apartado 4, letra b), de ese mismo Reglamento, figuran en el anexo XIII del presente Reglamento.

▼B

Artículo 17

Detalles de la información y las instrucciones pertinentes destinadas a los OEM

Los detalles de la información y las instrucciones destinadas a los OEM, a los que se refiere el artículo 43, apartados 2, 3 y 4, del Reglamento (UE) 2016/1628, figuran en el anexo XIV del presente Reglamento.

Artículo 18

Detalles de la información y las instrucciones pertinentes destinadas a los usuarios finales

Los detalles de la información y las instrucciones destinadas a los usuarios finales, a los que se refiere el artículo 43, apartados 3 y 4, del Reglamento (UE) 2016/1628, figuran en el anexo XV del presente Reglamento.

Artículo 19

Prestaciones y evaluación de los servicios técnicos

1. Los servicios técnicos cumplirán las normas sobre prestaciones a las que se refiere el anexo XVI.

2. Las autoridades de homologación llevarán a cabo la evaluación de los servicios técnicos de conformidad con el procedimiento que figura al que se refiere el anexo XVI del presente Reglamento.

Artículo 20

Características de los ciclos de ensayo en estado continuo y transitorio

Los ciclos de ensayo en estado continuo y transitorio a los que se refiere el artículo 24 del Reglamento (UE) 2016/1628 cumplirán las características que figuran en el anexo XVII del presente Reglamento.

▼M2

Artículo 20 bis

Disposiciones transitorias

1. Sin perjuicio de la aplicación de lo dispuesto en el presente Reglamento, modificado por el Reglamento Delegado (UE) 2018/989 de la Comisión, hasta el 31 de diciembre de 2018 las autoridades de homologación también seguirán concediendo homologaciones de tipo UE a los tipos de motores o familias de motores de conformidad con el presente Reglamento, en su versión aplicable el 6 de agosto de 2018.

2. Sin perjuicio de la aplicación de lo dispuesto en el presente Reglamento, modificado por el Reglamento Delegado (UE) 2018/989 de la Comisión, hasta el 30 de junio de 2019 los Estados miembros también permitirán la comercialización de motores basados en un tipo de motor homologado de conformidad con el presente Reglamento, en su versión aplicable el 6 de agosto de 2018.

▼M3

3. Las homologaciones de tipo UE de un tipo o una familia de motores que se hayan aprobado con arreglo al Reglamento Delegado (UE) 2017/654 antes del 24 de agosto de 2021 seguirán siendo válidas.

▼B

Artículo 21

Entrada en vigor y aplicación

El presente Reglamento entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

▼B

ANEXOS

N.° de anexo	Título del anexo	Página
I	Requisitos relativos a cualquier otro combustible especificado, mezcla de combustibles o emulsión de combustibles	
II	Disposiciones relativas a la conformidad de la producción	
III	Metodología de adaptación de los resultados del ensayo del laboratorio de emisiones para incluir los factores de deterioro	
IV	Requisitos relativos a las estrategias de control de emisiones, las medidas de control de NO_x y las medidas de control de partículas	
V	Mediciones y ensayos relativos al área asociada al ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera	
VI	Condiciones, métodos, procedimientos y aparatos para la realización de los ensayos y la medición y el muestreo de las emisiones	
VII	Método para la evaluación y el cálculo de los datos	
VIII	Requisitos de rendimiento y procedimientos de ensayo para motores de combustible dual	
IX	Características técnicas de los combustibles de referencia	
X	Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para entregar un motor separado de su sistema de postratamiento de los gases de escape	
XI	Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para la introducción temporal en el mercado a efectos de ensayo de campo	
XII	Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para motores con fines especiales	
XIII	Aceptación de homologaciones de tipo de motores equivalentes	
XIV	Detalles de la información pertinente y las instrucciones destinadas a los OEM	
XV	Detalles de la información pertinente y las instrucciones destinadas a los usuarios finales	
XVI	Prestaciones y evaluación de los servicios técnicos	
XVII	Características de los ciclos de ensayo en estado continuo y transitorio	

▼B

ANEXO I

Requisitos relativos a cualquier otro combustible especificado, mezcla de combustibles o emulsión de combustibles

1. **Requisitos relativos a los motores alimentados con combustibles líquidos**

▼C1

1.1. Al solicitar una homologación de tipo UE, los fabricantes pueden seleccionar una de las opciones siguientes en relación con la clase de combustibles del motor:

a) motor de clase estándar de combustibles, de conformidad con los requisitos del punto 1.2; o bien

▼B

b) motor de combustible específico, de conformidad con los requisitos del punto 1.3.

▼C1

1.2. Requisitos para los motores de clase estándar de combustibles (diésel o gasolina)

Los motores de clase estándar de combustibles cumplirán los requisitos de los puntos 1.2.1 a 1.2.4.

▼B

1.2.1. El motor de referencia cumplirá los valores límite aplicables que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y cumplirá los requisitos del presente Reglamento cuando el motor funcione con los combustibles de referencia especificados en el punto 1.1 o en el punto 2.1 del anexo IX.

▼M2

1.2.2. En ausencia de una norma del Comité Europeo de Normalización («norma CEN») para el gasóleo no de carretera o de un cuadro de propiedades de los combustibles para el gasóleo no de carretera en la Directiva 98/70/CE del Parlamento Europeo y del Consejo [1], el combustible de referencia del diésel (gasóleo no de carretera) del anexo IX representará a los gasóleos comerciales no de carretera con un contenido de azufre inferior o igual a 10 mg/kg, un índice de cetano superior o igual a 45 y un contenido de éster metílico de ácidos grasos inferior o igual a 8,0 % v/v. Excepto en los casos en los que esté permitido con arreglo a los puntos 1.2.2.1, 1.2.3 y 1.2.4, el fabricante hará una declaración destinada a los usuarios finales, de conformidad con los requisitos del anexo XV, indicando que el funcionamiento del motor con gasóleo no de carretera se limita a los combustibles con un contenido de azufre inferior o igual a 10 mg/kg (20 mg/kg en el punto de distribución final), un índice de cetano superior o igual a 45 y un contenido de éster metílico de ácidos grasos inferior o igual a 8,0 % v/v. El fabricante podrá, con carácter facultativo, especificar otros parámetros (por ejemplo, con respecto a la lubricidad).

▼B

1.2.2.1. ►M2 El fabricante del motor no indicará en ningún momento que un tipo de motor o una familia de motores puede funcionar dentro de la Unión con combustibles comerciales distintos de los que cumplen los requisitos del presente punto, a menos que él mismo cumpla, además, el requisito del punto 1.2.3. ◄

a) En el caso de la gasolina, la Directiva 98/70/CE o la norma CEN EN 228:2012. Se puede añadir aceite lubricante con arreglo a lo especificado por el fabricante.

b) En el caso del diésel (distinto del gasóleo no de carretera), la Directiva 98/70/CE del Parlamento Europeo y del Consejo o la norma CEN EN 590:2013.

[1] Directiva 98/70/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 1998, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo y por la que se modifica la Directiva 93/12/CEE del Consejo (DO L 350 de 28.12.1998, p. 58).

▼M2

c) En el caso del diésel (gasóleo no de carretera), la Directiva 98/70/CE y también un índice de cetano superior o igual a 45 y un contenido de éster metílico de ácidos grasos inferior o igual a 8,0 % v/v.

▼B

1.2.3. Si el fabricante permite que los motores funcionen con combustibles comerciales adicionales distintos de los señalados en el punto 1.2.2, como B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 o B30 (EN16709: 2015), o con combustibles específicos, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles, además de los requisitos del punto 1.2.2.1 adoptará todas las medidas que figuran a continuación:

a) declarará, en la ficha de características establecida en el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 de la Comisión ([1]), la especificación de los combustibles comerciales y de las mezclas o emulsiones de combustibles con los que puede funcionar la familia de motores;

b) demostrará la capacidad del motor de referencia para cumplir los requisitos del presente Reglamento relativos a los combustibles y las mezclas o emulsiones de combustibles declarados;

c) responderá del cumplimiento de los requisitos de supervisión en servicio especificados en el Reglamento Delegado (UE) 2017/655 de la Comisión ([2]), relativos a los combustibles y las mezclas o emulsiones de combustibles declarados, incluidas las combinaciones de combustibles y mezclas o emulsiones de combustibles declarados, y el combustible comercial aplicable identificado en el punto 1.2.2.1.

1.2.4. En el caso de los motores SI, la relación de la mezcla combustible/aceite deberá ser la recomendada por el fabricante. El porcentaje de aceite en la mezcla combustible/lubricante se registrará en la ficha de características establecida en el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

1.3. Requisitos para los motores de combustible específico (ED 95 o E 85)

Los motores de combustible específico (ED 95 o E 85) cumplirán los requisitos de los puntos 1.3.1 a 1.3.2.

1.3.1. En el caso del ED 95, el motor de referencia cumplirá los valores límite aplicables que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y cumplirá los requisitos del presente Reglamento cuando el motor funcione con el combustible de referencia especificado en el punto 1.2 del anexo IX.

1.3.2. En el caso del E 85, el motor de referencia cumplirá los valores límite aplicables que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y cumplirá los requisitos del presente Reglamento cuando el motor funcione con el combustible de referencia especificado en el punto 2.2 del anexo IX.

([1]) Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2016, por el que se establecen los requisitos administrativos relativos a los límites de emisiones y la homologación de tipo de los motores de combustión interna para máquinas móviles no de carretera de conformidad con el Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo (véase la página 364 del presente Diario Oficial)

([2]) Reglamento Delegado (UE) 2017/655 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2016, por el que se complementa el Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la vigilancia de las emisiones de gases contaminantes procedentes de motores de combustión interna instalados en las máquinas móviles no de carretera (véase la página 334 del presente Diario Oficial).

▼B

2. **Requisitos para los motores alimentados con gas natural / biometano (GN) o con gas licuado de petróleo (GLP), incluidos los motores de combustible dual**

2.1. ►C1 A la hora de solicitar una homologación de tipo UE, los fabricantes pueden seleccionar una de las opciones siguientes en relación con la clase de combustibles del motor: ◄

▼C1

a) motor de clase universal de combustibles, de conformidad con los requisitos del punto 2.3;

b) motor de clase restringida de combustibles, de conformidad con los requisitos del punto 2.4;

▼B

c) motor de combustible específico, de conformidad con los requisitos del punto 2.5.

2.2. Los cuadros en los que se resumen los requisitos para la homologación de tipo UE de los motores alimentados con gas natural / biometano, los motores alimentados con GLP y los motores de combustible dual figuran en el apéndice 1.

▼C1

2.3. Requisitos para los motores de clase universal de combustibles

▼B

2.3.1. En el caso de los motores alimentados con gas natural / biometano, incluidos los motores de combustible dual, el fabricante demostrará la capacidad de los motores de referencia para adaptarse a cualquier composición de gas natural / biometano que pueda existir en el mercado. Tal demostración se llevará a cabo de conformidad con la presente sección 2 y, en el caso de los vehículos de combustible dual, también de conformidad con las disposiciones adicionales relativas al procedimiento de adaptación del combustible que figura en el punto 6.4 del anexo VIII.

2.3.1.1. En el caso de los motores alimentados con gas natural / biometano comprimido (GNC), existen, en general, dos tipos de combustible: el de alto poder calorífico (grupo H) y el de bajo poder calorífico (grupo L), aunque con una variedad significativa dentro de cada uno de ellos; difieren considerablemente en cuanto a su contenido energético, expresado mediante el índice de Wobbe y en su factor de desplazamiento λ (S_λ). Se considera que los gases naturales con un factor de desplazamiento λ comprendido entre 0,89 y 1,08 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$) pertenecen al grupo H, mientras que los gases naturales con un factor de desplazamiento λ comprendido entre 1,08 y 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) pertenecen al grupo L. La composición de los combustibles de referencia refleja las variaciones extremas de S_λ.

El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento con los combustibles de referencia G_R (combustible 1) y G_{25} (combustible 2), especificados en el anexo IX, o con los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX, sin reajustes manuales del sistema de alimentación de combustible del motor entre los dos ensayos (se requiere la autoadaptación). Se permite una ronda de adaptación tras el cambio del combustible. La ronda de adaptación consistirá en efectuar el preacondicionamiento para el siguiente ensayo de emisiones con arreglo al ciclo de ensayo correspondiente. En el caso de los motores sometidos al ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera (NRSC), cuando el ciclo de preacondicionamiento sea inadecuado para la autoadaptación de la alimentación de combustible del motor, antes del preacondicionamiento de este podrá efectuarse una ronda de adaptación alternativa especificada por el fabricante.

2.3.1.1.1. El fabricante podrá realizar el ensayo del motor con un tercer combustible (combustible 3) si el factor de desplazamiento λ (S_λ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el margen inferior del G_R) y 1,19 (es decir, el margen superior del G_{25}), por ejemplo cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.

▼B

2.3.1.2. En el caso de los motores alimentados con gas natural / biometano licuado (GNL), el motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento con los combustibles de referencia G_R (combustible 1) y G_{20} (combustible 2), especificados en el anexo IX, o con los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX, sin reajustes manuales del sistema de alimentación de combustible del motor entre los dos ensayos (se requiere la autoadaptación). Se permite una ronda de adaptación tras el cambio del combustible. La ronda de adaptación consistirá en efectuar el preacondicionamiento para el siguiente ensayo de emisiones con arreglo al ciclo de ensayo correspondiente. En el caso de los motores sometidos al ciclo de ensayo NRSC, cuando el ciclo de preacondicionamiento sea inadecuado para la autoadaptación de la alimentación de combustible del motor, antes del preacondicionamiento del motor podrá efectuarse una ronda de adaptación alternativa especificada por el fabricante.

2.3.2. En el caso de los motores alimentados con gas natural / biometano comprimido (GNC) que sean autoadaptativos, por un lado, a los gases del grupo H y, por otro, a los gases del grupo L y que pasen de los gases del grupo H a los gases del grupo L, y viceversa, mediante un conmutador, el ensayo del motor de referencia deberá efectuarse, para cada una de las variedades, en cada una de las posiciones del conmutador, con el combustible de referencia correspondiente, especificado en el anexo IX. Los combustibles son G_R (combustible 1) y G_{23} (combustible 3) para los gases del grupo H, y G_{25} (combustible 2) y G_{23} (combustible 3) para los gases del grupo L, o los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento en ambas posiciones del conmutador, sin reajustes de la alimentación de combustible entre los dos ensayos en cada una de las posiciones del conmutador. Se permite una ronda de adaptación tras el cambio del combustible. La ronda de adaptación consistirá en efectuar el preacondicionamiento para el siguiente ensayo de emisiones con arreglo al ciclo de ensayo correspondiente. En el caso de los motores sometidos al ciclo de ensayo NRSC, cuando el ciclo de preacondicionamiento sea inadecuado para la autoadaptación de la alimentación de combustible del motor, antes del preacondicionamiento del motor podrá efectuarse una ronda de adaptación alternativa especificada por el fabricante.

2.3.2.1. El fabricante podrá realizar el ensayo del motor con un tercer combustible en lugar del G_{23} (combustible 3) si el factor de desplazamiento λ (S_λ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el margen inferior del G_R) y 1,19 (es decir, el margen superior del G_{25}), por ejemplo cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.

2.3.3. En el caso de los motores alimentados con gas natural / biometano, la relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia 2}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia 1}}$$

o bien

$$r_a = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia 2}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia 3}}$$

y

$$r_b = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia 1}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia 3}}$$

▼B

2.3.4. En el caso de los motores alimentados con GLP, el fabricante demostrará la capacidad del motor de referencia para adaptarse a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado.

En el caso de los motores alimentados con GLP, existen variaciones en la composición C_3/C_4. Estas variaciones se reflejan en los combustibles de referencia. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos relativos a las emisiones con los combustibles de referencia A y B, especificados en el anexo IX, sin reajustes de la alimentación de combustible entre los dos ensayos. Se permite una ronda de adaptación tras el cambio del combustible. La ronda de adaptación consistirá en efectuar el preacondicionamiento para el siguiente ensayo de emisiones con arreglo al ciclo de ensayo correspondiente. En el caso de los motores sometidos al ciclo de ensayo NRSC, cuando el ciclo de preacondicionamiento sea inadecuado para la autoadaptación de la alimentación de combustible del motor, antes del preacondicionamiento del motor podrá efectuarse una ronda de adaptación alternativa especificada por el fabricante.

2.3.4.1. La relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia B}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia A}}$$

▼C1

2.4. Requisitos para los motores de clase restringida de combustibles

Los motores de clase restringida de combustibles cumplirán los requisitos de los puntos 2.4.1 a 2.4.3.

▼B

2.4.1. Motores alimentados con GNC y diseñados para funcionar, bien con gases del grupo H, bien con gases del grupo L

2.4.1.1. El motor de referencia se someterá a ensayo con el combustible de referencia correspondiente, especificado en el anexo IX, para la variedad pertinente. Los combustibles son G_R (combustible 1) y G_{23} (combustible 3) para los gases del grupo H, y G_{25} (combustible 2) y G_{23} (combustible 3) para los gases del grupo L, o los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento, sin reajustes de la alimentación de combustible entre los dos ensayos. Se permite una ronda de adaptación tras el cambio del combustible. La ronda de adaptación consistirá en efectuar el preacondicionamiento para el siguiente ensayo de emisiones con arreglo al ciclo de ensayo correspondiente. En el caso de los motores sometidos al ciclo de ensayo NRSC, cuando el ciclo de preacondicionamiento sea inadecuado para la autoadaptación de la alimentación de combustible del motor, antes del preacondicionamiento del motor podrá efectuarse una ronda de adaptación alternativa especificada por el fabricante.

2.4.1.2. El fabricante podrá realizar el ensayo del motor con un tercer combustible en lugar del G_{23} (combustible 3) si el factor de desplazamiento λ (S_λ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el margen inferior del G_R) y 1,19 (es decir, el margen superior del G_{25}), por ejemplo cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.

▼B

2.4.1.3. La relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia 2}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia 1}}$$

o bien

$$r_a = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia 2}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia 3}}$$

y

$$r_b = \frac{\text{resultado emisiones combustible de referencia 1}}{\text{resultado emisiones combustible de referencia 3}}$$

▼M2

_____

▼B

2.4.2. Motores alimentados con gas natural o GLP y diseñados para funcionar con una composición de combustible específica

2.4.2.1. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos relativos a las emisiones con los combustibles de referencia G_R y G_{25} o con los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX, en el caso del GNC, con los combustibles de referencia G_R y G_{20} o con los combustibles equivalente creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 2 del anexo VI, en el caso del GNL, o con los combustibles de referencia A y B, especificados en el anexo IX, en el caso del GLP. Entre los ensayos se permite el reglaje del sistema de alimentación de combustible. Este reglaje consistirá en una recalibración de la base de datos de la alimentación de combustible, sin alterar la estrategia básica de control ni la estructura básica de la base de datos. Si es necesario, se autorizará el recambio de piezas directamente relacionadas con el caudal de combustible (como las boquillas de los inyectores).

2.4.2.2. En el caso de los motores alimentados con GNC, el fabricante podrá realizar los ensayos del motor con los combustibles de referencia G_R y G_{23}, con los combustibles de referencia G_{25} y G_{23} o con los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX, en cuyo caso la homologación de tipo UE solo será válida para los gases del grupo H o los gases del grupo L, respectivamente.

2.4.2.3. En el momento de la entrega al cliente, el motor deberá llevar una etiqueta, especificada en el anexo III del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, que indique ►C1 la composición de la clase de combustibles para la que se ha calibrado el motor ◄.

2.5. Requisitos para los motores de combustible específico alimentados con gas natural / biometano licuado (GNL)

Los motores de combustible específico alimentados con gas natural / biometano licuado cumplirán los requisitos de los puntos 2.5.1 a 2.5.2.

2.5.1. Motores de combustible específico alimentados con gas natural / biometano licuado (GNL)

▼B

2.5.1.1. El motor se calibrará para una composición de gas GNL específica cuyo factor de desplazamiento λ resultante no difiera en más del 3 % del factor de desplazamiento λ del combustible G_{20} especificado en el anexo IX y cuyo contenido de etano no exceda del 1,5 %.

2.5.1.2. Si no se cumplen los requisitos del punto 2.5.1.1, la solicitud del fabricante corresponderá a un motor de combustible universal, con arreglo a las especificaciones del punto 2.1.3.2.

▼M2

2.5.2. Motores de combustible dual específico alimentados con gas natural licuado (GNL)

2.5.2.1. Por lo que respecta a las familias de motores de combustible dual en las que el motor se calibra para una composición de gas GNL específica cuyo factor de desplazamiento λ resultante no difiere en más del 3 % del factor de desplazamiento λ del combustible G_{20} especificado en el anexo IX y cuyo contenido de etano no excede del 1,5 %, el motor de referencia solo se someterá a ensayo con el combustible de referencia G_{20} o con el combustible equivalente creado utilizando una mezcla de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice 1 del anexo IX.

▼B

2.6. Homologación de tipo UE de un miembro de una familia

▼C1

2.6.1. A excepción del caso mencionado en el punto 2.6.2, la homologación de tipo UE de un motor de referencia se ampliará a todos los miembros de la familia, sin necesidad de realizar nuevos ensayos, para cualquier composición de combustible dentro de la clase en relación con la cual se haya concedido la homologación de tipo UE al motor de referencia (en el caso de los motores descritos en el punto 2.5) o para la misma clase de combustibles en relación con la cual se haya concedido la homologación de tipo UE al motor de referencia (en el caso de los motores descritos en el punto 2.3 o 2.4).

▼M3

2.6.2. Cuando la autoridad de homologación determine que, por lo que respecta al motor de referencia seleccionado, la solicitud presentada no es plenamente representativa de la familia de motores definidos en el anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, podrá seleccionar y someter a ensayo un motor de ensayo de referencia alternativo y, si es necesario, un motor de ensayo de referencia adicional.

▼B

2.7. Requisitos adicionales para los motores de combustible dual

Para que se le conceda la homologación de tipo UE de un tipo o una familia de motores de combustible dual, el fabricante deberá:

a) realizar los ensayos de conformidad con el cuadro 1.3 del apéndice 1;

b) además de los requisitos de la sección 2, demostrar que los motores de combustible dual se han sometido a los ensayos y cumplen los requisitos del anexo VIII.

▼B

Apéndice 1

Recapitulativo del proceso de homologación de los motores alimentados con gas natural y GLP, incluidos los motores de combustible dual

En los cuadros 1.1 y 1.3 figura un recapitulativo del proceso de homologación de los motores alimentados con gas natural y GLP y del número mínimo de ensayos necesarios para la homologación de los motores de combustible dual.

Cuadro 1.1

Homologación de tipo UE de los motores alimentados con gas natural

	►C1 Punto 2.3: Requisitos para los motores de clase universal de combustibles ◄	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»	►C1 Punto 2.4: Requisitos para los motores de clase restringida de combustibles ◄	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 2.3.1. Motor de GN adaptable a cualquier composición de combustible	G_R (1) y G_{25} (2) A petición del fabricante, el motor podrá someterse a ensayo con un combustible comercial adicional (3), si S_l = 0,89 — 1,19	2 (máx. 3)	$r = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 1}(G_R)}$ y, si se somete a ensayo con un combustible adicional; $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3(market fuel)}}$ y $r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$			
Véase el punto 2.3.2. Motor de GN autoadaptativo mediante conmutador	G_R (1) y G_{23} (3) para H y G_{25} (2) y G_{23} (3) para L A petición del fabricante, el motor podrá someterse a ensayo con un combustible comercial (3) en lugar del G_{23}, si S_l = 0,89 — 1,19	2 para el grupo H, y 2 para el grupo L; en la posición correspondiente del conmutador	$r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ y $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$			
Véase el punto 2.4.1. Disposición del motor de GN para funcionar, bien con un gas del grupo H, bien con un gas del grupo L				G_R (1) y G_{23} (3) para H o G_{25} (2) y G_{23} (3) para L A petición del fabricante, el motor podrá someterse a ensayo con un combustible comercial (3) en lugar del G_{23}, si S_l = 0,89 — 1,19	2 para el grupo H o 2 para el grupo L2	$r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ para el grupo H o $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ para el grupo L

▼B

	►C1 Punto 2.3: Requisitos para los motores de clase universal de combustibles ◄	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»	►C1 Punto 2.4: Requisitos para los motores de clase restringida de combustibles ◄	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 2.4.2. Disposición del motor GN para funcionar con una composición de combustible específica				G_R (1) y G_{25} (2), se permite el ajuste entre los ensayos. A petición del fabricante, el motor podrá someterse a ensayo con: G_R (1) y G_{23} (3) para H o G_{25} (2) y G_{23} (3) para L	2 2 para el grupo H o 2 para el grupo L	

Cuadro 1.2

Homologación de tipo UE de los motores alimentados con GLP

	►C1 Punto 2.3: Requisitos para los motores de clase universal de combustibles ◄	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»	►C1 Punto 2.4: Requisitos para los motores de clase restringida de combustibles ◄	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 2.3.4. Motor de GLP adaptable a cualquier composición de combustible	Combustible A y combustible B	2	$r = \frac{\text{fuel B}}{\text{fuel A}}$			
Véase el punto 2.4.2. Disposición del motor de GLP para funcionar con una composición de combustible específica				Combustible A y combustible B, se permite el ajuste entre los ensayos.	2	

Cuadro 1.3

Número mínimo de ensayos necesarios para la homologación de tipo UE de los motores de combustible dual

Tipo de combustible dual	Modo combustible líquido	Modo combustible dual			
		GNC	GNL	GNL_{20}	GLP
1A		Universal o restringido (2 ensayos)	Universal (2 ensayos)	Combustible específico (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)
1B	Universal (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)	Universal (2 ensayos)	Combustible específico (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)

▼B

Tipo de combustible dual	Modo combustible líquido	Modo combustible dual			
		GNC	GNL	GNL_{20}	GLP
2A		Universal o restringido (2 ensayos)	Universal (2 ensayos)	Combustible específico (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)
2B	Universal (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)	Universal (2 ensayos)	Combustible específico (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)
3B	Universal (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)	Universal (2 ensayos)	Combustible específico (1 ensayo)	Universal o restringido (2 ensayos)

▼B

ANEXO II

Disposiciones relativas a la conformidad de la producción

1. **Definiciones**

A efectos del presente anexo, se aplicarán las definiciones siguientes:

1.1. «sistema de gestión de la calidad»: conjunto de elementos interrelacionados o interconectados que las organizaciones utilizan para dirigir y controlar la manera en que se aplican las políticas de calidad y se consiguen los objetivos en materia de calidad;

1.2. «auditoría»: procedimiento para la obtención de pruebas destinadas a evaluar si los criterios de auditoría se aplican adecuadamente; la auditoría debe ser objetiva, imparcial e independiente y el procedimiento, sistemático y documentado;

1.3. «acciones correctoras»: procedimiento para la resolución de problemas que consiste en varias medidas destinadas a eliminar las causas que han dado lugar a una situación no conforme o no deseada y a evitar que dicha situación se repita.

2. **Objetivo**

2.1. La finalidad de las disposiciones relativas a la conformidad de la producción es garantizar que los motores sean conformes con los requisitos de especificación, rendimiento y marcado del tipo o la familia de motores homologado.

2.2. Los procedimientos incluyen, de manera indisociable, la evaluación de los sistemas de gestión de la calidad, lo que se conoce como «evaluación inicial» y se aborda en la sección 3, y los controles relacionados con la verificación y la producción, lo que se conoce como «disposiciones de conformidad del producto» y se aborda en la sección 4.

3. **Evaluación inicial**

3.1. Antes de conceder una homologación de tipo UE, la autoridad de homologación verificará si existen disposiciones y procedimientos satisfactorios establecidos por el fabricante para garantizar el control efectivo, de manera que los motores, en el momento de la fabricación, sean conformes con el tipo o la familia de motores homologado.

3.2. Se aplicarán a la evaluación inicial las directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental establecidas en la norma EN ISO 19011:2011.

3.3. La autoridad de homologación llevará a cabo la evaluación inicial y la verificación de las disposiciones de conformidad del producto de la sección 4 teniendo en cuenta, según corresponda, las disposiciones de uno de los puntos 3.3.1 a 3.3.3 o una combinación, total o parcial, de dichas disposiciones.

3.3.1. Llevará a cabo la evaluación inicial y la verificación de las disposiciones de conformidad del producto la autoridad de homologación que conceda la homologación o un organismo designado que intervenga en nombre de la autoridad de homologación.

3.3.1.1. Al plantearse el alcance de la evaluación inicial que se va a llevar a cabo, la autoridad de homologación podrá tener en cuenta la información disponible en relación con la certificación del fabricante que no haya sido aceptada con arreglo al punto 3.3.3.

▼M2

3.3.2. También podrá llevarse a cabo la evaluación inicial y la verificación de las disposiciones de conformidad del producto en cooperación con la autoridad de homologación de otro Estado miembro o el organismo designado por la autoridad de homologación con este fin.

▼B

3.3.2.1. En tal caso, la autoridad de homologación del otro Estado miembro elaborará una declaración de conformidad en la que indique las áreas y las instalaciones de producción que haya abarcado y que sean pertinentes para los motores que van a ser homologados de tipo UE.

3.3.2.2. La autoridad de homologación de un Estado miembro, cuando reciba la solicitud de declaración de conformidad de la autoridad de homologación del Estado miembro que conceda la homologación de tipo UE, enviará inmediatamente dicha declaración o indicará que no puede enviarla.

3.3.2.3. La declaración de conformidad incluirá, al menos, lo siguiente:

3.3.2.3.1. grupo o empresa (p. ej.: fabricante XYZ);

3.3.2.3.2. organización particular (p. ej.: división europea);

3.3.2.3.3. plantas/instalaciones (p. ej.: planta de motores 1, Reino Unido; planta de motores 2, Alemania);

3.3.2.3.4. tipos/familias de motores incluidos;

3.3.2.3.5. áreas evaluadas (p. ej.: ensamblaje del motor, ensayo del motor, fabricación del postratamiento);

3.3.2.3.6. documentos examinados (p. ej.: manual y procedimientos de calidad de la empresa y la instalación);

3.3.2.3.7. fecha de la evaluación (p. ej.: auditoría celebrada entre el 18 y el 30 de mayo de 2013);

3.3.2.3.8. visita de supervisión planificada (p. ej.: octubre de 2014).

3.3.3. La autoridad de homologación también aceptará la certificación adecuada del fabricante con arreglo a la norma armonizada EN ISO 9001:2008 o una norma armonizada equivalente que satisfaga los requisitos de la evaluación inicial del punto 3.3. El fabricante proporcionará detalles de la certificación e informará a la autoridad de homologación de cualquier revisión de su validez o alcance.

4. **Disposiciones de conformidad del producto**

4.1. Todo motor homologado de tipo UE con arreglo al Reglamento (UE) 2016/1628, al presente Reglamento, al Reglamento Delegado (UE) 2017/655, y al Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, estará fabricado de manera que sea conforme con el tipo o la familia de motores homologado mediante el cumplimiento de los requisitos del presente anexo, del Reglamento (UE) 2016/1628 y de los Reglamentos Delegados y de Ejecución de la Comisión anteriormente mencionados.

4.2. Antes de conceder una homologación de tipo UE con arreglo al Reglamento (UE) 2016/1628 y a los actos Delegados y de Ejecución adoptados de conformidad con dicho Reglamento, la autoridad de homologación verificará la existencia de unas disposiciones y planes de control documentados adecuados, que deban ser acordados con el fabricante en relación con cada homologación, para llevar a cabo a intervalos determinados los ensayos o comprobaciones asociadas necesarios para verificar la conformidad permanente con el tipo o la familia de motores homologado, incluidos, en su caso, los ensayos especificados en el Reglamento (UE) 2016/1628 y en los actos Delegados y de Ejecución adoptados con arreglo a dicho Reglamento.

▼B

4.3. El titular de la homologación de tipo UE deberá:

4.3.1. garantizar la existencia y la aplicación de procedimientos para el control efectivo de la conformidad de los motores con el tipo o la familia de motores homologado;

4.3.2. tener acceso al equipo de ensayo, o a cualquier otro equipo, necesario para comprobar la conformidad con cada tipo o familia de motores homologado;

4.3.3. garantizar el registro de los datos resultantes del ensayo o la comprobación y la disponibilidad de los documentos anexos durante un período de hasta diez años que se determinará de acuerdo con la autoridad de homologación;

4.3.4. en relación con las categorías de motores NRSh y NRS, excepto NRS-v-2b y NRS-v-3, garantizar que, para cada tipo de motor, se realicen al menos los ensayos y comprobaciones prescritos en el Reglamento (UE) 2016/1628 y en los actos Delegados y de Ejecución adoptados con arreglo a dicho Reglamento; en relación con otras categorías, el fabricante y la autoridad de homologación podrán acordar la realización de ensayos a nivel de componentes o conjuntos de componentes con los criterios adecuados;

4.3.5. analizar los resultados de cada tipo de ensayo o comprobación, para verificar y garantizar la estabilidad de las características del producto, teniendo en cuenta las variaciones inherentes a la producción industrial;

4.3.6. garantizar que todos los conjuntos de muestras o piezas de ensayo que evidencien la no conformidad del tipo de ensayo en cuestión den lugar a un nuevo muestreo y a un nuevo ensayo o comprobación.

4.4. Si se considera que los resultados de la nueva auditoría o comprobación mencionada en el punto 4.3.6 no son satisfactorios para la autoridad de homologación, el fabricante se asegurará de que la conformidad de la producción se restablezca lo antes posible, mediante acciones correctoras que la autoridad de homologación considere satisfactorias.

5. **Disposiciones de verificación permanentes**

5.1. La autoridad que ha concedido la homologación de tipo UE podrá verificar en todo momento, por medio de auditorías periódicas, los métodos de control de la conformidad de la producción aplicados en cada instalación de producción. A tal fin, el fabricante permitirá el acceso a las instalaciones de fabricación, inspección, ensayo, almacenamiento y distribución y proporcionará toda la información necesaria relativa a la documentación y el registro del sistema de gestión de la calidad.

5.1.1. El planteamiento normal de estas auditorías consistirá en supervisar la eficacia permanente de los procedimientos establecidos en las secciones 3 y 4 (Evaluación inicial y Disposiciones de conformidad del producto).

5.1.1.1. Se considerará que las actividades de vigilancia llevadas a cabo por los servicios técnicos (cualificados o reconocidos de conformidad con el punto 3.3.3) satisfacen los requisitos del punto 5.1.1 por lo que respecta a los procedimientos de la evaluación inicial.

▼B

5.1.1.2. La frecuencia mínima de las verificaciones (distintas de las del punto 5.1.1.1) destinadas a garantizar que los controles de la conformidad de la producción pertinentes aplicados de conformidad con las secciones 3 y 4 se revisan tras un período coherente con el clima de confianza establecido por la autoridad de homologación será de una vez cada dos años. No obstante, la autoridad de homologación llevará a cabo verificaciones adicionales en función de la producción anual, los resultados de evaluaciones anteriores, la necesidad de supervisar las medidas correctoras y en respuesta a una petición motivada de otra autoridad de homologación o de cualquier autoridad de vigilancia del mercado.

5.2. En el momento de las revisiones, el inspector tendrá a su disposición los registros de los ensayos, de la producción y de las comprobaciones, en particular de los ensayos o comprobaciones documentados con arreglo al punto 4.2.

5.3. El inspector podrá seleccionar muestras aleatorias para ser sometidas a ensayo en el laboratorio del fabricante o en las instalaciones del servicio técnico, en cuyo caso solo se llevarán a cabo ensayos físicos. El número mínimo de muestras podrá determinarse con arreglo a los resultados de la verificación del propio fabricante.

5.4. Cuando el nivel de control no sea satisfactorio o cuando se considere necesario verificar la validez de los ensayos realizados en aplicación del punto 5.2, o en respuesta a una petición motivada de otra autoridad de homologación o de cualquier autoridad de vigilancia del mercado, el inspector seleccionará muestras para ser sometidas a ensayo en el laboratorio del fabricante o enviadas al servicio técnico para llevar a cabo ensayos físicos de conformidad con los requisitos que figuran en la sección 6, en el Reglamento (UE) 2016/1628 y en los actos Delegados y de Ejecución adoptados con arreglo a dicho Reglamento.

5.5. Cuando, durante una inspección o una revisión de supervisión, la autoridad de homologación, o una autoridad de homologación de otro Estados miembro, encuentre resultados no satisfactorios, de conformidad con el artículo 39, apartado 3, del Reglamento (UE) 2016/1628, dicha autoridad de homologación se asegurará de que se tomen todas las medidas necesarias para restablecer la conformidad de la producción lo antes posible.

6. **Requisitos para el ensayo de la conformidad de la producción cuando el nivel de control de la conformidad de la producción no sea satisfactorio, según se describe en el punto 5.4**

6.1. Cuando el nivel de control de la conformidad de la producción no sea satisfactorio, según se describe en el punto 5.4 o 5.5, la conformidad de la producción se comprobará por medio de un ensayo de emisiones con arreglo a la descripción de los certificados de homologación de tipo UE que figuran en el anexo IV del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

6.2. Salvo disposición en contrario del punto 6.3, se aplicará el procedimiento siguiente:

6.2.1. De la producción en serie del tipo de motor en cuestión, se escogerán aleatoriamente, para ser inspeccionados, tres motores y, en su caso, tres sistemas de postratamiento. Se escogerán motores adicionales, según corresponda, para llegar a una decisión de aceptación o rechazo. Para llegar a una decisión de aceptación, es necesario someter a ensayo un mínimo de cuatro motores.

6.2.2. Una vez que el inspector haya seleccionado los motores, el fabricante no realizará ningún ajuste en ellos.

▼B

6.2.3. Los motores se someterán a un ensayo de emisiones de conformidad con el anexo VI o, en el caso de los motores de combustible dual, de conformidad con el apéndice 2 del anexo VIII, y a los ciclos de ensayo pertinentes para el tipo de motor de conformidad con el anexo XVII.

▼M2

6.2.3.1. No obstante lo dispuesto en el punto 6.2.3, en el caso de los motores de la categoría RLL, cuando se utilice un informe de ensayo existente de conformidad con el artículo 7, apartado 2, del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, a efectos del presente anexo el porcentaje de carga y la potencia, así como el factor de ponderación correspondiente al número de modo del ciclo de ensayo de tipo F, podrán ser los mismos que se hayan utilizado en el ensayo de homologación de tipo.

▼B

6.2.4. Los valores límite serán los que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628. Cuando la regeneración de un motor con postratamiento sea infrecuente con arreglo al punto 6.6.2 del anexo VI, los resultados de las emisiones contaminantes de gases o partículas se ajustarán por medio del factor aplicable al tipo de motor. En todos los casos, los resultados de las emisiones contaminantes de gases o partículas se ajustarán mediante la aplicación de los factores de deterioro (FD) adecuados para el tipo de motor en cuestión ►M2 que hayan sido determinados de conformidad con el anexo III ◄.

6.2.5. Los ensayos se llevarán a cabo en motores fabricados recientemente.

6.2.5.1. A petición del fabricante, los ensayos podrán realizarse con motores que hayan sido rodados, bien durante el 2 % del período de durabilidad de las emisiones, bien durante ciento veinticinco horas, si este período es más corto. Cuando el procedimiento de rodaje lo lleve a cabo el fabricante, no realizará ningún ajuste en los motores. Cuando el fabricante haya indicado un procedimiento de rodaje en el punto 3.3 de la ficha de características, como se establece en el anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, el rodaje se llevará a cabo mediante dicho procedimiento.

6.2.6. Sobre la base de los ensayos por muestreo del motor, con arreglo al apéndice 1, la producción en serie de los motores en cuestión se considera conforme con el tipo homologado cuando se ha llegado a una decisión de aceptación en relación con todos los contaminantes y no conforme con el tipo homologado cuando se ha llegado a una decisión de rechazo en relación con un contaminante, de conformidad con los criterios de ensayo aplicados en el apéndice 1, y según se muestra en la figura 2.1.

6.2.7. Cuando se ha llegado a una decisión de aceptación en relación con un contaminante, no puede modificarse esta decisión como consecuencia de un resultado procedente de cualquier ensayo adicional realizado para llegar a una decisión en relación con los demás contaminantes.

Si no se ha llegado a una decisión de aceptación en relación con todos los contaminantes ni se ha llegado a una decisión de rechazo en relación con ninguno de los contaminantes, se llevará a cabo un ensayo con otro motor.

6.2.8. Si no se ha llegado a ninguna decisión, el fabricante podrá, en cualquier momento, optar por detener los ensayos. En ese caso, se registrará una decisión de rechazo.

6.3. Sin perjuicio de lo dispuesto en el punto 6.2.1, en relación con los tipos de motores con un volumen de ventas inferior a cien unidades anuales dentro de la UE, se aplicará el procedimiento siguiente:

6.3.1. De la producción en serie del tipo de motor en cuestión, se escogerá aleatoriamente, para ser inspeccionado, un motor y, en su caso, un sistema de postratamiento.

6.3.2. Si el motor cumple los requisitos que figuran en el punto 6.2.4, se habrá llegado a una decisión de aceptación y no será necesario realizar ningún otro ensayo.

6.3.3. Si el ensayo no cumple los requisitos que figuran en el punto 6.2.4, se seguirá el procedimiento de los puntos 6.2.6 a 6.2.9.

▼B

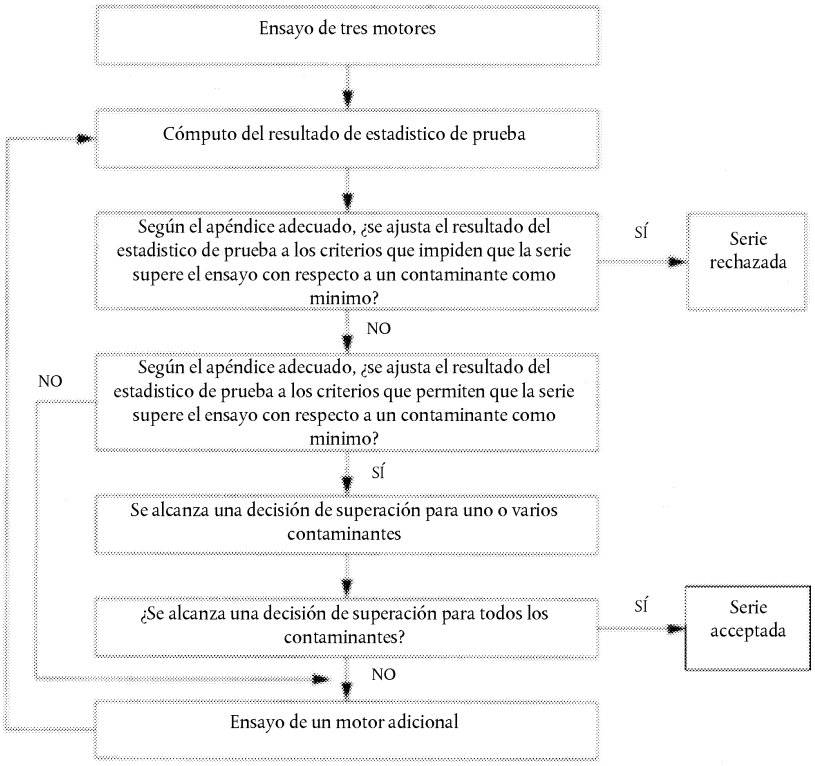
6.4. Todos estos ensayos podrán llevarse a cabo con los combustibles comerciales aplicables. No obstante, a petición del fabricante se utilizarán los combustibles de referencia descritos en el anexo IX. ►M2 En el caso de los motores alimentados con gas natural/biometano (GN) o con gas licuado de petróleo (GLP), incluidos los motores de combustible dual, los ensayos se realizarán con al menos dos de los combustibles de referencia para cada motor alimentado con combustible gaseoso, excepto en el caso de los motores alimentados con combustible gaseoso cuya homologación de tipo se refiera a un combustible específico, cuando solo se requiera un combustible de referencia, como se describe en el apéndice 1 del anexo I. ◄ Cuando se utiliza más de un combustible de referencia gaseoso, los resultados deberán demostrar que el motor cumple los valores límite con cada combustible.

6.5. No conformidad de los motores alimentados con combustible gaseoso

En caso de litigio en relación con la conformidad de los motores alimentados con combustible gaseoso, incluidos los motores de combustible dual, cuando se utiliza un combustible comercial, se realizarán los ensayos con cada uno de los combustibles de referencia con los que se haya sometido a ensayo el motor de referencia y, a petición del fabricante, con el posible tercer combustible adicional, con arreglo a los puntos 2.3.1.1.1, 2.3.2.1 y 2.4.1.2 del anexo I, con el que se haya podido someter a ensayo el motor de referencia. En su caso, se convertirá el resultado, por medio de un cálculo, aplicando los factores pertinentes «r», «r_a» o «r_b», tal como se describe en los puntos 2.3.3, 2.3.4.1 y 2.4.1.3 del anexo I. Si r, r_a o r_b son inferiores a 1, no se corregirán. Los resultados medidos y, en su caso, los resultados calculados demostrarán que el motor cumple los valores límite con todos los combustibles de referencia (p. ej., los combustibles 1, 2 y, si procede, el tercer combustible en el caso de los motores de gas natural / biometano y los combustibles A y B en el caso de los motores de GLP).

Figura 2.1

Esquema del ensayo de conformidad de la producción



▼B

Apéndice 1

Procedimiento del ensayo de conformidad de la producción

1. En el presente apéndice se describe el procedimiento que se debe utilizar para verificar la conformidad de la producción de las emisiones de contaminantes.

2. Con un tamaño mínimo de muestra de tres motores, el procedimiento de muestreo será tal que la probabilidad de que un lote supere un ensayo con el 30 % de los motores defectuosos sea de 0,90 (riesgo del fabricante = 10 %), mientras que la probabilidad de que un lote sea aceptado con el 65 % de los motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %),

3. Se utiliza el siguiente procedimiento para cada uno de los contaminantes de las emisiones (véase la figura 2.1):

   Siendo: n = el número de la muestra actual.

4. Se determina, en relación con la muestra, el estadístico de prueba que cuantifica el número acumulado de ensayos no conformes en el ensayo número n.

5. Entonces:

   a) si el estadístico de prueba es inferior o igual al número de decisiones de aceptación en relación con el tamaño de la muestra que figura en el cuadro 2.1, se deberá llegar a una decisión de aceptación en relación con el contaminante;

   b) si el estadístico de prueba es superior o igual al número de decisiones de rechazo en relación con el tamaño de la muestra que figura en el cuadro 2.1, se deberá llegar a una decisión de rechazo en relación con el contaminante;

   c) de lo contrario, se somete a ensayo un motor adicional de conformidad con el punto 6.2 y se aplica el procedimiento de cálculo a la muestra incrementada en una unidad más.

En el cuadro 2.1, el número de decisiones de aceptación y rechazo se calculará con arreglo a la norma internacional ISO 8422/1991.

Cuadro 2.1

Estadístico de prueba de conformidad de la producción

Tamaño mínimo de muestra: 3 Tamaño mínimo de muestra para una decisión de aceptación: 4

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número de decisiones de aceptación	Número de decisiones de rechazo
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6

▼B

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número de decisiones de aceptación	Número de decisiones de rechazo
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

▼B

ANEXO III

Metodología de adaptación de los resultados del ensayo del laboratorio de emisiones para incluir los factores de deterioro

1. **Definiciones**

A efectos del presente anexo, se aplicarán las definiciones siguientes:

1.1. «ciclo de envejecimiento»: operación de la máquina móvil no de carretera o del motor (régimen, carga, potencia) que debe efectuarse durante el período de rodaje;

1.2. «componentes esenciales relacionados con las emisiones»: sistema de postratamiento de los gases de escape, unidad de control electrónico del motor y sus sensores y actuadores asociados, y recirculación de los gases de escape, incluidos todos los filtros, refrigerantes, válvulas de control y tubos relacionados;

1.3. «mantenimiento esencial relacionado con las emisiones»: mantenimiento que debe efectuarse de los componentes esenciales del motor relacionados con las emisiones;

1.4. «mantenimiento relacionado con las emisiones»: mantenimiento que afecta sustancialmente a las emisiones o que es probable que afecte al rendimiento de las emisiones de la máquina móvil no de carretera o del motor durante su funcionamiento normal;

1.5. «familia de motores-sistema de postratamiento»: agrupación, por parte del fabricante, de motores que se ajustan a la definición de una familia de motor, pero que están agrupados a su vez en una suprafamilia de familias de motores que utilizan un sistema similar de postratamiento de los gases de escape;

1.6. «mantenimiento no relacionado con las emisiones»: mantenimiento que no afecta sustancialmente a las emisiones y que no tiene un efecto duradero en el deterioro del rendimiento de las emisiones de la máquina móvil no de carretera o del motor durante su funcionamiento normal una vez efectuado el mantenimiento;

1.7. «programa de rodaje»: ciclo de envejecimiento y período de rodaje para determinar los FD de la familia de motores-sistema de postratamiento.

2. **Información general**

2.1. En el presente anexo se detallan los procedimientos de selección de los motores que se van a someter a ensayo durante un programa de rodaje con el fin de determinar los FD de la homologación de tipo UE del tipo de motor o la familia de motores y la conformidad de las evaluaciones de la producción. Los FD se aplicarán a las emisiones medidas de conformidad con el anexo VI y calculadas de conformidad con el anexo VII, con arreglo al procedimiento del punto 3.2.7 o el punto 4.3, respectivamente.

2.2. No será necesario que la autoridad de homologación presencie los ensayos de rodaje ni los ensayos de emisiones realizados para determinar el deterioro.

▼B

2.3. En el presente anexo también se detalla el mantenimiento relacionado con las emisiones y el mantenimiento no relacionado con las emisiones que debería o podría llevarse a cabo con motores que estén siendo sometidos a un programa de rodaje. Dicho mantenimiento deberá ser conforme con el realizado en los motores en servicio y deberá comunicarse a los usuarios finales de motores nuevos.

3. **Categorías de motores NRE, NRG, IWP, IWA, RLL, RLR, SMB y ATS y subcategorías NRS-v-2b y NRS-v-3**

3.1. Selección de motores para el establecimiento de los FD del período de durabilidad de las emisiones

3.1.1. Los motores se seleccionarán de la familia de motores definida en la sección 2 del anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, para establecer los FD del período de durabilidad de las emisiones.

▼M2

3.1.2. Los motores de diferentes familias podrán combinarse en familias basadas en el tipo de sistema de postratamiento de los gases de escape utilizado o, cuando no se utilice un sistema de postratamiento, basadas en la similitud de las características técnicas del sistema de control de las emisiones. Los motores de diferentes diámetros, número de tiempos, configuración, sistemas de gestión del aire o sistemas de combustible podrán considerarse equivalentes en cuanto a las características de deterioro de las emisiones si el fabricante facilita a la autoridad de homologación datos que acrediten que hay una base técnica razonable para tal consideración. Con el fin de agrupar en la misma familia de motores-sistemas de postratamiento familias de motores con especificaciones técnicas e instalaciones para los sistemas de postratamiento de gases de escape similares, el fabricante facilitará a la autoridad de homologación datos que acrediten que las prestaciones relativas a la reducción de las emisiones de tales motores son similares.

3.1.3. El motor de ensayo representará las características de deterioro de las emisiones de las familias de motores a las que aplicarán los FD resultantes para la homologación de tipo. El fabricante del motor seleccionará un motor que represente a la familia de motores, al grupo de familias de motores o a la familia de motores-sistemas de postratamiento, de conformidad con el punto 3.1.2, para ser sometido a ensayo durante el programa de rodaje contemplado en el punto 3.2.2, y lo notificará a la autoridad de homologación antes del inicio de cualquier ensayo.

3.1.4. Si la autoridad de homologación decide que el caso más desfavorable de la familia de motores, del grupo de familias de motores o de la familia de motores-sistemas de postratamiento puede caracterizarse mejor con otro motor de ensayo, este será seleccionado conjuntamente por la autoridad de homologación y por el fabricante del motor.

▼B

3.2. Determinación de los FD del período de durabilidad de las emisiones

▼M2

3.2.1. Información general

Los FD aplicables a una familia de motores, a un grupo de familias de motores o a una familia de motores-sistemas de postratamiento se desarrollarán a partir de los motores seleccionados basándose en un programa de rodaje que incluya ensayos periódicos de emisiones de gases y de partículas durante los ciclos de ensayo aplicables a la categoría de motores, con arreglo al anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628. En el caso de los ciclos de ensayo transitorios no de carretera (NRTC, *non-road transient test cycles*) de los motores de la categoría NRE, solo se utilizarán los resultados de la ronda de arranque en caliente de dichos ciclos.

▼B

3.2.1.1. A petición del fabricante, la autoridad de homologación podrá autorizar el uso de FD que hayan sido establecidos utilizando procedimientos alternativos a los especificados en los puntos 3.2.2 a 3.2.5. En ese caso, el fabricante demostrará, a satisfacción de la autoridad de homologación, que los procedimientos alternativos utilizados no son menos rigurosos que los que figuran en los puntos 3.2.2 a 3.2.5.

3.2.2. Programa de rodaje

Para la puesta en práctica de los programas de rodaje, el fabricante podrá optar por poner en funcionamiento una máquina móvil no de carretera equipada con el motor seleccionado durante un programa de rodaje en servicio o por poner en funcionamiento el motor seleccionado durante un programa de rodaje en dinamómetro. El fabricante no estará obligado a utilizar el combustible de referencia en el rodaje entre los puntos de ensayo de medición de las emisiones.

3.2.2.1. Rodaje en servicio y en dinamómetro

3.2.2.1.1. El fabricante determinará la forma y la duración del rodaje y del ciclo de envejecimiento de los motores de manera coherente con las buenas prácticas técnicas.

3.2.2.1.2. El fabricante determinará los puntos de ensayo en los que se medirán las emisiones de gases y de partículas durante los ciclos aplicables, de la manera siguiente:

3.2.2.1.2.1. Cuando el programa de rodaje sea más corto que el período de durabilidad de las emisiones, conforme al punto 3.2.2.1.7, el número mínimo de puntos de ensayo será de tres: uno al inicio, otro hacia la mitad y el otro al final del programa de rodaje.

3.2.2.1.2.2. Cuando el final del programa de rodaje coincida con el final del período de durabilidad de las emisiones, el número mínimo de puntos de ensayo será de dos: uno al inicio y el otro al final del programa de rodaje.

3.2.2.1.2.3. El fabricante podrá añadir puntos de ensayo intermedios adicionales espaciados de manera uniforme.

3.2.2.1.3. Los valores de emisión situados en el punto de inicio y en el punto final del período de durabilidad de las emisiones, bien calculados de conformidad con el punto 3.2.5.1, bien medidos directamente de conformidad con el punto 3.2.2.1.2.2, se situarán dentro de los valores límite aplicables a la familia de motores. Sin embargo, los resultados individuales de las emisiones procedentes de los puntos intermedios podrán exceder de esos valores límite.

3.2.2.1.4. En el caso de las categorías o subcategorías de motores a las que se apliquen los NRTC o de las categorías o subcategorías NRS a las que se apliquen los NRTC de los motores de encendido por chispa de mayor potencia (LSI-NRTC), el fabricante podrá pedir a la autoridad de homologación que lo autorice a realizar únicamente un ciclo de ensayo (NRTC o LSI-NRTC, según proceda, o NRSC, de arranque en caliente) en cada punto de ensayo, y el otro únicamente al inicio y al final del programa de rodaje.

3.2.2.1.5. En el caso de las categorías o subcategorías de motores a las que no se aplique el NRTC del anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628, solo se ejecutará el NRSC en cada punto de ensayo.

3.2.2.1.6. Los programas de rodaje podrán ser diferentes para las diferentes familias de motores-sistema de postratamiento.

▼B

3.2.2.1.7. Los programas de rodaje podrán ser más cortos que el período de durabilidad de las emisiones, pero no podrán ser más cortos que el equivalente de al menos un cuarto del período de durabilidad de las emisiones pertinente especificado en el anexo V del Reglamento (UE) 2016/1628.

3.2.2.1.8. Se permite el envejecimiento acelerado adaptando el programa de rodaje sobre la base del consumo de combustible. El ajuste se basará en la proporción entre el consumo de combustible típico en funcionamiento durante el ciclo de envejecimiento, sin que el consumo de combustible durante el ciclo de envejecimiento supere el consumo de combustible típico en funcionamiento en más de un 30 %

3.2.2.1.9. Si la autoridad de homologación está de acuerdo, el fabricante podrá utilizar métodos alternativos de envejecimiento acelerado.

3.2.2.1.10. El programa de rodaje se describirá de manera exhaustiva en la solicitud de homologación de tipo UE y se notificará a la autoridad de homologación antes del inicio de cualquier ensayo.

3.2.2.2. Si la autoridad de homologación decide que es necesario realizar mediciones adicionales entre los puntos seleccionados por el fabricante, se lo comunicará a este. El fabricante preparará el programa de rodaje y la autoridad de homologación dará su aprobación.

3.2.3. Ensayo del motor

3.2.3.1. Estabilización del motor

3.2.3.1.1. Para cada familia de motores-sistemas de postratamiento, el fabricante determinará el número de horas de funcionamiento de la máquina móvil no de carretera o del motor que ha tardado en estabilizarse el motor-sistema de postratamiento. A petición de la autoridad de homologación, el fabricante pondrá a su disposición los datos y análisis utilizados para determinarlo. Para estabilizar el motor-sistema de postratamiento, el fabricante también podrá optar por hacer funcionar la máquina móvil no de carretera o el motor entre sesenta y ciento veinticinco horas, o el tiempo equivalente en el ciclo de envejecimiento.

3.2.3.1.2. El final del período de estabilización determinado en el punto 3.2.3.1.1 se considerará el inicio del programa de rodaje.

3.2.3.2. Ensayo del programa de rodaje

3.2.3.2.1. Tras la estabilización, el motor estará en funcionamiento durante el programa de rodaje seleccionado por el fabricante, como se describe en el punto 3.2.2. En los intervalos periódicos del programa de rodaje determinados por el fabricante y, en su caso, decididos por la autoridad de homologación de conformidad con el punto 3.2.2.2, el motor se someterá a ensayo con respecto a las emisiones de gases y de partículas durante los ciclos NRTC y NRSC, o LSI-NRTC y NRSC, de arranque en caliente, aplicables a la categoría del motor, como se establece en el anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628.

El fabricante podrá optar por medir las emisiones contaminantes anteriores a cualquier sistema de postratamiento por separado de las emisiones contaminantes posteriores a cualquier sistema de postratamiento.

De conformidad con el punto 3.2.2.1.4, si se ha acordado que solo se ejecutará un ciclo de ensayo (NRTC, LSI-NRTC o NRSC de arranque en caliente) en cada punto de ensayo, el otro ciclo de ensayo (NRTC, LSI-NRTC o NRSC de arranque en caliente) se ejecutará al inicio y al final del programa de rodaje.

▼B

De conformidad con el punto 3.2.2.1.5, en el caso de las categorías o subcategorías de motores a las que no se aplique el NRTC del anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628, solo se ejecutará el NRSC en cada punto de ensayo.

3.2.3.2.2. Durante el programa de rodaje, se realizará el mantenimiento del motor de conformidad con el punto 3.4.

3.2.3.2.3. Durante el programa de rodaje podrá realizarse el mantenimiento no programado del motor o la máquina móvil no de carretera, por ejemplo si el sistema de diagnóstico normal del fabricante ha detectado un problema que indique al operador de la máquina móvil no de carretera que se ha producido un fallo.

3.2.4. Notificación

3.2.4.1. Se pondrán a disposición de la autoridad de homologación los resultados de todos los ensayos de emisiones (NRTC, LSI-NRTC y NRSC de arranque en caliente) realizados durante el programa de rodaje. Si se declara nulo un ensayo de emisiones, el fabricante notificará los motivos. En ese caso, se llevará a cabo otra serie de ensayos de emisiones en las cien horas siguientes al rodaje.

3.2.4.2. El fabricante conservará registros de toda la información relativa a los ensayos de emisiones y al mantenimiento realizado en el motor durante el programa de rodaje. Esta información se presentará a la autoridad de homologación junto con los resultados de los ensayos de emisiones realizados durante el programa de rodaje.

3.2.5. Determinación de los FD

3.2.5.1. Al ejecutar un programa de rodaje de conformidad con el punto 3.2.2.1.2.1 o el punto 3.2.2.1.2.3, en relación con cada contaminante medido durante los ciclos NRTC, LSI-NRTC y NRSC de arranque en caliente en cada punto de ensayo durante el programa de rodaje, se efectuará un análisis de regresión lineal de ajuste óptimo basado en los resultados de todos los ensayos. Los resultados de cada ensayo relativos a cada contaminante se expresarán con el mismo número de decimales, más uno, que el valor límite para dicho contaminante aplicable a la familia de motores.

Cuando, de conformidad con el punto 3.2.2.1.4 o con el punto 3.2.2.1.5, solo se haya realizado un ciclo de ensayo (NRTC, LSI-NRTC o NRSC de arranque en caliente) en cada punto de ensayo, el análisis de regresión se basará únicamente en los resultados de la ronda del ciclo de ensayo realizado en cada punto de ensayo.

El fabricante podrá solicitar la autorización previa de la autoridad de homologación para una regresión no lineal.

3.2.5.2. Los valores de emisión de cada contaminante al inicio del programa de rodaje y en el punto final del período de durabilidad de las emisiones aplicables al motor que está siendo sometido a ensayo:

a) bien se determinarán por extrapolación de la ecuación de regresión del punto 3.2.5.1, cuando se ejecute un programa de rodaje de conformidad con el punto 3.2.2.1.2.1 o con el punto 3.2.2.1.2.3,

b) bien se medirán directamente, cuando se ejecute un programa de rodaje de conformidad con el punto 3.2.2.1.2.2.

▼M2

Cuando los valores de emisión se utilicen para familias de motores del mismo grupo de familias de motores o de la misma familia de motores-sistemas de postratamiento pero con distintos períodos de durabilidad de las emisiones, en el punto final del período de durabilidad de las emisiones dichos valores de emisión se recalcularán para cada período de durabilidad de las emisiones mediante extrapolación o interpolación de la ecuación de regresión, según se determina en el punto 3.2.5.1.

▼B

3.2.5.3. El factor de deterioro (FD) para cada contaminante se define como la relación entre los valores de las emisiones aplicados en el punto final del período de durabilidad de las emisiones y al inicio del programa de rodaje (FD multiplicativo).

El fabricante podrá solicitar la autorización previa de la autoridad de homologación para que se pueda aplicar un FD aditivo para cada contaminante. El FD aditivo se define como la diferencia entre los valores de las emisiones calculados en el punto final del período de durabilidad de las emisiones y al inicio del programa de rodaje.

En la figura 3.1 se muestra un ejemplo de determinación de los FD utilizando la regresión lineal para emisiones de NO_x.

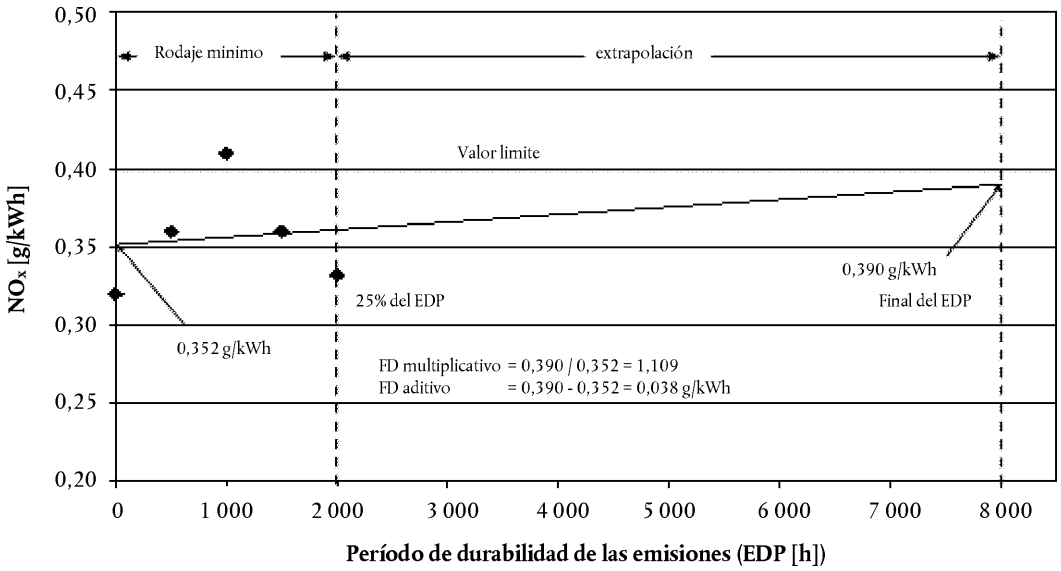
No está permitido combinar FD multiplicativos y aditivos dentro de un mismo conjunto de contaminantes.

Si los cálculos dan como resultado un valor inferior a 1,00 para un FD multiplicativo o inferior a 0,00 para un FD aditivo, el FD será de 1,0 y 0,00 respectivamente

De conformidad con el punto 3.2.2.1.4, si se ha acordado que solo se ejecutará un ciclo de ensayo (NRTC, LSI-NRTC o NRSC de arranque en caliente) en cada punto de ensayo y que el otro ciclo de ensayo (NRTC, LSI-NRTC o NRSC de arranque en caliente) solo se ejecutará al inicio y al final del programa de rodaje, el FD calculado para el ciclo de ensayo ejecutado en cada punto de ensayo también será aplicable al otro ciclo de ensayo.

Figura 3.1

Ejemplo de determinación de los factores de deterioro



▼B

3.2.6. FD asignados

3.2.6.1. Como alternativa a la utilización de un programa de rodaje para determinar los FD, el fabricante del motor podrá optar por utilizar FD multiplicativos, como se muestra en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1

Factores de deterioro asignados

Ciclo de ensayo	CO	HC	NO_x	PM	PN
NRTC y LSI-NRTC	1,15	1,3	1,15	1,05	1,0
NRSC	1,15	1,3	1,15	1,05	1,0

No se dan los FD aditivos asignados. Los FD multiplicativos asignados no se transformarán en FD aditivos.

▼M2

_____

3.2.6.1.1. No obstante lo dispuesto en el punto 3.2.6.1, en relación con el PN podrá utilizarse un FD aditivo de 0,0 o un FD multiplicativo de 1,0 en conjunción con los resultados del ensayo anterior de FD en el que no se haya establecido un valor para el PN, si se cumplen las condiciones siguientes:

a) el ensayo anterior de FD se realizó con una tecnología de motores que hubiera podido incluirse en la misma familia de motores-sistemas de postratamiento, con arreglo al punto 3.1.2, que la familia de motores a la que se pretenden aplicar los FD; y

b) los resultados del ensayo se utilizaron en una homologación de tipo anterior concedida antes de la fecha de homologación de tipo UE aplicable que figura en el anexo III del Reglamento (UE) 2016/1628.

▼B

3.2.6.2. Cuando se utilicen FD asignados, el fabricante presentará a la autoridad de homologación pruebas sólidas de que puede esperarse razonablemente que los componentes de control de las emisiones tengan la durabilidad de las emisiones asociada a dichos FD. Las pruebas podrán basarse en análisis del diseño, en ensayos o en una combinación de ambos.

3.2.7. Aplicación de los FD

3.2.7.1. Los motores deberán cumplir los límites de emisiones de cada contaminante aplicables a la familia de motores, después de aplicar los FD al resultado del ensayo medido de conformidad con el anexo VI (emisión específica de partículas y de cada gas ponderada por el ciclo). Dependiendo del tipo de FD, se aplicarán las disposiciones siguientes:

a) multiplicativo: (emisión específica ponderada por el ciclo) * FD ≤ límite de emisión

b) aditivo: (emisión específica ponderada por el ciclo) + FD ≤ límite de emisión

La emisión específica ponderada por el ciclo podrá incluir el ajuste de regeneración infrecuente, en su caso.

▼B

3.2.7.2. Para obtener un FD multiplicativo para NO_x + HC, se determinarán y aplicarán por separado FD para HC y para NO_x al calcular los niveles deteriorados de emisiones a partir del resultado de un ensayo de emisiones antes de combinar los valores de NO_x y HC deteriorados resultantes para determinar el cumplimiento del límite de emisiones.

3.2.7.3. El fabricante podrá trasladar los FD determinados para una familia de motores-sistemas de postratamiento a un motor que no pertenezca a la misma familia de motores-sistemas de postratamiento. En tales casos, el fabricante deberá demostrar a la autoridad de homologación que las especificaciones técnicas y los requisitos de instalación en la máquina móvil no de carretera del motor cuya familia de motores-sistemas de postratamiento fue sometida a ensayo inicialmente y del motor cuyos FD van a ser trasladados son similares y que también lo son sus emisiones.

Cuando se trasladen FD a un motor cuyo período de durabilidad de las emisiones sea diferente, se recalcularán, por extrapolación o interpolación de la ecuación de regresión determinada en el punto 3.2.5.1, los FD para el período de durabilidad de las emisiones aplicable.

3.2.7.4. El FD de cada contaminante para cada ciclo de ensayo aplicable se registrará en el informe de ensayo contemplado en el apéndice 1 del anexo VI del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

3.3. Verificación de la conformidad de la producción

3.3.1. La conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones se comprobará con arreglo a lo dispuesto en la sección 6 del anexo II.

3.3.2. El fabricante podrá medir las emisiones contaminantes anteriores a cualquier sistema de postratamiento al mismo tiempo que se lleva a cabo el ensayo de homologación de tipo UE. Para ello, podrá desarrollar FD informales por separado para el motor sin sistema de postratamiento y para el sistema de postratamiento que podrá utilizar como ayuda para la auditoría del final de la línea de producción.

3.3.3. A efectos de la homologación de tipo UE, solo los FD determinados de conformidad con el punto 3.2.5 o con el punto 3.2.6 se registrarán en el informe de ensayo contemplado en el apéndice 1 del anexo VI del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

3.4. Mantenimiento

A efectos del programa de rodaje, el mantenimiento se realizará de conformidad con el manual de servicio y mantenimiento facilitado por el fabricante.

3.4.1. Mantenimiento programado relacionado con las emisiones

3.4.1.1. El mantenimiento programado relacionado con las emisiones, efectuado durante el funcionamiento del motor para ejecutar un programa de rodaje, deberá tener lugar a intervalos equivalentes a los que se especifican en las instrucciones de mantenimiento que el fabricante facilitará al usuario final de la máquina móvil no de carretera o del motor. Este mantenimiento programado podrá actualizarse si es necesario a lo largo de todo el programa de rodaje, siempre que no se suprima del programa de mantenimiento ninguna operación de mantenimiento que haya sido realizada en el motor de ensayo.

▼B

3.4.1.2. Cualquier ajuste, desmontaje, limpieza o recambio de componentes esenciales relacionados con las emisiones que se lleve a cabo periódicamente dentro del período de durabilidad de las emisiones para evitar el mal funcionamiento del motor solo se realizará en la medida en que sea necesario desde un punto de vista tecnológico para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de control de emisiones. Se evitará el recambio programado, dentro del programa de rodaje y después de un tiempo determinado de funcionamiento del motor, de los componentes esenciales relacionados con las emisiones distintos de los considerados elementos de recambio rutinario. En este contexto, los elementos de mantenimiento consumibles para la renovación periódica o los elementos que necesitan ser limpiados tras un tiempo determinado de funcionamiento del motor se considerarán elementos de recambio rutinario.

3.4.1.3. Los requisitos de mantenimiento programado deberán ser aprobados por la autoridad de homologación antes de conceder la homologación de tipo UE y deberán incluirse en el manual del cliente. ►M2 La autoridad de homologación no denegará la aprobación de los requisitos de mantenimiento que sean razonables y técnicamente necesarios, entre otros los que figuran en el punto 3.4.1.4. ◄

3.4.1.4. El fabricante del motor deberá especificar, para el programa de rodaje, cualquier ajuste, limpieza, mantenimiento (en caso necesario) o recambio programado de los siguientes elementos:

— filtros y refrigerantes del sistema de recirculación de los gases de escape

— válvula de ventilación positiva del cárter, en su caso

— puntas del inyector de combustible (solo se permite la limpieza)

— inyectores de combustible

— turbocompresor

— unidad de control electrónico del motor y sus sensores y actuadores asociados

— sistema de postratamiento de partículas (incluidos los componentes relacionados)

— sistema de postratamiento de NO_x (incluidos los componentes relacionados)

— sistema de recirculación de los gases de escape, incluidos todos los tubos y válvulas de control relacionados

— cualquier otro sistema de postratamiento de los gases de escape

3.4.1.5. El mantenimiento programado esencial relacionado con las emisiones solo se realizará si ha de realizarse en uso y si esta exigencia se comunica al usuario final del motor o de la máquina móvil no de carretera.

3.4.2. Cambios del mantenimiento programado

El fabricante deberá someter a la aprobación de la autoridad de homologación una solicitud en relación con cada nuevo mantenimiento programado que desee realizar durante el programa de rodaje y que luego desee recomendar a los usuarios finales de las máquinas

▼B

móviles no de carretera y los motores. Dicha solicitud irá acompañada de datos que justifiquen la necesidad del nuevo mantenimiento programado y del intervalo de mantenimiento.

3.4.3. Mantenimiento programado no relacionado con las emisiones

El mantenimiento programado no relacionado con las emisiones que sea razonable y técnicamente necesario (p. ej., cambio del aceite, cambio del filtro del aceite, cambio del filtro del combustible, cambio del filtro del aire, mantenimiento del sistema de refrigeración, ajuste del ralentí, regulador, par de los pernos del motor, juego de la válvula, juego del inyector, ajuste de la tensión de las correas de transmisión, etc.) podrá realizarse en motores o máquinas móviles no de carretera seleccionados para el programa de rodaje a los intervalos menos frecuentes recomendados al usuario final por el fabricante (p. ej., no a los intervalos recomendados para una utilización intensiva).

3.5. Reparación

3.5.1. Las reparaciones de los componentes de un motor seleccionado para la realización de ensayos durante un programa de rodaje se efectuarán únicamente como resultado del fallo de un componente o del mal funcionamiento del motor. No se permitirá la reparación del motor, del sistema de control de emisiones o del sistema de combustible, excepto en la medida de lo dispuesto en el apartado 3.5.2.

3.5.2. Si el motor, el sistema de control de emisiones o el sistema de combustible fallan durante el programa de rodaje, el rodaje se considerará nulo y se iniciará un nuevo rodaje con un nuevo motor.

Lo dispuesto en el párrafo anterior no se aplicará cuando los componentes que hayan fallado se sustituyan por componentes equivalente que se hayan sometido a un número similar de horas de rodaje.

4. **Categorías y subcategorías de motores NRSh y NRS, excepto NRS-v-2b y NRS-v-3**

4.1. La categoría EDP aplicable y el FD correspondiente se determinarán de conformidad con la presente sección 4.

4.2. Se considerará que una familia de motores cumple los valores límite establecidos para una subcategoría de motores cuando los resultados del ensayo de emisiones de todos los motores que representen a la familia, una vez ajustados multiplicándolos por el FD establecido en la sección 2, sean inferiores o iguales a los valores límite establecidos para esa subcategoría de motores. No obstante, cuando uno o varios resultados del ensayo de emisiones de uno o varios motores que representen a la familia de motores, una vez ajustados multiplicándolos por el FD establecido en la sección 2, sean superiores a uno o varios valores límite de emisiones establecidos para esa subcategoría de motores, se considerará que la familia de motores no cumple los valores límite establecidos para esa subcategoría de motores.

4.3. Los FD se determinarán de la manera siguiente:

4.3.1. En al menos un motor de ensayo que represente la configuración que se considere que con más probabilidad superará los límites de emisiones de HC + NO_x y que esté diseñado para ser representativo de los motores en producción, el procedimiento de ensayo de emisiones (completo) se realizará con arreglo a la descripción del anexo VI, tras el número de horas que representen las emisiones estabilizadas.

▼B

4.3.2. Si se somete a ensayo más de un motor, se promediarán los resultados de todos ellos y se redondearán con el mismo número de decimales que el límite aplicable, expresándose en una cifra significativa adicional.

4.3.3. Este ensayo de emisiones se realizará de nuevo tras el envejecimiento del motor. El procedimiento de envejecimiento deberá permitir al fabricante predecir adecuadamente el deterioro de las emisiones en uso esperado durante el EDP del motor, teniendo en cuenta el tipo de desgaste y otros mecanismos de deterioro previsibles como consecuencia del uso típico que hace el consumidor y que puedan afectar al rendimiento de las emisiones. Si se somete a ensayo más de un motor, se promediarán los resultados de todos ellos y se redondearán con el mismo número de decimales que contenga el límite aplicable, expresándose en una cifra significativa adicional.

4.3.4. Las emisiones al término del EDP (promedio de emisiones, en su caso) de cada contaminante regulado se dividirán por las emisiones estabilizadas (promedio de emisiones, en su caso) y se redondearán en dos cifras significativas. El número resultante será el FD, a menos que sea inferior a 1,00, en cuyo caso el FD será 1,00.

4.3.5. El fabricante podrá programar puntos de ensayo adicionales entre el punto de ensayo de las emisiones estabilizadas y el final del EDP. Si se programan ensayos intermedios, los puntos de ensayo se espaciarán uniformemente durante el EDP (más o menos dos horas) y uno de esos puntos de ensayo se situará a la mitad de dicho EDP (más o menos dos horas).

4.3.6. Para cada contaminante HC + NO_x y CO, deberá poder trazarse una línea recta entre los puntos de datos, tratando el ensayo inicial como si ocurriese en la hora cero y utilizando el método de los mínimos cuadrados. El FD será la emisión calculada al final del período de durabilidad dividida por la emisión calculada en la hora cero.

El FD de cada contaminante para el ciclo de ensayo aplicable se registrará en el informe de ensayo contemplado en el apéndice 1 del anexo VI del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

4.3.7. Los FD calculados podrán aplicarse a familias distintas de aquella en la que se generaron, si el fabricante presenta, antes de la concesión de la homologación de tipo UE, una justificación, aceptable para la autoridad de homologación, de que puede esperarse razonablemente que las familias de motores afectadas tengan características similares de deterioro de las emisiones sobre la base del diseño y la tecnología utilizados.

A continuación figura una lista no exclusiva de agrupaciones de diseños y tecnologías:

— motores convencionales de dos tiempos sin sistema de postratamiento,

— motores convencionales de dos tiempos con un catalizador del mismo material activo y carga y con el mismo número de celdillas por cm^2,

— motores de dos tiempos con barrido de gases estratificado,

▼B

— motores de dos tiempos con barrido de gases estratificado con un catalizador del mismo material activo y carga y con el mismo número de celdillas por cm^2,

— motores de cuatro tiempos con catalizador, con la misma tecnología de válvulas e idéntico sistema de engrase,

— motores de cuatro tiempos sin catalizador, con la misma tecnología de válvulas e idéntico sistema de engrase.

4.4. Categorías EDP

4.4.1. En el caso de las categorías de motores del cuadro V-3 o V-4 del anexo V del Reglamento (UE) 2016/1628 que tengan valores alternativos para el EDP, los fabricantes deberán declarar la categoría EDP aplicable para cada familia de motores en el momento de la homologación de tipo UE. Esta categoría será la categoría del cuadro 3.2 que más se aproxime a la vida útil esperada del equipo en el que se pretende instalar el motor de acuerdo con lo establecido por el fabricante del motor. El fabricante deberá conservar la información que justifique su elección de la categoría EDP para cada familia de motores. Esta información se facilitará a la autoridad de homologación cuando esta lo solicite.

Cuadro 3.2

Categorías EDP

Categoría EDP	Aplicación del motor
Categoría 1	Productos de consumo
Categoría 2	Productos semiprofesionales
Categoría 3	Productos profesionales

4.4.2. El fabricante deberá demostrar a satisfacción de la autoridad de homologación que la categoría EDP declarada es adecuada. La información que justifique la elección de la categoría EDP por parte del fabricante para una familia de motores determinada podrá incluir, entre otras cosas:

— estudios relativos a la vida útil de los equipos en los que se instalen los motores en cuestión,

— evaluaciones técnicas de motores envejecidos sobre el terreno con el fin de averiguar cuándo se deteriora el rendimiento del motor hasta el punto de que su utilidad o fiabilidad resulte tan disminuida que sea necesaria su reparación o sustitución,

— declaraciones y períodos de garantía,

— materiales mercadotécnicos relativos a la vida útil del motor,

— informes de avería de usuarios del motor, y

— evaluaciones técnicas de la durabilidad, en horas, de determinadas tecnologías, materiales o diseños de motores.

▼B

ANEXO IV

Requisitos relativos a las estrategias de control de emisiones, las medidas de control de NO_x y las medidas de control de partículas

1. **Definiciones, abreviaciones y requisitos generales**

1.1. A efectos del presente anexo, se aplicarán las definiciones y abreviaciones siguientes:

1) «código de problema de diagnóstico (DTC, *diagnostic trouble code*)»: identificador numérico o alfanumérico que identifica o etiqueta un NCM o un PCM;

2) «DTC confirmado y activo»: DTC que queda registrado durante el tiempo que el sistema NCD o PCD concluye que existe un mal funcionamiento;

3) «familia de motores NCD»: agrupación de motores de un fabricante con métodos comunes de supervisión/diagnóstico de NCM;

4) «sistema de diagnóstico del control de NOx (NCD)»: sistema a bordo del vehículo con capacidad para

a) detectar un mal funcionamiento del control de $NO_{x,}$

b) identificando la causa probable de ese mal funcionamiento mediante información almacenada en una memoria informática o comunicando esa información a un sistema exterior;

5) «mal funcionamiento del control de NO_x (NCM)»: intento de manipular el sistema de control de NO_x de un motor o mal funcionamiento que afecta a dicho sistema que puede deberse a una manipulación, y que, según el presente Reglamento, requiere la activación de una alerta o un sistema de inducción una vez detectado;

6) «sistema de diagnóstico del control de partículas (PCD)»: sistema a bordo del vehículo con capacidad para

a) detectar un mal funcionamiento del control de partículas,

b) identificando la causa probable de ese mal funcionamiento mediante información almacenada en una memoria informática o comunicando esa información a un sistema exterior;

7) «mal funcionamiento del control de partículas (PCM)»: intento de manipular el sistema de postratamiento de partículas de un motor o mal funcionamiento que afecta a dicho sistema que puede deberse a una manipulación, y que, según el presente Reglamento, requiere la activación de una alerta una vez detectado;

8) «familia de motores PCD»: agrupación de motores de un fabricante con métodos comunes de supervisión/diagnóstico de PCM;

9) «herramienta de exploración»: equipo de ensayo externo utilizado para establecer una comunicación exterior con el sistema NCD o el sistema PCD.

▼B

1.2. Temperatura ambiente

No obstante lo dispuesto en el artículo 2, apartado 7, cuando se haga referencia a la temperatura ambiente en relación con entornos diferentes al de laboratorio, se aplicarán las disposiciones siguientes:

1.2.1. para los motores instalados en un banco de pruebas, la temperatura ambiente será la temperatura del aire de combustión suministrado al motor, medida en un punto anterior a cualquiera de las piezas del motor que está siendo sometido a ensayo;

1.2.2. para los motores instalados en una máquina móvil no de carretera, la temperatura ambiente será la temperatura del aire medida inmediatamente fuera del perímetro de la máquina móvil no de carretera.

2. **Requisitos técnicos relativos a las estrategias de control de emisiones**

2.1. La presente sección 2 se aplicará a los motores controlados electrónicamente de las categorías NRE, NRG, IWP, IWA, RLL y RLR que cumplan los límites de emisiones de la fase V que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad de combustible y el momento de inyectarlo o para activar, desactivar o modular el sistema de control de emisiones utilizado para reducir los NO_x.

2.2. Requisitos relativos a la estrategia básica de control de emisiones

2.2.1. La estrategia básica de control de emisiones estará diseñada de manera que permita que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla lo dispuesto en el presente Reglamento. Las condiciones normales de uso no se limitan a las condiciones de control especificadas en el punto 2.4.

2.2.2. Las estrategias de control de emisiones son, entre otras, mapas o algoritmos para controlar:

a) el momento de inyección del combustible o encendido (reglaje del motor),

b) la recirculación de los gases de escape,

c) la dosificación del reactivo del catalizador SCR.

2.2.3. Está prohibida cualquier estrategia básica de control de emisiones que pueda distinguir entre el funcionamiento del motor en un ensayo de homologación de tipo UE normalizado y otras condiciones de funcionamiento y, en consecuencia, reducir el nivel de control de las emisiones cuando el motor no esté funcionando en condiciones sustancialmente incluidas en el procedimiento de homologación de tipo UE.

▼M2

2.2.3.1. No obstante lo dispuesto en el punto 2.2.3, en el caso de las (sub)categorías de motores que no están sujetas a ciclos de ensayo NRTC a efectos de la homologación de tipo UE, la estrategia básica de control de emisiones puede detectar cuándo se dan las condiciones de funcionamiento en régimen transitorio y aplicar la estrategia de control de emisiones correspondiente. En este caso, dicha estrategia de control de emisiones se incluirá en la descripción general de la estrategia básica de control de emisiones que se exige en el punto 1.4 del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 y en la información confidencial sobre la estrategia de control de emisiones que se contempla en el apéndice 2 de ese mismo anexo.

2.2.4. El fabricante demostrará al servicio técnico en el momento del ensayo de homologación de tipo UE que el funcionamiento de la estrategia básica de control de emisiones cumple lo dispuesto en la presente sección de acuerdo con la documentación contemplada en el punto 2.6.

▼B

2.3. Requisitos relativos a la estrategia auxiliar de control de emisiones

2.3.1. Un motor o una máquina móvil no de carretera podrán activar una estrategia auxiliar de control de emisiones siempre y cuando dicha estrategia:

2.3.1.1. no reduzca permanentemente la eficacia del sistema de control de emisiones;

2.3.1.2. solo funcione fuera de las condiciones de control especificadas en los puntos 2.4.1, 2.4.2 o 2.4.3 a los fines establecidos en el punto 2.3.5 y solo en la medida en que sea necesaria para tales fines, salvo cuando lo permitan los puntos 2.3.1.3, 2.3.2 y 2.3.4;

2.3.1.3. solo se active con carácter excepcional en las condiciones de control de los puntos 2.4.1, 2.4.2 o 2.4.3, respectivamente, haya quedado demostrado que es necesaria para los fines establecidos en el punto 2.3.5, haya sido aprobada por la autoridad de homologación y no se haya activado más tiempo del necesario para tales fines;

2.3.1.4. garantice un nivel de rendimiento del sistema de control de emisiones lo más cercano posible al que ofrece la estrategia básica de control de emisiones.

2.3.2. Cuando se active la estrategia auxiliar de control de emisiones durante el ensayo de homologación de tipo UE, no se limitará a funcionar fuera de las condiciones de control del punto 2.4 y su propósito no se limitará a los criterios del punto 2.3.5.

2.3.3. Cuando no se active la estrategia auxiliar de control de emisiones durante el ensayo de homologación de tipo UE, deberá demostrarse que se ha activado solo el tiempo necesario para los fines del punto 2.3.5.

2.3.4. Funcionamiento con bajas temperaturas

Podrá activarse una estrategia auxiliar de control de emisiones en un motor equipado con recirculación de los gases de escape independientemente de las condiciones de control del punto 2.4 si la temperatura ambiente se sitúa por debajo de 275 K (2 °C) y se cumple uno de los criterios siguientes:

a) la temperatura en el colector de admisión es inferior o igual a la temperatura definida por la ecuación siguiente: $IMT_c = P_{IM} / 15{,}75 + 304{,}4$, donde: IMT_c es la temperatura calculada en el colector de admisión, en K, y P_{IM} es la presión absoluta en el colector de admisión, en kPa;

b) la temperatura del refrigerante del motor es inferior o igual a la temperatura definida por la ecuación siguiente: $ECT_c = P_{IM} / 14{,}004 + 325{,}8$, donde: ECT_c es la temperatura calculada del refrigerante del motor, en K, y P_{IM} es la presión absoluta en el colector de admisión, en kPa.

2.3.5. Salvo en los casos permitidos en el punto 2.3.2, la estrategia auxiliar de control de emisiones solo podrá activarse con los fines siguientes:

a) mediante señales a bordo, para proteger de daños al motor (incluido el dispositivo de tratamiento de aire) o a la máquina móvil no de carretera en la que esté instalado;

b) por razones de seguridad de funcionamiento;

c) para prevenir las emisiones excesivas, durante el arranque en frío o el calentamiento, o durante el apagado;

▼B

d) si se utiliza para compensar el control de un contaminante regulado en condiciones ambientales o de funcionamiento específicas, para mantener el control del resto de los contaminantes regulados en los valores límite de emisiones adecuados para el motor de que se trate; el objetivo es compensar los fenómenos que ocurren naturalmente, de manera que se proporcione un control aceptable de todos los componentes de las emisiones.

2.3.6. El fabricante demostrará al servicio técnico en el momento del ensayo de homologación de tipo UE que el funcionamiento de cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones cumple lo dispuesto en la presente sección. La demostración consistirá en una evaluación de la documentación contemplada en el punto 2.6.

2.3.7. Todo funcionamiento de una estrategia auxiliar de control de emisiones que no sea conforme con los puntos 2.3.1 2.3.5 estará prohibido.

2.4. Condiciones de control

Las condiciones de control especifican un intervalo de altitud, temperatura ambiente y refrigerante del motor que determina si las estrategias auxiliares de control de emisiones pueden, en general, o solo con carácter excepcional, ser activadas de conformidad con el punto 2.3.

Las condiciones de control especifican una presión atmosférica que se mide como presión estática atmosférica absoluta (húmeda o seca) («presión atmosférica»).

2.4.1. Condiciones de control de los motores de las categorías IWP e IWA:

a) altitud máxima de 500 metros (o presión atmosférica equivalente de 95,5 kPa);

b) temperatura ambiente de entre 275 y 303 K (2 a 30 °C);

c) temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

2.4.2. Condiciones de control de los motores de la categoría RLL:

a) altitud máxima de 1 000 metros (o presión atmosférica equivalente de 90 kPa);

b) temperatura ambiente de entre 275 y 303 K (2 a 30 °C);

c) temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

2.4.3. Condiciones de control de los motores de las categorías NRE, NRG y RLR:

a) presión atmosférica superior o igual a 82,5 kPa;

b) temperatura ambiente dentro del intervalo siguiente:

— superior o igual a 266 K (– 7 °C),

— inferior o igual a la temperatura determinada mediante la ecuación siguiente a la presión atmosférica especificada: $T_c = – 0{,}4514 \times (101{,}3 – P_b) + 311$, donde: Tc es la temperatura ambiente calculada, en K, y P_b es la presión atmosférica, en kPa;

c) temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

2.5. Cuando se utiliza el sensor de entrada de la temperatura del aire del motor para calcular la temperatura ambiente, la compensación nominal entre ambos puntos de medición deberá evaluarse para un tipo de motor o una familia de motores. La temperatura medida del aire de admisión, cuando se utilice, se ajustará por medio de un valor igual a la compensación nominal para calcular la temperatura ambiente de una instalación que utilice el tipo de motor o la familia de motores especificados.

▼B

La evaluación de la compensación se hará utilizando buenas prácticas técnicas basadas en elementos técnicos (cálculos, simulaciones, resultados experimentales, datos, etc.), que incluyan:

a) las categorías típicas de las máquinas móviles no de carretera en las que se vaya a instalar el tipo de motor o la familia de motores; y

b) las instrucciones de instalación proporcionadas al OEM por el fabricante.

Se pondrá a disposición de la autoridad de homologación, cuando lo solicite, una copia de la evaluación.

2.6. Requisitos relativos a la documentación

▼M2

_____

2.6.1. El fabricante cumplirá los requisitos relativos a la documentación establecidos en el punto 1.4 de la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 y en el apéndice 2 de ese mismo anexo.

2.6.2. El fabricante se asegurará de que todos los documentos utilizados con este fin lleven un número de identificación y la fecha de expedición. El fabricante notificará a la autoridad de homologación cualquier cambio en los datos registrados. En esos casos, expedirá, bien una versión actualizada de los documentos en cuestión, indicando claramente en las páginas pertinentes la fecha de la revisión y el tipo de cambio, o bien una nueva versión consolidada acompañada de un índice que contenga una descripción detallada y la fecha de cada uno de los cambios.

▼B

3. **Requisitos técnicos relativos a las medidas de control de NO_x**

3.1. La presente sección 3 se aplicará a los motores controlados electrónicamente de las categorías NRE, NRG, IWP, IWA, RLL y RLR que cumplan los límites de emisiones de la fase V que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad de combustible y el momento de inyectarlo o para activar, desactivar o modular el sistema de control de emisiones utilizado para reducir los NO_x.

3.2. El fabricante facilitará información completa sobre las características de funcionamiento de las medidas de control de NO_x utilizando los documentos del anexo I del Reglamento de Ejeción (UE) 2017/656.

3.3. La estrategia de control de NO_x funcionará en todas las condiciones ambientales que se den con regularidad en el territorio de la Unión, en particular las bajas temperaturas ambiente.

3.4. El fabricante demostrará que la emisión de amoniaco durante el ciclo de ensayo de emisiones aplicable del procedimiento de homologación de tipo UE, cuando se utiliza un reactivo, no excede de un valor medio de 25 ppm en el caso de los motores de la categoría RLL y de 10 ppm en el caso de los motores de todas las demás categorías aplicables.

3.5. Si se instalan depósitos de reactivo en una máquina móvil no de carretera o se conectan a ella, deberá incluirse algún medio que permita tomar una muestra del reactivo presente en ellos. Deberá poder accederse fácilmente al punto de muestreo, sin necesidad de utilizar ninguna herramienta o dispositivo especializados.

3.6. Además de los requisitos de los puntos 3.2 a 3.5, se aplicarán los siguientes:

▼B

a) en el caso de los motores de la categoría NRG, se aplicarán los requisitos técnicos del apéndice 1;

b) en el caso de los motores de la categoría NRE:

i) los requisitos del apéndice 2, cuando el motor se destine exclusivamente a ser utilizado en lugar de los motores de la fase V de las categorías IWP e IWA, de conformidad con el artículo 4, apartado 1, punto 1, letra b), del Reglamento (UE) 2016/1628, o

ii) los requisitos del apéndice 1 en el caso de los motores que no estén cubiertos por el inciso i);

c) en el caso de los motores de las categorías IWP, IWA y RLR, se aplicarán los requisitos técnicos del apéndice 2;

d) en el caso de los motores de la categoría RLL, los requisitos técnicos del apéndice 3.

4. **Requisitos técnicos relativos a las medidas de control de las partículas contaminantes**

4.1. La presente sección se aplicará a los motores de las subcategorías sujetas a un límite del PN de conformidad con los límites de emisiones de la fase V que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y que vayan equipados con un sistema de postratamiento de partículas. En los casos en que el sistema de control de NO_x y el sistema de control de partículas compartan los mismos componentes físicos (p. ej., el mismo sustrato [SCR en el filtro] o el mismo sensor de temperatura), no se aplicarán los requisitos de la presente sección a ningún componente o mal funcionamiento cuando, tras el examen de una evaluación motivada facilitada por el fabricante, la autoridad de homologación llegue a la conclusión de que un mal funcionamiento del control de partículas en el marco de la presente sección daría lugar al correspondiente mal funcionamiento del control de NO_x en el ámbito de aplicación de la sección 3.

4.2. Los requisitos técnicos detallados relativos a las medidas de control de las partículas contaminantes se especifican en el apéndice 4.

▼B

Apéndice 1

Requisitos técnicos adicionales sobre las medidas de control de NO_x para los motores de las categorías NRE y NRG, incluido el método de demostración de estas estrategias

1. **Introducción**

En el presente apéndice figuran los requisitos adicionales para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x. Se incluyen requisitos aplicables a los motores que recurren al uso de un reactivo para reducir las emisiones. La homologación de tipo UE estará condicionada a la aplicación de las disposiciones pertinentes sobre las instrucciones destinadas al operador, los documentos de instalación, el sistema de alerta al operador, el sistema de inducción y la protección contra la congelación del reactivo que figuran en el presente apéndice.

2. **Requisitos generales**

El motor estará equipado con un sistema de diagnóstico del control de NO_x (NCD) capaz de identificar el mal funcionamiento del control de NOx (NCM). Los motores incluidos en el ámbito de aplicación de la presente sección 2 estarán diseñados, fabricados e instalados de manera que puedan cumplir tales requisitos a lo largo de toda la vida normal del motor en condiciones normales de uso. Para cumplir este objetivo, se acepta que los motores que hayan sido utilizados más allá del período de durabilidad de las emisiones especificado en el anexo V del Reglamento (UE) 2016/1628 presenten cierto deterioro en cuanto al rendimiento y la sensibilidad del sistema NCD, de manera que se superen los umbrales especificados en el presente anexo antes de que se activen los sistemas de alerta o inducción.

2.1. Información requerida

2.1.1. Si el sistema de control de emisiones necesita un reactivo, el fabricante especificará, de conformidad con la parte B del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo está en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura, una referencia a normas internacionales en cuanto a la composición y la calidad y otras características del reactivo en cuestión.

2.1.2. En el momento de la homologación de tipo UE, deberá facilitarse a la autoridad de homologación información detallada por escrito que describa, de manera exhaustiva, las características de funcionamiento del sistema de alerta al operador contemplado en la sección 4 y del sistema de inducción del operador contemplado en la sección 5.

2.1.3. El fabricante proporcionará al OEM documentos con instrucciones sobre la instalación del motor en las máquinas móviles no de carretera, de manera que el motor, su sistema de control de emisiones y las piezas de la máquina móvil no de carretera funcionen de conformidad con los requisitos del presente apéndice. La documentación incluirá los requisitos técnicos detallados del motor (*hardware*, *software* y comunicación) necesarios para la correcta instalación del motor en la máquina móvil no de carretera.

2.2. Condiciones de funcionamiento

▼M2

2.2.1. La supervisión del nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento se realizará en todas las condiciones en las que la medición sea técnicamente viable (por ejemplo, en todas las condiciones en las que un reactivo líquido no esté congelado).

▼M2

2.2.2. La protección contra la congelación del reactivo se aplicará a temperaturas ambiente de 266 K (– 7 °C) o inferiores.

2.2.3. Todos los elementos del sistema de diagnóstico del control de NO_x distintos de los que figuran en los puntos 2.2.1 y 2.2.2 funcionarán, como mínimo, en las condiciones de control aplicables que figuran en el punto 2.4 del presente anexo para cada categoría de motor. El sistema de diagnóstico seguirá funcionando fuera de este intervalo cuando sea técnicamente posible.

▼B

2.3. Protección contra la congelación del reactivo

▼M2

2.3.1. Se permite utilizar un sistema de dosificación y un depósito de reactivo calentado o no calentado. Los sistemas calentados cumplirán los requisitos de los puntos 2.3.2.2 a 2.3.2.2.4. Los sistemas no calentados cumplirán los requisitos del punto 2.3.2.3.

▼B

2.3.1.1. La utilización de un depósito de reactivo y un sistema de dosificación no calentados se indicará en las instrucciones escritas dirigidas al usuario final de la máquina móvil no de carretera.

2.3.2. Depósito de reactivo y sistema de dosificación

2.3.2.1. Si el reactivo se ha congelado, estará disponible para ser utilizado en un plazo máximo de setenta minutos a partir del arranque del motor a 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente.

▼M2

2.3.2.2. Criterios de diseño de los sistemas calentados

Los sistemas calentados estarán diseñados de manera que cumplan los requisitos de funcionamiento establecidos en los puntos 2.3.2 a 2.3.2.2.4 cuando sean sometidos a ensayo utilizando el procedimiento definido.

▼B

2.3.2.2.1. El depósito de reactivo y el sistema de dosificación homogeneizarán el calor a 255 K (– 18 °C) durante setenta y dos horas o hasta que el reactivo se solidifique, lo que se produzca primero.

2.3.2.2.2. Tras el período de homogeneización del calor contemplado en el punto 2.3.2.2.1, se pondrá en marcha el motor o la máquina móvil no de carretera y funcionará a un máximo de 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente del siguiente modo:

a) entre diez y veinte minutos al ralentí, seguido de

b) hasta un máximo de cincuenta minutos a un porcentaje de carga nominal no superior al 40 %.

2.3.2.2.3. Al término del procedimiento de ensayo del punto 2.3.2.2.2, el sistema de dosificación del reactivo deberá ser plenamente operativo.

▼M2

2.3.2.2.4. La evaluación de los criterios de diseño podrá efectuarse en una celda de ensayo en cámara fría utilizando una máquina móvil no de carretera completa o piezas representativas de las que vayan a instalarse en una máquina móvil no de carretera o basándose en ensayos de campo.

2.3.2.3. Activación del sistema de alerta al operador y del sistema de inducción del operador en caso de un sistema no calentado.

▼M2

2.3.2.3.1. El sistema de alerta al operador descrito en los puntos 4 a 4.9 se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

2.3.2.3.2. El sistema de inducción general que se contempla en el punto 5.4 se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo en un plazo máximo de setenta minutos a partir del arranque del motor a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

———————

▼B

2.4. Requisitos relativos al diagnóstico

2.4.1. El sistema NCD deberá ser capaz de identificar los casos de NCM mediante DTC almacenados en la memoria informática y de comunicar esta información al exterior previa solicitud.

2.4.2. Requisitos relativos al registro de DTC

2.4.2.1. El sistema NCD registrará un DTC por cada NCM distinto.

2.4.2.2. El sistema NCD decidirá, en un período de funcionamiento del motor de sesenta minutos, si existe un mal funcionamiento detectable. Se almacenará entonces un DTC «confirmado y activo» y se activará el sistema de alerta con arreglo a la sección 4.

2.4.2.3. En los casos en que los dispositivos de supervisión necesiten funcionar durante más de sesenta minutos para detectar con exactitud y confirmar un NCM (p. ej., dispositivos de supervisión que utilicen modelos estadísticos o actúen respecto al consumo de fluido en las máquinas móviles no de carretera), la autoridad de homologación podrá autorizar un período más largo con fines de supervisión si el fabricante justifica que es necesario (p. ej., motivos técnicos, resultados experimentales, experiencia interna, etc.).

2.4.3. Requisitos relativos al borrado de los DTC:

a) el sistema NCD no borrará los DTC de la memoria informática hasta que no se haya solucionado el fallo relacionado con el DTC correspondiente;

b) el sistema NCD podrá borrar todos los DTC a petición de una herramienta de exploración o mantenimiento patentada proporcionada por el fabricante del motor, previa petición, o utilizando una contraseña facilitada por este.

2.4.4. Los sistemas NCD no estarán programados ni diseñados de manera que se desactiven parcial o totalmente en función de la antigüedad de la máquina móvil no de carretera durante la vida real del motor, ni contendrán ningún algoritmo o estrategia destinada a reducir su eficacia con el paso del tiempo.

2.4.5. Los parámetros de funcionamiento o códigos informáticos reprogramables del sistema NCD deberán ser resistentes a las manipulaciones.

▼B

2.4.6. Familia de motores NCD

El fabricante es responsable de determinar la composición de una familia de motores NCD. El agrupamiento de motores dentro de una familia de motores NCD se basará en buenas prácticas técnicas y estará sujeto a aprobación por parte de la autoridad de homologación.

Motores que no pertenezcan a la misma familia de motores podrán pertenecer a la misma familia de motores NCD.

2.4.6.1. Parámetros para definir una familia de motores NCD

Una familia de motores NCD se caracteriza por parámetros básicos de diseño que deberán ser comunes a los motores de la familia.

Para que se considere que unos motores forman parte de la misma familia de motores NCD, los parámetros básicos siguientes deberán ser similares:

a) los sistemas de control de las emisiones;

b) los métodos de supervisión del NCD;

c) los criterios para la supervisión del NCD;

d) los parámetros de supervisión (p. ej., la frecuencia).

El fabricante demostrará estas similitudes por medio de las demostraciones técnicas pertinentes u otros procedimientos apropiados y las someterá a la aprobación de la autoridad de homologación.

El fabricante podrá solicitar a la autoridad de homologación que apruebe las diferencias menores en los métodos de supervisión/diagnóstico del sistema NCD debidas a una variación de la configuración del motor cuando considere que dichos métodos son similares y solo se diferencian para ajustarse a características específicas de los componentes en cuestión (p. ej., el tamaño, el flujo de escape, etc.) o sus similitudes se basen en buenas prácticas técnicas.

3. **Requisitos de mantenimiento**

▼M2

3.1. El OEM proporcionará, a todos los usuarios finales de máquinas móviles no de carretera nuevas, instrucciones por escrito sobre el sistema de control de las emisiones y su funcionamiento correcto de conformidad con el anexo XV.

▼B

4. **Sistema de alerta al operador**

4.1. La máquina móvil no de carretera incluirá un sistema de alerta al operador que utilice alarmas visuales que informen al operador cuando se detecte un bajo nivel de reactivo, una calidad de reactivo incorrecta, la interrupción de la dosificación o un mal funcionamiento del tipo especificado en la sección 9 y que activará el sistema de inducción del operador si no se rectifica oportunamente. El sistema de alerta permanecerá activo cuando se haya activado el sistema de inducción del operador descrito en la sección 5.

4.2. La alerta no será la misma que se utilice en caso de mal funcionamiento u otras operaciones de mantenimiento del motor, aunque podrá utilizar el mismo sistema de alerta.

▼B

4.3. El sistema de alerta al operador podrá consistir en uno o varios testigos luminosos o en mensajes breves que indiquen claramente, por ejemplo:

a) el tiempo restante antes de que se activen las inducciones de bajo nivel o general;

b) la magnitud de la inducción de bajo nivel o general; por ejemplo, la magnitud de la reducción del par;

c) las condiciones en las que se puede borrar la puesta fuera de servicio de la máquina móvil no de carretera.

Cuando se muestren mensajes, el sistema utilizado podrá ser el mismo que se utilice para otros fines de mantenimiento.

4.4. A elección del fabricante, el sistema de alerta podrá incluir un componente acústico que alerte al operador. El operador podrá suprimir las alertas acústicas.

4.5. El sistema de alerta al operador se activará tal como se especifica en los puntos 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 y 9.3, respectivamente.

4.6. El sistema de alerta al operador se desactivará cuando las condiciones que dieron lugar a su activación hayan dejado de existir. El sistema de alerta al operador no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que dieron lugar a su activación.

4.7. El sistema de alerta podrá ser interrumpido temporalmente por otras señales de alerta que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

4.8. En la sección 11 se detallan los procedimientos de activación y desactivación del sistema de alerta al operador.

4.9. En el contexto de la solicitud de homologación de tipo UE con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de alerta al operador, tal como se especifica en la sección 10.

5. **Sistema de inducción del operador**

5.1. El motor contará con un sistema de inducción del operador basado en uno de los principios siguientes:

5.1.1. un sistema de inducción en dos etapas, que comience con una inducción de bajo nivel (restricción de las prestaciones) seguida de una inducción general (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina móvil no de carretera);

5.1.2. un sistema de inducción general en una etapa (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina móvil no de carretera), que se active en las condiciones de un sistema de inducción de bajo nivel especificadas en los puntos 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1, y 9.4.1.

Cuando el fabricante decida apagar el motor para cumplir los requisitos de la inducción general en una etapa, la inducción debida al nivel reactivo podrá, a elección del fabricante, activarse en las condiciones del punto 6.3.2 en lugar de en las del punto 6.3.1.

▼B

5.2. El motor podrá ir equipado con un método de desactivación de la inducción del operador a condición de que cumpla los requisitos del punto 5.2.1.

5.2.1. El motor podrá ir equipado con un método de desactivación temporal de la inducción del operador durante una emergencia declarada por una autoridad nacional o regional, sus servicios de emergencia o sus fuerzas armadas.

5.2.1.1. Cuando un motor vaya equipado con un método de desactivación temporal de la inducción del operador en situación de emergencia, se aplicarán todas las condiciones que figuran a continuación:

a) el período máximo de funcionamiento durante el cual el operador podrá desactivar la inducción será de ciento veinte horas;

b) el método de activación estará diseñado de manera que se impida su funcionamiento accidental, al requerir dos acciones voluntarias, y llevará claramente marcada, como mínimo, la advertencia «UTILÍCESE SOLO EN CASO DE EMERGENCIA»;

c) la desactivación se desactivará automáticamente una vez transcurridas las ciento veinte horas, y el operador podrá desactivarla manualmente una vez finalizada la situación de emergencia;

d) transcurridas las ciento veinte horas de funcionamiento, dejará de ser posible desactivar la inducción, a menos que se haya reinicializado el método de desactivación mediante la introducción de un código de seguridad temporal del fabricante, un técnico cualificado haya reconfigurado la ECU del motor o se disponga de otra función de seguridad equivalente única para cada motor;

e) el número total de activaciones de la desactivación y su duración deberán almacenarse en una memoria electrónica no volátil o en un contador de manera que se garantice que la información no pueda ser borrada intencionadamente; la autoridades nacionales de inspección deberán poder leer esos registros con una herramienta de exploración;

▼M2

e *bis*) en el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, se incluirá una descripción de la conexión con los registros a los que se hace referencia en la letra e) y del método para su lectura;

▼B

f) el fabricante mantendrá un registro de todas las peticiones de reinicialización del método de desactivación temporal de la inducción del operador y lo pondrá a disposición de la Comisión o de las autoridades nacionales previa petición.

5.3. Sistema de inducción de bajo nivel

5.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel se activará a raíz de cualquiera de las condiciones que figuran en los puntos 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 y 9.4.1.

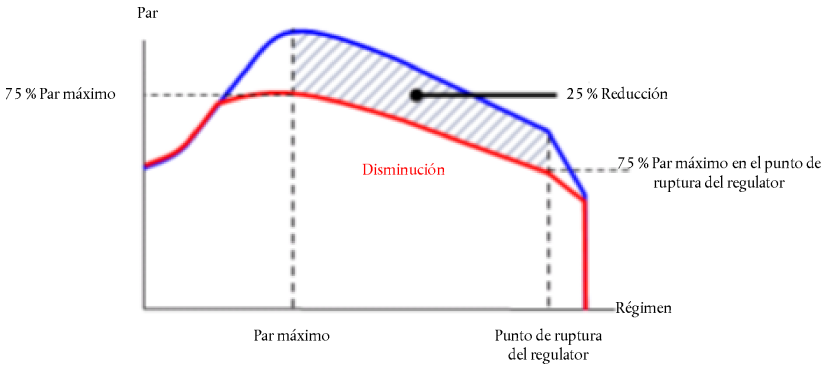
5.3.2. El sistema de inducción de bajo nivel reducirá gradualmente el par máximo disponible del motor a través del rango de regímenes del motor en un 25 %, como mínimo, entre el régimen del par máximo y el punto de ruptura del regulador, tal como se muestra en la figura 4.1. La reducción del par será, como mínimo, del 1 % por minuto.

▼B

5.3.3. Podrán utilizarse otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación que poseen el mismo grado de severidad o mayor.

Figura 4.1

Esquema de reducción del par de la inducción de bajo nivel



5.4. Sistema de inducción general

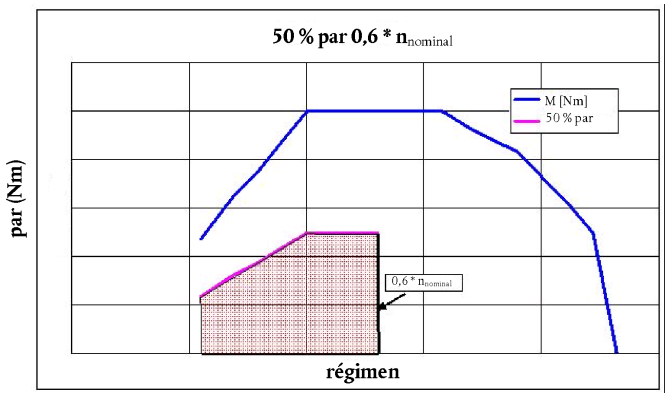
5.4.1. El sistema de inducción general se activará a raíz de cualquiera de las condiciones que figuran en los puntos 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2 y 9.4.2.

5.4.2. El sistema de inducción general reducirá la utilidad de la máquina móvil no de carretera hasta un nivel lo bastante molesto como para lograr que el operador subsane cualquier problema relacionado con las secciones 6 a 9. Se admiten las estrategias siguientes:

5.4.2.1. El par del motor situado entre el régimen del par máximo y el punto de ruptura del regulador se reducirá gradualmente, a partir del par de inducción de bajo nivel de la figura 4.1, como mínimo un 1 % por minuto hasta el 50 %, o menos, del par máximo y, en el caso de los motores de régimen variable, el régimen del motor se reducirá gradualmente hasta el 60 %, o menos, del régimen nominal en el mismo período de tiempo que la reducción del par, tal y como se muestra en la figura 4.2.

Figura 4.2

Esquema de reducción del par de la inducción general



5.4.2.2. Podrán utilizarse otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación que poseen el mismo grado de severidad o mayor.

▼B

5.5. A fin de tener en cuenta los aspectos de seguridad y permitir los diagnósticos para la autorreparación, se permitirá la utilización de una función de invalidación para liberar toda la potencia del motor, siempre que:

a) no esté activa más de treinta minutos, y

b) esté limitada a tres activaciones durante cada período en el que el sistema de inducción del operador esté activo.

5.6. El sistema de inducción del operador se desactivará cuando las condiciones que dieron lugar a su activación hayan dejado de existir. El sistema de inducción del operador no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que dieron lugar a su activación.

5.7. En la sección 11 se detallan los procedimientos de activación y desactivación del sistema de inducción del operador.

5.8. En el contexto de la solicitud de homologación de tipo UE con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de inducción del operador, tal como se especifica en la sección 11.

6. **Disponibilidad de reactivo**

6.1. Indicador del nivel de reactivo

La máquina móvil no de carretera estará equipada con un indicador que informe claramente al operador del nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento. Para que el nivel mínimo de rendimiento del indicador de reactivo sea aceptable, deberá indicar continuamente el nivel de reactivo mientras el sistema de alerta al operador contemplado en la sección 4 esté activado. El indicador de reactivo podrá ser analógico o digital y podrá mostrar el nivel como proporción de la capacidad total del depósito, la cantidad de reactivo restante o las horas de funcionamiento estimadas restantes.

6.2. Activación del sistema de alerta al operador

6.2.1. El sistema de alerta al operador especificado en la sección 4 se activará cuando el nivel de reactivo sea inferior al 10 % de la capacidad del depósito de reactivo o a un porcentaje más alto, a elección del fabricante.

6.2.2. La alerta será lo suficientemente clara, en conjunción con el indicador del reactivo, de manera que el conductor comprenda que el nivel de reactivo es bajo. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, la alerta visual mostrará un mensaje que indique un bajo nivel de reactivo (p. ej., «nivel de urea bajo», «nivel de AdBlue bajo» o «nivel de reactivo bajo»).

6.2.3. Inicialmente no será necesario que el sistema de alerta al operador esté continuamente activado (p. ej., no es necesario que se muestre continuamente un mensaje); sin embargo, la intensidad de la activación irá en aumento hasta convertirse en continua cuando el nivel del reactivo se aproxime a cero y se acerque el punto en el que se pone en marcha el sistema de inducción del operador (p. ej., la frecuencia con la que el testigo luminoso destella). Deberá culminar con una notificación al operador del nivel que decida el fabricante, pero deberá ser considerablemente más perceptible en el punto en el que se pone en marcha el sistema de inducción del operador contemplado en el punto 6.3 que cuando se activó por primera vez.

▼B

6.2.4. La alerta continua no podrá desactivarse o ignorarse fácilmente. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, se mostrará un mensaje explícito (p. ej., «reponga urea», «reponga AdBlue» o «reponga reactivo»). El sistema de alerta continua podrá ser interrumpido temporalmente por otras señales de alerta que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

6.2.5. No será posible apagar el sistema de alerta al operador mientras no se haya repuesto el reactivo hasta un nivel que no requiera su activación.

6.3 Activación del sistema de inducción del operador

6.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel del operador descrito en el punto 5.3 se activará cuando el nivel del depósito de reactivo sea inferior al 2,5 % de su capacidad total nominal o a un porcentaje más alto, a elección del fabricante.

6.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará cuando el nivel del depósito de reactivo esté vacío (es decir, cuando el sistema de dosificación sea incapaz de extraer más reactivo del depósito) o a un nivel inferior al 2,5 % de su capacidad total nominal, a discreción del fabricante.

6.3.3. Salvo en la medida en que esté permitido en el punto 5.5, no será posible apagar el sistema de inducción de bajo nivel o general mientras no se haya repuesto el reactivo hasta un nivel que no requiera su activación respectiva.

7. **Supervisión de la calidad del reactivo**

7.1. El motor o la máquina móvil no de carretera incluirán un método para determinar la presencia de un reactivo incorrecto a bordo de una máquina móvil no de carretera.

7.1.1. El fabricante especificará una concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min} que hará que las emisiones de NO_x del tubo de escape no superen el límite de NO_x aplicable multiplicado por 2,25 o el límite de NO_x aplicable más 1,5 g/kWh, el que sea menor de los dos. En el caso de las subcategorías con un límite combinado de HC y NO_x, el valor límite de NO_x aplicable para los fines del presente punto será el valor límite combinado de HC y NO_x menos 0,19 g/kWh.

▼M2

7.1.1.1. El valor del CD_{min} especificado por el fabricante se utilizará durante la demostración establecida en la sección 13 y se registrará en la parte C de la ficha de características contemplada en el anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

▼B

7.1.2. Se detectará cualquier concentración de reactivo inferior a la CD_{min} y se considerará un reactivo incorrecto a los efectos del punto 7.1.

7.1.3. Se asignará un contador específico para la calidad del reactivo («el contador de la calidad del reactivo»). El contador de la calidad del reactivo contará el número de horas de funcionamiento del motor con un reactivo incorrecto.

▼B

7.1.3.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la calidad del reactivo con uno o más de los fallos enumerados en las secciones 8 y 9 en un único contador.

7.1.4. En la sección 11 se detallan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la calidad del reactivo.

7.2. Activación del sistema de alerta al operador

Cuando el sistema de supervisión confirme que la calidad del reactivo es incorrecta, se activará el sistema de alerta al operador descrito en la sección 4. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (p. ej., «detectada urea incorrecta», «detectado AdBlue incorrecto» o «detectado reactivo incorrecto»).

7.3. Activación del sistema de inducción del operador

7.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de diez horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador descrito en el punto 7.2.

7.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de veinte horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador descrito en el punto 7.2.

7.3.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de recurrencia de un mal funcionamiento repetitivo, con arreglo al mecanismo descrito en la sección 11.

8. **Actividad de dosificación del reactivo**

8.1. El motor incluirá un método para determinar la interrupción de la dosificación.

8.2. Contador de la actividad de dosificación del reactivo

8.2.1. Se asignará un contador específico para la actividad de dosificación («el contador de la actividad de dosificación»). El contador contará el número de horas de funcionamiento del motor que tienen lugar con una interrupción de la actividad de dosificación del reactivo. Ello no será necesario si la interrupción es solicitada por la ECU del motor debido a que las condiciones de funcionamiento de la máquina móvil no de carretera son tales que su comportamiento en materia de emisiones no requiere la dosificación del reactivo.

8.2.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la dosificación del reactivo con uno o más de los fallos enumerados en las secciones 7 y 9 en un único contador.

8.2.2. En la sección 11 se detallan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la actividad de dosificación del reactivo.

8.3. Activación del sistema de alerta al operador

El sistema de alerta al operador descrito en la sección 4 se activará en caso de que se produzca una interrupción de la dosificación que ponga en marcha el contador de la actividad de dosificación con arreglo al punto 8.2.1. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (p. ej., «mal funcionamiento de la dosificación de urea», «mal funcionamiento de la dosificación de AdBlue» o «mal funcionamiento de la dosificación del reactivo»).

▼B

8.4. Activación del sistema de inducción del operador

8.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si una interrupción de la dosificación del reactivo no se rectifica en un máximo de diez horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador de conformidad con el punto 8.3.

8.4.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si una interrupción de la dosificación del reactivo no se rectifica en un máximo de veinte horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador de conformidad con el punto 8.3.

8.4.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de recurrencia de un mal funcionamiento repetitivo, con arreglo al mecanismo descrito en la sección 11.

▼M2

9. **Otros fallos que pueden atribuirse a la manipulación**

9.1. Además del nivel de reactivo del depósito, la calidad del reactivo y la interrupción de la dosificación, se supervisarán los fallos siguientes, ya que pueden atribuirse a la manipulación:

a) los fallos del sistema NCD descritos en el punto 9.2.1;

b) los fallos de la válvula de recirculación de los gases de escape descritos en el punto 9.2.2.

9.2. Requisitos de supervisión y contadores

9.2.1. Sistema NCD

9.2.1.1. Se supervisará el sistema NCD para detectar fallos eléctricos y retirar o desactivar cualquier sensor que le impida diagnosticar cualquiera de los demás fallos que figuran en las secciones 6 a 8 (supervisión de componentes).

En una lista no exhaustiva de sensores que afectan a la capacidad de diagnóstico figurarán los que miden directamente la concentración de NO_x, los sensores de la calidad de la urea, los sensores de ambiente y los sensores utilizados para supervisar la actividad de dosificación del reactivo, el nivel de reactivo y el consumo de reactivo.

9.2.1.2. Se asignará un contador a cada uno de los fallos de supervisión. Los contadores del sistema NCD contarán el número de horas de funcionamiento del motor cuando se confirme que el DTC asociado al mal funcionamiento del sistema NCD está activo. Los diferentes fallos del sistema NCD podrán agruparse en un único contador.

9.2.1.2.1. El fabricante podrá agrupar el fallo del sistema NCD con uno o más de los sistemas enumerados en las secciones 7 y 8 y en el punto 9.2.2 en un único contador.

9.2.1.3. En la sección 11 se describen los criterios y mecanismos de activación y desactivación de los contadores del sistema NCD.

9.2.2. Válvula EGR obstruida

9.2.2.1. Se supervisará el sistema de recirculación de los gases de escape (EGR) para detectar si hay alguna válvula EGR obstruida.

▼M2

9.2.2.2. Se asignará un contador a las válvulas EGR obstruidas. El contador de la válvula EGR contará el número de horas de funcionamiento del motor cuando se confirme que el DTC asociado a una válvula EGR obstruida está activo.

9.2.2.2.1. El fabricante podrá agrupar el fallo de la válvula EGR obstruida con uno o más de los sistemas enumerados en las secciones 7 y 8 y en el punto 9.2.1 en un único contador.

9.2.2.3. En la sección 11 se detallan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la válvula EGR.

▼B

9.3. Activación del sistema de alerta al operador

El sistema de alerta al operador que figura en la sección 4 se activará en caso de que se produzca cualquiera de los fallos especificados en el punto 9.1, e indicará que es necesaria una reparación urgente. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (p. ej., «válvula de dosificación del reactivo desconectada» o «fallo de emisiones crítico»).

9.4. Activación del sistema de inducción del operador

9.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si un fallo especificado en el punto 9.1 no se rectifica en un máximo de treinta y seis horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador que figura en el punto 9.3.

9.4.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si un fallo especificado en el punto 9.1 no se rectifica en un máximo de cien horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador que figura en el punto 9.3.

9.4.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de recurrencia de un mal funcionamiento repetitivo, con arreglo al mecanismo descrito en la sección 11.

▼M2

9.5. Como alternativa a los requisitos de supervisión del punto 9.2, el fabricante podrá detectar los fallos utilizando un sensor de NO_x colocado en el sistema de escape. En ese caso,

a) el valor de NO_x al que se detectará el NCM no superará el límite de NO_x aplicable multiplicado por 2,25 o el límite de NO_x aplicable más 1,5 g/kWh, el que sea menor de los dos; en el caso de las subcategorías con un límite combinado de HC y NO_x, el valor límite de NO_x aplicable para los fines del presente punto será el valor límite combinado de HC y NO_x menos 0,19 g/kWh;

b) podrá utilizarse una única alerta, incluida, cuando se utilicen mensajes, la declaración «valor de NOx elevado; causa primaria desconocida»;

c) en el punto 9.4.1, el número máximo de horas de funcionamiento del motor entre la activación del sistema de alerta al operador y la activación del sistema de inducción de bajo nivel se reducirá a diez;

▼M2

d) en el punto 9.4.2, el número máximo de horas de funcionamiento del motor entre la activación del sistema de alerta al operador y la activación del sistema de inducción general se reducirá a veinte.

▼B

10. **Requisitos de demostración**

10.1. Información general

Durante la homologación de tipo UE se demostrará que se cumplen los requisitos del presente apéndice, realizando, como se ilustra en el cuadro 4.1 y se especifica en la presente sección 10:

a) una demostración de la activación del sistema de alerta;

b) una demostración de la activación del sistema de inducción de bajo nivel, si procede;

c) una demostración de la activación del sistema de inducción general.

10.2. Familias de motores y familias de motores NCD

La conformidad de una familia de motores o de una familia de motores NCD con los requisitos de la presente sección 10 podrá demostrarse sometiendo a ensayo uno de los miembros de la familia de que se trate, siempre que el fabricante demuestre a la autoridad de homologación que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente apéndice son similares dentro de la familia.

▼M2

10.2.1. La demostración de que los sistemas de supervisión de otros miembros de la familia NCD son similares podrá efectuarse presentando a las autoridades de homologación elementos como algoritmos, análisis funcionales, etc.

▼B

10.2.2. El motor de ensayo será seleccionado por el fabricante de acuerdo con la autoridad de homologación. Podrá ser o no el motor de referencia de la familia considerada.

▼M2

10.2.3. En caso de que los motores de una familia pertenezcan a una familia de motores NCD que ya haya sido homologada de tipo UE con arreglo al punto 10.2.1 (figura 4.3), se considerará demostrada la conformidad de dicha familia de motores sin realizar más ensayos, siempre que el fabricante demuestre a la autoridad que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente apéndice son similares dentro de la familia de motores y la familia de motores NCD de que se trate.

Cuadro 4.1

Ilustración del contenido del proceso de demostración de conformidad con los puntos 10.3 y 10.4

Mecanismo	Elementos de demostración
Activación del sistema de alerta especificada en el punto 10.3	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda
Activación de la inducción de bajo nivel especificada en el punto 10.4	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda — Un ensayo de reducción del par

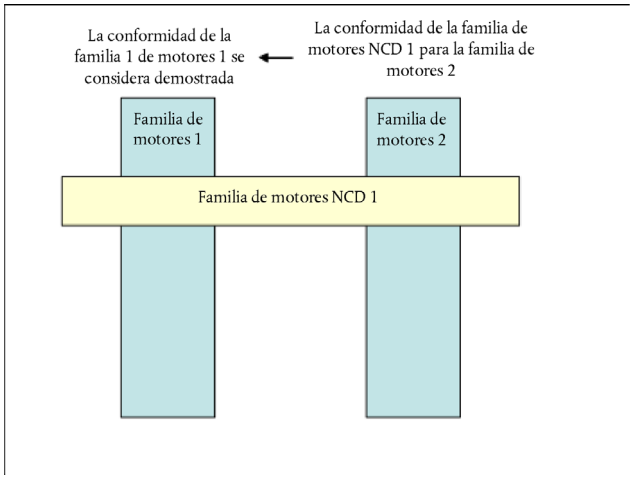
▼M2

Mecanismo	Elementos de demostración
Activación de la inducción general especificada en el punto 10.4	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda

▼B

Figura 4.3.

Conformidad previamente demostrada de una familia de motores NCD



10.3. Demostración de la activación del sistema de alerta

▼M2

10.3.1. La conformidad de la activación del sistema de alerta se demostrará realizando dos ensayos: falta de reactivo y una categoría de fallo prevista en las secciones 7, 8 o 9.

10.3.2. Selección de los fallos que se someterán a ensayo

10.3.2.1. La autoridad de homologación seleccionará una categoría de fallo. En caso de que se seleccione un fallo de los puntos 7 o 9, serán de aplicación los requisitos adicionales establecidos en los puntos 10.3.2.2 o 10.3.2.3, respectivamente.

10.3.2.2. A fin de demostrar la activación del sistema de alerta en caso de que la calidad de un reactivo sea inadecuada, se seleccionará un reactivo con una dilución del ingrediente activo al menos igual a la comunicada por el fabricante de conformidad con los requisitos establecidos en los puntos 7 a 7.3.3.

10.3.2.3. A fin de demostrar la activación del sistema de alerta en caso de fallos que puedan atribuirse a la manipulación y que estén definidos en la sección 9, la selección se realizará de conformidad con los requisitos siguientes:

10.3.2.3.1. El fabricante proporcionará a la autoridad de homologación una lista con tales fallos potenciales.

10.3.2.3.2. El fallo que vaya a considerarse en el ensayo será seleccionado por la autoridad de homologación a partir de la lista contemplada en el punto 10.3.2.3.1.

▼M2

10.3.3. Demostración

10.3.3.1. A efectos de esta demostración, se realizará un ensayo separado para la falta de reactivo y para el fallo seleccionado de conformidad con los puntos 10.3.2 a 10.3.2.3.2.

▼B

10.3.3.2. Durante un ensayo no deberá haber ningún fallo distinto del fallo objeto del ensayo.

10.3.3.3. Antes de comenzar un ensayo deberán haberse borrado todos los DTC.

10.3.3.4. A petición del fabricante y con el consentimiento de la autoridad de homologación, podrán simularse los fallos objeto de ensayo.

10.3.3.5. Detección de los fallos distintos de la falta de reactivo

En el caso de los fallos distintos de la falta de reactivo, una vez que se haya producido o simulado el fallo, la detección del mismo se realizará como se indica a continuación:

10.3.3.5.1. El sistema NCD responderá a la introducción de un fallo seleccionado según proceda por la autoridad de homologación de conformidad con las disposiciones del presente apéndice. Se considera que ello queda demostrado si la activación tiene lugar en dos ciclos de ensayo consecutivos del sistema NCD de conformidad con el punto 10.3.3.7.

Cuando en la descripción de la supervisión se haya especificado que un dispositivo de supervisión específico necesita más de dos ciclos de ensayo del sistema NCD para completar su tarea, y la autoridad de homologación haya dado su consentimiento, el número de ciclos de ensayo del sistema NCD podrá aumentarse a tres.

Cada ciclo de ensayo individual del sistema NCD en el contexto del ensayo de demostración podrá estar separado por una parada del motor. En el período de tiempo hasta el arranque siguiente se tendrá en cuenta cualquier supervisión que pueda producirse después de la parada del motor y cualquier situación que sea necesaria para que tenga lugar la supervisión en el arranque siguiente.

▼M2

10.3.3.5.2. Se considerará demostrada la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme al punto 10.3.3, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada y el DTC correspondiente al fallo seleccionado tiene el estatus de «confirmado y activo».

▼B

10.3.3.6. Detección en caso de falta de disponibilidad de reactivo

A fin de demostrar la activación del sistema de alerta en caso de falta de disponibilidad de reactivo, el motor se pondrá en funcionamiento durante uno o más ciclos de ensayo del sistema NCD, a discreción del fabricante.

10.3.3.6.1. La demostración comenzará con un nivel de reactivo en el depósito que deberán acordar el fabricante y la autoridad de homologación y que no represente menos del 10 % de la capacidad nominal del depósito.

10.3.3.6.2. Se considerará que el sistema de alerta ha funcionado de forma correcta si se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:

a) se ha activado el sistema de alerta con una disponibilidad de reactivo superior o igual al 10 % de la capacidad del depósito, y

b) el sistema de alerta «continua» se ha activado con una disponibilidad de reactivo superior o igual al valor declarado por el fabricante con arreglo a lo dispuesto en la sección 6.

▼B

10.3.3.7. Ciclo de ensayo del sistema NCD

10.3.3.7.1. El ciclo de ensayo del sistema NCD considerado en la presente sección 10 para demostrar el rendimiento correcto del sistema NCD es el ciclo NRTC de arranque en caliente para los motores de las subcategorías NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 y NRE-v-6 y el NRSC aplicable para todas las demás categorías.

10.3.3.7.2. A petición del fabricante, y previa autorización de la autoridad de homologación, podrá utilizarse un ciclo alternativo de ensayo del sistema NCD (p. ej., distinto del NTRC o el NRSC) para un dispositivo de supervisión específico. La solicitud incluirá elementos (consideraciones técnicas, simulación, resultados de ensayo, etc.) que demuestren:

a) que se obtienen los resultados del ciclo de ensayo requeridos en un dispositivo de supervisión que funcione en condiciones de circulación real, y

b) que el ciclo de ensayo del sistema NCD aplicable especificado en el punto 10.3.3.7.1 es menos apropiado para la supervisión en cuestión.

10.3.4. Se considerará que se ha realizado la demostración de la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme al punto 10.3.3, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada.

10.4. Demostración del sistema de inducción

10.4.1. La demostración del sistema de inducción se realizará mediante ensayos en un banco de ensayo de motores.

10.4.1.1. Cualquier componente o subsistema no instalado físicamente en el motor (entre otros, los sensores de la temperatura ambiente, los sensores de nivel o los sistemas de alerta al operador y de información) que sea necesario para realizar las demostraciones se conectará al motor para tal fin, o se simulará, a satisfacción de la autoridad de homologación.

10.4.1.2. Previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá decidir que los ensayos de demostración se realicen en una máquina móvil no de carretera completa, bien colocándola en un banco de ensayo adecuado, o bien, no obstante lo dispuesto en el punto 10.4.1, haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

▼M2

10.4.2. La secuencia de ensayo demostrará la activación del sistema de inducción en caso de que se produzca el fallo seleccionado por la autoridad de homologación de la lista, como se establece en el punto 10.3.2.1 para el ensayo del sistema de alerta.

10.4.3. A efectos de esta demostración:

a) previa autorización de la autoridad de homologación, se permitirá al fabricante acelerar el ensayo simulando que ha alcanzado un número determinado de horas de funcionamiento;

b) la consecución de la reducción del par necesario para una inducción de bajo nivel podrá demostrarse al mismo tiempo que el proceso de homologación del funcionamiento general del motor realizado de conformidad con el presente Reglamento; en este caso no se requiere una medición independiente del par durante la demostración del sistema de inducción;

c) la inducción de bajo nivel, en su caso, se demostrará de conformidad con los requisitos del punto 10.4.5;

▼M2

d) la inducción general se demostrará de conformidad con los requisitos del punto 10.4.6.

▼B

10.4.4. El fabricante deberá demostrar, además, el funcionamiento del sistema de inducción en las condiciones de fallo que figuran en las secciones 7, 8 o 9 y que no hayan sido elegidas para los ensayos de demostración de los puntos 10.4.1 a 10.4.3.

Estas demostraciones adicionales podrán realizarse presentando a la autoridad de homologación un caso técnico en el que se utilicen pruebas como algoritmos, análisis funcionales y los resultados de ensayos anteriores.

10.4.4.1. En particular, estas demostraciones adicionales demostrarán, a satisfacción de la autoridad de homologación, la inclusión del mecanismo correcto de reducción del par en la ECU del motor.

10.4.5. Ensayo de demostración del sistema de inducción de bajo nivel

10.4.5.1. Esta demostración comenzará cuando el sistema de alerta o un sistema de alerta «continua» adecuado se hayan activado como consecuencia de la detección de un fallo seleccionado por la autoridad de homologación.

10.4.5.2. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de falta de reactivo en el depósito, se pondrá en funcionamiento el motor hasta que la disponibilidad de reactivo haya alcanzado un valor del 2,5 % de la capacidad total nominal del depósito o el valor declarado por el fabricante de conformidad con el punto 6.3.1 al que se haya previsto que funcione el sistema de inducción de bajo nivel.

10.4.5.2.1. Previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá simular un funcionamiento continuo extrayendo reactivo del depósito, ya sea con el motor en funcionamiento o con el motor parado.

10.4.5.3. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de un fallo distinto de la falta de reactivo en el depósito, se pondrá en funcionamiento el motor durante el número pertinente de horas de funcionamiento que se indica en el cuadro 4.3 o, a elección del fabricante, hasta que el contador pertinente haya alcanzado el valor al que se activa el sistema de inducción de bajo nivel.

10.4.5.4. Se considerará que se ha realizado la demostración del sistema de inducción de bajo nivel si, al final cada ensayo de demostración realizado conforme a los puntos 10.4.5.2 y 10.4.5.3, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación que la ECU del motor ha activado el mecanismo de reducción del par.

10.4.6. Ensayo de demostración del sistema de inducción general

10.4.6.1. Esta demostración comenzará a partir de una condición en la que se haya activado previamente el sistema de inducción de bajo nivel, y podrá realizarse como continuación de los ensayos efectuados para demostrar el sistema de inducción de bajo nivel.

10.4.6.2. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de falta de reactivo en el depósito, se pondrá en funcionamiento el motor hasta que el depósito de reactivo esté vacío o haya alcanzado un nivel inferior al 2,5 % de la capacidad total nominal del depósito a la que el fabricante ha declarado que se activará el sistema de inducción general.

10.4.6.2.1. Previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá simular un funcionamiento continuo extrayendo reactivo del depósito, ya sea con el motor en funcionamiento o con el motor parado.

▼B

10.4.6.3. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de un fallo que no sea la falta de reactivo en el depósito, se pondrá en funcionamiento el motor durante el número adecuado de horas que se indica en el cuadro 4.4 o, a elección del fabricante, hasta que el contador pertinente haya alcanzado el valor al que se activa el sistema de inducción general.

10.4.6.4. Se considerará que se ha realizado la demostración del sistema de inducción general si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme a los puntos 10.4.6.2 y 10.4.6.3, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación que se ha activado el mecanismo de inducción general considerado en el presente apéndice.

10.4.7. Alternativamente, previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá elegir que la demostración de los mecanismos de inducción se realice en una máquina móvil no de carretera completa de conformidad con los requisitos de los puntos 5.4 y 10.4.1.2, bien colocando la máquina en un banco de ensayo adecuado, o bien haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

10.4.7.1. Se pondrá en funcionamiento la máquina móvil no de carretera hasta que el contador asociado con el fallo seleccionado haya alcanzado el número pertinente de horas de funcionamiento indicado en el cuadro 4.4 o, según proceda, hasta que el depósito de reactivo esté vacío o haya alcanzado el nivel inferior al 2,5 % de la capacidad total nominal del depósito a la que el fabricante haya decidido activar el sistema de inducción general.

▼M2

10.5. Documentación de la demostración

10.5.1. Un informe de demostración documentará la demostración del sistema NCD. Dicho informe:

a) contendrá los fallos examinados;

b) describirá la demostración realizada, incluyendo el ciclo de ensayo aplicable;

c) confirmará que se activaron las alertas e inducciones aplicables como se exige en el presente Reglamento; y

d) se incluirá en el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

▼B

11. **Descripción de los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al operador y de la inducción del operador**

11.1. Para complementar los requisitos especificados en el presente apéndice relativos a los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al operador y de la inducción del operador, en la presente sección 11 se especifican los requisitos técnicos para la aplicación de dichos mecanismos.

11.2. Mecanismos de activación y desactivación del sistema de alerta

11.2.1. El sistema de alerta al operador se activará cuando el código de problema de diagnóstico (DTC) asociado con un NCM que justifique su activación tenga la calificación que figura en el cuadro 4.2.

▼B

Cuadro 4.2

Activación del sistema de alerta al operador

Tipo de fallo	Calificación del DTC relativa a la activación del sistema de alerta
reactivo de mala calidad	confirmado y activo
interrupción de la dosificación	confirmado y activo
válvula EGR obstruida	confirmado y activo
mal funcionamiento del sistema de supervisión	confirmado y activo
umbral de NO_x, si procede	confirmado y activo

11.2.2. El sistema de alerta al operador se desactivará cuando el sistema de diagnóstico concluya que el mal funcionamiento correspondiente a la alerta ya no existe o cuando la información, incluidos los DTC, relativa a los fallos que justifiquen su activación se borre mediante una herramienta de exploración.

11.2.2.1. Requisitos para el borrado de la información relativa al control de NO_x

11.2.2.1.1. Borrado/reinicialización de la información relativa al control de NO_x mediante una herramienta de exploración

Cuando lo solicite la herramienta de exploración, los datos siguientes se borrarán o se reinicializarán con el valor especificado en el presente apéndice a partir de la memoria del ordenador (véase el cuadro 4.3).

Cuadro 4.3

Borrado/reinicialización de la información relativa al control de NO_x mediante una herramienta de exploración

Información relativa al control de NO_x	Borrable	Reinicializable
Todos los DTC	X	
Valor del contador que indique el mayor número de horas de funcionamiento del motor		X
Número de horas de funcionamiento del motor a partir de los contadores del sistema NCD		X

11.2.2.1.2. La información relativa al control de NO_x no se borrará al desconectar las baterías de la máquina móvil no de carretera.

11.2.2.1.3. El borrado de la información relativa al control de NO_x solo será posible con el motor apagado.

▼B

11.2.2.1.4. Cuando se borre información relativa al control de NO_x, incluidos los DTC, no se borrará ningún contador asociado con esos fallos y que se especifique en el presente apéndice, sino que será reinicializado al valor especificado en la sección pertinente de este apéndice.

11.3. Mecanismos de activación y desactivación del sistema de inducción del operador

11.3.1. El sistema de inducción del operador se activará cuando el sistema de alerta esté activo y el contador correspondiente al tipo de NCM que justifique su activación haya alcanzado el valor especificado en el cuadro 4.4.

11.3.2. El sistema de inducción del operador se desactivará cuando el sistema deje de detectar un mal funcionamiento que justifique su activación o si la información, incluidos los DTC, relativa a los NCM que justifiquen su activación ha sido borrada mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento.

11.3.3. Los sistemas de alerta al operador y de inducción del operador se activarán o desactivarán inmediatamente, según proceda, conforme a lo dispuesto en la sección 6, después de evaluar la cantidad de reactivo del depósito. En ese caso, los mecanismos de activación o desactivación no dependerán del estatus de ningún DTC asociado.

11.4. Mecanismo de los contadores

11.4.1. Información general

▼M2

11.4.1.1. A fin de cumplir los requisitos del presente apéndice, el sistema tendrá contadores para registrar el número de horas durante las cuales ha funcionado el motor mientras el sistema ha detectado alguno de los NCM siguientes:

a) una calidad del reactivo inadecuada;

b) una interrupción de la actividad de dosificación del reactivo;

c) una válvula EGR obstruida;

d) un fallo del sistema NCD.

11.4.1.1.1. El fabricante podrá utilizar uno o varios contadores para agrupar los NCM indicados en el punto 11.4.1.1.

▼B

11.4.1.2. Cada uno de los contadores contará hasta el valor máximo previsto en un contador de 2 bytes con una hora de resolución y mantendrá ese valor, salvo que se den las condiciones para una puesta a cero del contador.

11.4.1.3. El fabricante podrá utilizar un único contador o varios contadores para el sistema NCD. Un único contador podrá acumular el número de horas de dos o más casos diferentes de mal funcionamiento pertinentes para ese tipo de contador, sin que ninguno de ellos haya alcanzado el tiempo indicado por el contador único.

11.4.1.3.1. Cuando el fabricante decida utilizar varios contadores para el sistema NCD, el sistema será capaz de asignar un contador específico del sistema de supervisión a cada caso de mal funcionamiento pertinente para dicho tipo de contador conforme al presente apéndice.

▼B

11.4.2. Principio del mecanismo de los contadores

11.4.2.1. Cada contador funcionará de la manera siguiente:

11.4.2.1.1. Si se empieza de cero, el contador comenzará a contar en cuanto se detecte un mal funcionamiento pertinente para ese contador y el DTC correspondiente tenga el estatus definido en el cuadro 4.2.

11.4.2.1.2. En caso de fallos repetidos, se aplicará una de las disposiciones siguientes, a elección del fabricante:

a) si se produce un único acontecimiento de supervisión y deja de detectarse el mal funcionamiento que activó originalmente el contador o si el fallo ha sido borrado mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento, el contador se detendrá y mantendrá su valor de ese momento; si el contador deja de contar cuando el sistema de inducción general está activo, el contador se quedará fijo en el valor definido en el cuadro 4.4 o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos treinta minutos;

b) el contador se quedará fijo en el valor definido en el cuadro 4.4 o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos treinta minutos.

11.4.2.1.3. En el caso de un contador con sistema de supervisión único, dicho contador seguirá contando si se ha detectado un NCM pertinente para ese contador y su DTC correspondiente tiene el estatus de «confirmado y activo». El contador se detendrá y mantendrá uno de los valores especificados en el punto 11.4.2.1.2 si no se detecta ningún NCM que justifique la activación del contador o si todos los fallos pertinentes para dicho contador han sido borrados mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento.

Cuadro 4.4

Contadores e inducción

	Calificación del DTC para la primera activación del contador	Valor del contador relativo a la inducción de bajo nivel	Valor del contador relativo a la inducción general	Valor fijo retenido por el contador
Contador de la calidad del reactivo	Confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general
Contador de la dosificación	Confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general
Contador de la válvula EGR	Confirmado y activo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % del valor del contador relativo a la inducción general
Contador del sistema de supervisión	Confirmado y activo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % del valor del contador relativo a la inducción general
Umbral de NO_x, si procede	Confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general

▼M3

11.4.2.1.4. El contador, una vez que esté fijo, se volverá a poner a cero cuando los monitores pertinentes para dicho contador hayan funcionado al menos una vez hasta completar su ciclo de supervisión sin haber

▼M3

detectado un mal funcionamiento y sin que se haya detectado ningún mal funcionamiento pertinente para ese contador durante, al menos, treinta y seis horas de funcionamiento del motor desde que el valor del contador se retuvo por última vez (véase la figura 4.4).

▼B

11.4.2.1.5. El contador seguirá contando a partir del punto en que se retuvo su valor si se detecta un mal funcionamiento pertinente para dicho contador durante un período en que el contador se haya quedado fijo (véase la figura 4.4).

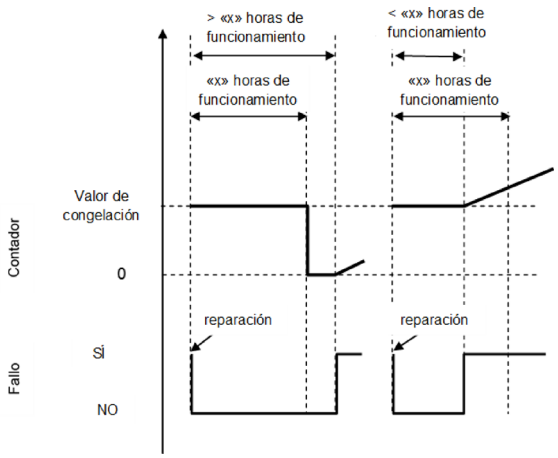
12. **Ilustración de los mecanismos de activación y desactivación y de los contadores**

12.1. En la presente sección 12 se ilustran los mecanismos de activación y desactivación y de los contadores para algunos casos típicos. Las figuras y las descripciones que se presentan en los puntos 12.2, 12.3 y 12.4 se facilitan en el presente apéndice únicamente a efectos ilustrativos y no deben mencionarse como ejemplos de los requisitos del presente Reglamento ni como declaraciones definitivas de los procesos que implican. Las horas de los contadores de las figuras 4.6 y 4.7 se refieren a los valores máximos de inducción del cuadro 4.4. Por ejemplo, para simplificar, el hecho de que el sistema de alerta también está activo cuando el sistema de inducción esté activo no se ha contemplado en las ilustraciones que se presentan.

▼M3

Figura 4.4.

Reactivación y puesta a cero de un contador después de un período en que su valor se ha quedado fijo



donde «x» no es inferior a treinta y seis horas de funcionamiento

▼B

12.2. La figura 4.5 ilustra el funcionamiento de los mecanismos de activación y desactivación cuando se supervisa la disponibilidad del reactivo para cuatro casos:

a) caso de utilización n.º 1: el operador sigue haciendo funcionar la máquina móvil no de carretera a pesar de la alerta hasta que se desactiva su funcionamiento;

▼B

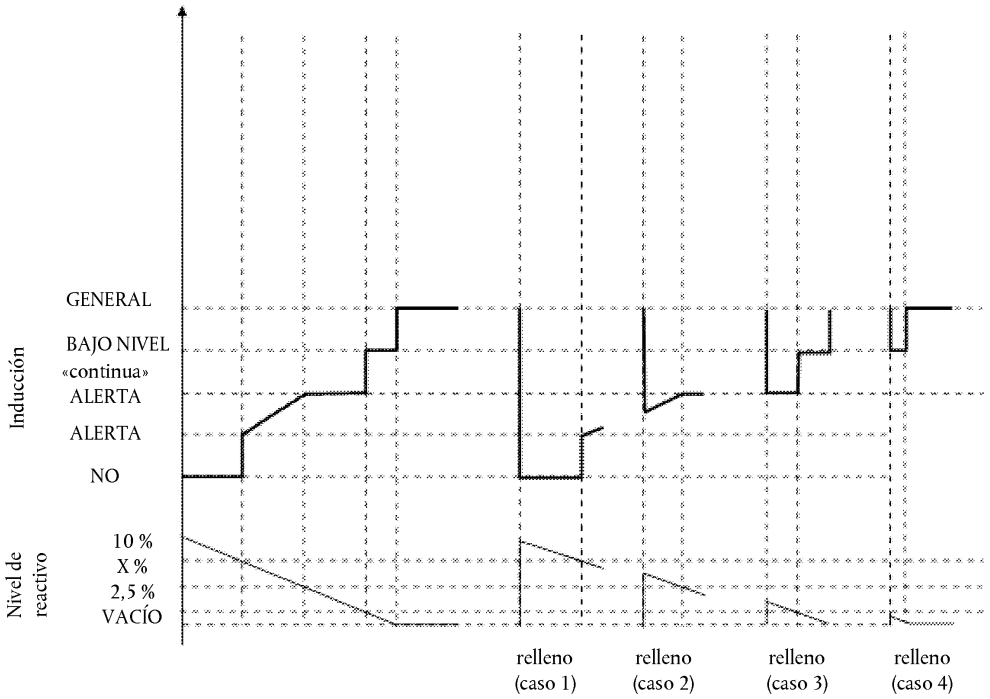
b) caso de reposición n.º 1 (reposición «adecuada»): el operador rellena el depósito de reactivo para que se alcance un nivel superior al umbral del 10 %; la alerta y la inducción están desactivadas;

c) casos de reposición n.º 2 y n.º 3 (reposición «inadecuada»): el sistema de alerta está activado; el nivel de la alerta depende de la cantidad de reactivo disponible;

d) caso de reposición n.º 4 (reposición «muy inadecuada»): la inducción de bajo nivel se activa inmediatamente.

Figura 4.5

Disponibilidad de reactivo



12.3. La figura 4.6 ilustra tres casos de calidad inadecuada del reactivo:

a) caso de utilización n.º 1: el operador sigue haciendo funcionar la máquina móvil no de carretera a pesar de la alerta hasta que se desactiva su funcionamiento;

b) caso de reparación n.º 1 (reparación «incorrecta» o «fraudulenta»): tras la desactivación de la máquina móvil no de carretera, el operador cambia la calidad del reactivo, pero poco después la vuelve a cambiar por uno de mala calidad; el sistema de inducción se reactiva de inmediato y la máquina móvil no de carretera se desactiva después de dos horas de funcionamiento del motor;

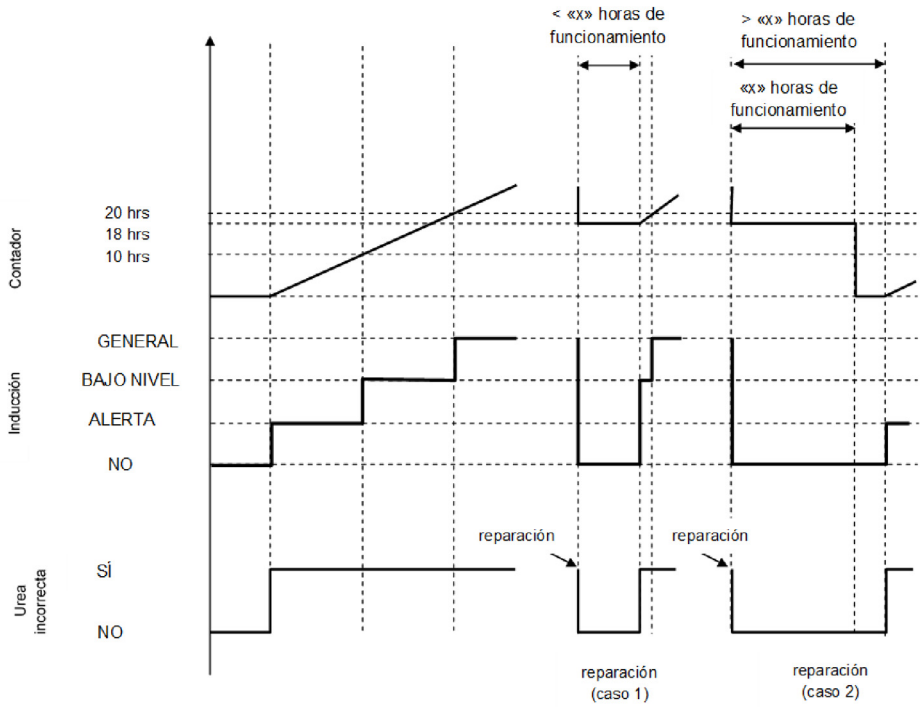
▼B

c) caso de reparación n.º 2 (reparación «correcta»): tras la desactivación de la máquina móvil no de carretera, el operador rectifica la calidad del reactivo; no obstante, pasado algún tiempo, vuelve a rellenar el depósito con un reactivo de mala calidad; los procesos de alerta, inducción y recuento vuelven a empezar a partir de cero.

▼M3

Figura 4.6.

Llenado con reactivo de mala calidad



donde «x» no es inferior a treinta y seis horas de funcionamiento

▼B

12.4. La figura 4.7 ilustra tres casos de fallo del sistema de dosificación de urea. Esta figura también ilustra el proceso que se aplica en el caso de los fallos de supervisión que figuran en la sección 9.

a) caso de utilización n.º 1: el operador sigue haciendo funcionar la máquina móvil no de carretera a pesar de la alerta hasta que se desactiva su funcionamiento;

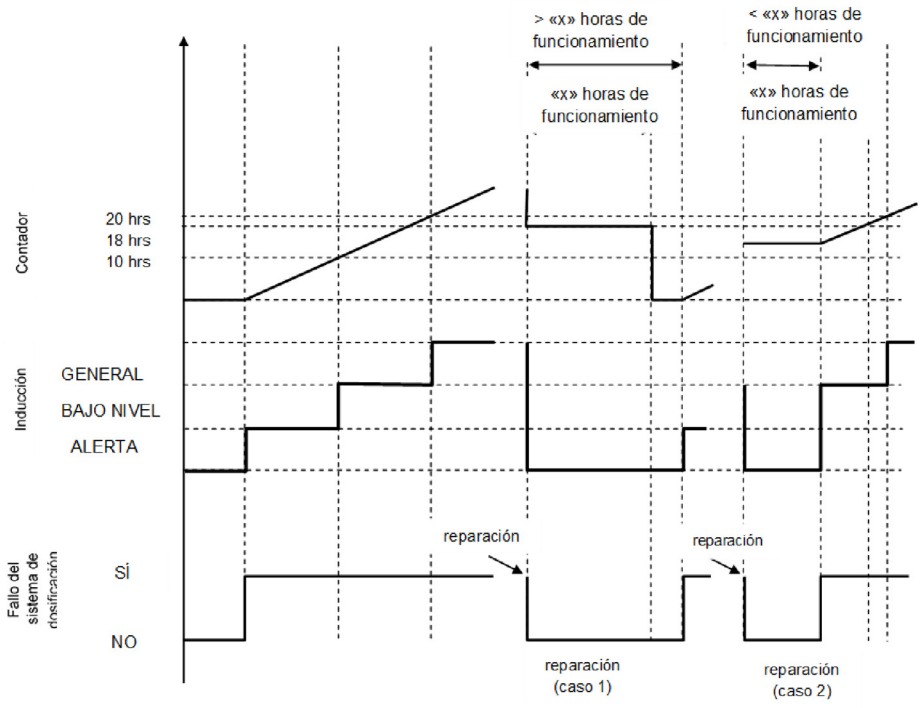
b) caso de reparación n.º 1 (reparación «correcta»): tras la desactivación de la máquina móvil no de carretera, el operador repara el sistema de dosificación; no obstante, pasado algún tiempo, el sistema de dosificación vuelve a fallar; los procesos de alerta, inducción y recuento vuelven a empezar a partir de cero;

c) caso de reparación n.º 2 (reparación «incorrecta»): durante el tiempo de inducción de bajo nivel (reducción del par), el operador repara el sistema de dosificación; no obstante, poco después, el sistema de dosificación vuelve a fallar; el sistema de inducción de bajo nivel se reactiva de inmediato y el contador se reinicia a partir del valor que tenía en el momento de la reparación.

▼M3

Figura 4.7.

Fallo del sistema de dosificación del reactivo



donde «x» no es inferior a treinta y seis horas de funcionamiento

▼B

13. **Demostración de la concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min}**

13.1. El fabricante demostrará el valor correcto de la CD_{min} durante la homologación de tipo UE ejecutando el ciclo NRTC de arranque en caliente para los motores de las subcategorías NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 y NRE-v-6, y el NRSC aplicable para todas las demás categorías utilizando un reactivo con la concentración CD_{min}.

13.2. El ensayo seguirá los ciclos NCD adecuados o el ciclo de preacondicionamiento definido por el fabricante, permitiendo que un sistema de control de NO_x de bucle cerrado se adapte a la calidad del reactivo con la concentración CD_{min}.

▼M2

13.3. Las emisiones contaminantes resultantes de este ensayo no deberán exceder del umbral de NO_x especificado en el punto 7.1.1.

13.4. Documentación de la demostración

13.4.1. Un informe de demostración documentará la demostración de la concentración de reactivo mínima aceptable. Dicho informe:

a) contendrá los fallos examinados;

b) describirá la demostración realizada, incluyendo el ciclo de ensayo aplicable;

c) confirmará que las emisiones contaminantes procedentes de esta demostración no superaron el umbral de NO_x establecido en el punto 7.1.1;

d) se incluirá en el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

▼B

Apéndice 2

Requisitos técnicos adicionales sobre las medidas de control de NO_x para los motores de las categorías IWP, IWA y RLR, incluido el método de demostración de estas estrategias

1. **Introducción**

En el presente apéndice figuran los requisitos adicionales para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x para las categorías de motores IWP, IWA y RLR.

▼M2

2. **Requisitos generales**

Los requisitos del apéndice 1 se aplican a los motores que entran en el ámbito de aplicación del presente apéndice, con las excepciones que figuran en los puntos 3 y 4 de este.

3. **Excepciones a los requisitos del apéndice 1**

En aras de la seguridad, el sistema de inducción del operador contemplado en los puntos 5 y 11.3 del apéndice 1 no se aplicará a los motores que entran en el ámbito de aplicación del presente apéndice. El requisito de almacenamiento de datos en el registro del ordenador de a bordo establecido en el punto 4 del presente apéndice se aplicará siempre que se hubiera activado la inducción de conformidad con los puntos 2.3.2.3.2, 6.3, 7.3, 8.4 y 9.4 del apéndice 1.

4. **Requisitos relativos al almacenamiento de incidentes de funcionamiento del motor cuando la inyección o la calidad del reactivo sean inadecuadas**

4.1. En el registro del ordenador de a bordo, en una memoria informática no volátil o en un contador, deben registrarse el número total de incidentes de funcionamiento del motor cuando la inyección o la calidad del reactivo sean inadecuadas, así como su duración, de manera que se garantice que la información no pueda ser borrada intencionadamente.

4.1.1. Las autoridades nacionales de inspección deberán poder leer esos registros con una herramienta de exploración.

4.1.2. En el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, se incluirá una descripción de la conexión con estos registros y del método para su lectura.

4.2. La duración de un incidente de nivel de reactivo inadecuado registrado en el registro del ordenador de a bordo con arreglo al punto 4.1 en lugar de una inducción de conformidad con el punto 6.3 del apéndice 1 empezará a contar a partir del momento en que el nivel del depósito de reactivo se vacíe (es decir, cuando el sistema de dosificación sea incapaz de extraer más reactivo del depósito) o a un nivel inferior al 2,5 % de su capacidad total nominal, a discreción del fabricante.

4.3. La duración de un incidente registrado en el registro del ordenador de a bordo con arreglo al punto 4.1 en lugar de una inducción de conformidad con los puntos 6.3, 7.3, 8.4 y 9.4 del apéndice 1 empezará a contar a partir del momento en que el contador correspondiente alcance el valor de inducción general que figura en el cuadro 4.4 del apéndice 1.

4.4. La duración de un incidente registrado en el registro del ordenador de a bordo con arreglo al punto 4.1 en lugar de una inducción de conformidad con el punto 2.3.2.3.2 del apéndice 1 empezará a contar a partir del momento en que habría comenzado la inducción.

▼**M2**

4.5. La duración de un incidente registrado en el registro del ordenador de a bordo con arreglo al punto 4.1 terminará cuando se haya resuelto el incidente.

4.6. Las demostraciones que se realicen con arreglo a la sección 10.4 del apéndice 1 se realizarán de conformidad con los requisitos aplicables a la demostración relativa al sistema de inducción general, pero la demostración del sistema de inducción general se sustituirá por una demostración del almacenamiento de un incidente de funcionamiento del motor cuando la inyección o la calidad del reactivo sean inadecuadas.

▼B

Apéndice 3

Requisitos técnicos adicionales sobre las medidas de control de NO_x para los motores de la categoría RLL

1. **Introducción**

En el presente apéndice figuran los requisitos adicionales para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x para los motores de la categoría RLL. Se incluyen requisitos aplicables a los motores que recurren al uso de un reactivo para reducir las emisiones. La homologación de tipo UE estará condicionada a la aplicación de las disposiciones pertinentes sobre las instrucciones destinadas al operador, los documentos de instalación y el sistema de alerta al operador que figuran en el presente apéndice.

2. **Información requerida**

2.1. El fabricante facilitará información que describa de manera exhaustiva las características de funcionamiento de las medidas de control de NO_x, de conformidad con el punto 1.5 de la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

2.2. Si el sistema de control de emisiones necesita un reactivo, el fabricante especificará, en la ficha de características del apéndice 3 del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 las características de este, incluyendo el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo está en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura y una referencia a normas internacionales en cuanto a la composición y la calidad.

3. **Disponibilidad del reactivo y sistema de alerta al operador**

Cuando se utilice un reactivo, la homologación de tipo UE estará condicionada al suministro de indicadores u otros métodos adecuados, de conformidad con la configuración de la máquina móvil no de carretera, que informen al operador:

a) sobre la cantidad de reactivo restante en el depósito de almacenamiento y, mediante una señal específica adicional, le avisen cuando el reactivo restante esté por debajo del 10 % de la capacidad total del depósito;

b) cuando el depósito de reactivo se vacíe o esté prácticamente vacío;

c) cuando el reactivo del depósito no se ajuste a las características declaradas y registradas en la ficha de características del apéndice 3 del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 de conformidad con los métodos de evaluación instalados;

d) cuando se interrumpa la actividad de dosificación del reactivo, en casos distintos de los ejecutados por la ECU del motor o el controlador de la dosificación como reacción a las condiciones de funcionamiento del motor en las que la dosificación no es necesaria, siempre y cuando tales condiciones de funcionamiento se hayan comunicado a la autoridad de homologación.

4. **Calidad del reactivo**

El fabricante demostrará que el reactivo se ajusta a las características declaradas y a la tolerancia de emisión de NO_x correspondiente por uno de los medios siguientes, a su elección:

a) por medios directos, como la utilización de un sensor de la calidad del reactivo;

▼B

b) por medios indirectos, como la utilización de un sensor de NO_x en el sistema de escape para evaluar la eficacia del reactivo;

c) por cualquier otro medio, a condición de que su eficacia sea al menos equivalente a la de los medios de las letras a) y b) y se mantengan los principales requisitos principales de la presente sección 4.

▼B

Apéndice 4

Requisitos técnicos relativos a las medidas de control de las partículas contaminantes, incluido el método de demostración de estas medidas

1. **Introducción**

En el presente apéndice figuran los requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de las partículas.

2. **Requisitos generales**

El motor estará equipado con un sistema de diagnóstico del control de partículas (PCD) capaz de identificar los casos de mal funcionamiento del sistema de postratamiento de partículas contemplados en el presente anexo. Los motores incluidos en el ámbito de aplicación de la presente sección 2 estarán diseñados, fabricados e instalados de manera que puedan cumplir tales requisitos a lo largo de toda la vida normal del motor en condiciones normales de uso. Para cumplir este objetivo, se acepta que los motores que hayan sido utilizados más allá del período de durabilidad de las emisiones especificado en el anexo V del Reglamento (UE) 2016/1628 presenten cierto deterioro en cuanto al rendimiento y la sensibilidad del sistema PCD.

2.1. Información requerida

2.1.1. Si el sistema de control de emisiones necesita un reactivo (p. ej., un catalizador disuelto en el combustible), el fabricante especificará, en la ficha de características del apéndice 3 del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, las características de este, incluyendo el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo está en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura y una referencia a normas internacionales en cuanto a la composición y la calidad.

2.1.2. En el momento de la homologación de tipo UE, deberá facilitarse a la autoridad de homologación información detallada por escrito que describa, de manera exhaustiva, las características de funcionamiento del sistema de alerta al operador contemplado en la sección 4.

2.1.3. El fabricante proporcionará documentación de instalación que, cuando sea utilizada por el OEM, garantice que el motor, incluido el sistema de control de las emisiones que forma parte del tipo de motor o la familia de motores homologados, cuando esté instalado en la máquina móvil no de carretera, funcione, junto con las piezas necesarias de dicha máquina, de manera que cumpla los requisitos del presente anexo. La documentación incluirá los requisitos técnicos detallados y las disposiciones relativos al motor (*hardware*, *software* y comunicación) que sean necesarios para la correcta instalación del motor en la máquina móvil no de carretera.

2.2. Condiciones de funcionamiento

▼M2

2.2.1. El sistema PCD funcionará, como mínimo, en las condiciones de control aplicables que figuran en el punto 2.4 del anexo IV para cada categoría de motor. El sistema de diagnóstico seguirá funcionando fuera de este intervalo cuando sea técnicamente posible.

▼B

2.3. Requisitos relativos al diagnóstico

2.3.1. El sistema PCD deberá ser capaz de identificar los casos de PCM contemplados en el presente anexo mediante DTC almacenados en la memoria informática y de comunicar esta información al exterior previa solicitud.

▼B

2.3.2. Requisitos relativos al registro de DTC

2.3.2.1. El sistema PCD registrará un DTC por cada PCM distinto.

2.3.2.2. El sistema PCD decidirá, en los períodos de funcionamiento del motor indicados en el cuadro 4.5, si existe un mal funcionamiento detectable. Se almacenará entonces un DTC «confirmado y activo» y se activará el sistema de alerta especificado en la sección 4.

▼M2

2.3.2.3. En los casos en que el dispositivo de supervisión necesite funcionar durante un período más largo que el indicado en el cuadro 4.5 para detectar con exactitud y confirmar un PCM (por ejemplo, dispositivos de supervisión que utilicen modelos estadísticos o actúen respecto al consumo de fluido en las máquinas móviles no de carretera), la autoridad de homologación podrá autorizar dicho período más largo con fines de supervisión si el fabricante justifica que es necesario (por ejemplo, motivos técnicos, resultados experimentales, experiencia interna, etc.).

▼B

Cuadro 4.5

Tipos de supervisión y período correspondiente en el que se almacenará un DTC «confirmado y activo»

Tipo de supervisión	Período de tiempo acumulado en el que se almacenará un DTC «confirmado y activo»
Retirada del sistema de postratamiento de partículas	60 minutos de funcionamiento del motor en régimen no de ralentí
Pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas	240 minutos de funcionamiento del motor en régimen no de ralentí
Fallos del sistema PCD	60 minutos de funcionamiento del motor

2.3.3. Requisitos relativos al borrado de los DTC:

a) el sistema PCD no borrará los DTC de la memoria informática hasta que no se haya solucionado el fallo relacionado con el DTC correspondiente;

b) el sistema PCD podrá borrar todos los DTC a petición de una herramienta de exploración o mantenimiento patentada proporcionada por el fabricante del motor, previa petición, o utilizando una contraseña facilitada por este;

c) no se borrará el registro de incidentes de funcionamiento con un DTC confirmado y activo que esté almacenado en una memoria no volátil con arreglo al punto 5.2.

2.3.4. Los sistemas PCD no estarán programados ni diseñados de manera que se desactiven parcial o totalmente en función de la antigüedad de la máquina móvil no de carretera durante la vida real del motor, ni contendrán ningún algoritmo o estrategia destinada a reducir su eficacia con el paso del tiempo.

2.3.5. Los parámetros de funcionamiento o códigos informáticos reprogramables del sistema PCD deberán ser resistentes a las manipulaciones.

▼B

2.3.6. Familia de motores PCD

El fabricante es responsable de determinar la composición de una familia de motores PCD. El agrupamiento de motores dentro de una familia de motores PCD se basará en buenas prácticas técnicas y estará sujeto a aprobación por parte de la autoridad de homologación.

Motores que no pertenezcan a la misma familia de motores podrán pertenecer a la misma familia de motores PCD.

2.3.6.1. Parámetros para definir una familia de motores PCD

Una familia de motores PCD se caracteriza por parámetros básicos de diseño que deberán ser comunes a los motores de la familia.

Para que se considere que unos motores forman parte de la misma familia de motores PCD, los parámetros básicos siguientes deberán ser similares:

a) el principio de funcionamiento del sistema de postratamiento de partículas (p. ej., separación mecánica, aerodinámica, por difusión o inercial, de regeneración periódica o continua, etc.);

b) los métodos de supervisión del PCD;

c) los criterios para la supervisión del PCD;

d) los parámetros de supervisión (p. ej., la frecuencia).

El fabricante demostrará estas similitudes por medio de las demostraciones técnicas pertinentes u otros procedimientos apropiados y las someterá a la aprobación de la autoridad de homologación.

El fabricante podrá solicitar a la autoridad de homologación que apruebe las diferencias menores en los métodos de supervisión/diagnóstico del sistema de supervisión PCD debidas a una variación de la configuración del motor cuando considere que dichos métodos son similares y solo se diferencian para ajustarse a características específicas de los componentes en cuestión (p. ej., el tamaño, el flujo de escape, etc.) o sus similitudes se basen en buenas prácticas técnicas.

3. **Requisitos de mantenimiento**

▼M2

3.1. El OEM proporcionará, a todos los usuarios finales de máquinas móviles no de carretera nuevas, instrucciones por escrito sobre el sistema de control de las emisiones y su funcionamiento correcto de conformidad con el anexo XV.

▼B

4. **Sistema de alerta al operador**

4.1. Las máquinas móviles no de carretera incluirán un sistema de alerta al operador que utilice alarmas visuales.

4.2. El sistema de alerta al operador podrá consistir en uno o varios testigos luminosos o en la visualización de mensajes breves.

El sistema utilizado para mostrar los mensajes podrá ser el mismo que se utilice para otros fines de mantenimiento o de NCD.

▼B

El sistema de alerta indicará que es necesaria una reparación urgente. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (p. ej., «sensor desconectado», o «fallo de emisiones crítico»).

4.3. A elección del fabricante, el sistema de alerta podrá incluir un componente acústico que alerte al operador. El operador podrá suprimir las alertas acústicas.

4.4. El sistema de alerta al operador se activará con arreglo al punto 2.3.2.2.

4.5. El sistema de alerta al operador se desactivará cuando las condiciones que dieron lugar a su activación hayan dejado de existir. El sistema de alerta al operador no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que dieron lugar a su activación.

4.6. El sistema de alerta podrá ser interrumpido temporalmente por otras señales de alerta que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

4.7. En la solicitud de homologación de tipo UE con arreglo al Reglamento (UE) 2016/1628, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de alerta al operador, tal como se especifica en la sección 9.

5. **Sistema de almacenamiento de la información sobre la activación del sistema de alerta al operador**

5.1. El sistema PCD incluirá una memoria informática no volátil o un contador para almacenar los incidentes de funcionamiento del motor con un DTC confirmado y activo, de manera que se garantice que la información no pueda ser borrada intencionadamente.

5.2. El sistema PCD almacenará en una memoria no volátil el número total y la duración de todos los incidentes de funcionamiento del motor con un DTC confirmado y activo cuando el sistema de alerta al operador haya estado activo durante veinte horas de funcionamiento del motor, o un período más corto, a elección del fabricante.

5.3. Las autoridades nacionales deberán poder leer esos registros con una herramienta de exploración.

▼M2

5.4. En el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, se incluirá una descripción de la conexión con estos registros y del método para su lectura.

▼B

6. **Supervisión de la retirada del sistema de postratamiento de partículas**

▼M2

6.1. El sistema PCD detectará la retirada completa del sistema de postratamiento de partículas, así como la retirada de cualquier sensor utilizado para supervisar, activar, desactivar o modular su funcionamiento.

▼B

7. **Requisitos adicionales en el caso de un sistema de postratamiento de partículas que utilice un reactivo (p. ej., un catalizador disuelto en el combustible)**

7.1. En el caso de un DTC confirmado y activo relativo, bien a la retirada del sistema de postratamiento de partículas, bien a la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas, se interrumpirá inmediatamente la dosificación del reactivo. La dosificación del reactivo comenzará de nuevo cuando el DTC haya dejado de estar activo.

7.2. El sistema de alerta se activará cuando el nivel de reactivo del depósito se sitúe por debajo del valor mínimo especificado por el fabricante.

▼B

8. **Fallos de supervisión atribuibles a la manipulación**

8.1. Además de la supervisión relativa a la retirada del sistema de postratamiento de partículas, se supervisarán los siguientes fallos, ya que son atribuibles a la manipulación:

a) la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas;

b) los fallos del sistema PCD descritos en el punto 8.3.

8.2. Supervisión de la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas

El PCD detectará la retirada completa del sustrato del sistema de postratamiento de partículas. En este caso, la carcasa del sistema de postratamiento de partículas y los sensores utilizados para supervisar, activar, desactivar o modular su funcionamiento siguen estando presentes.

8.3. Supervisión de los fallos del sistema PCD

8.3.1. Se supervisará el sistema PCD para detectar fallos eléctricos y retirar o desactivar cualquier sensor o accionador que le impida diagnosticar cualquiera de los demás fallos mencionados en los puntos 6.1 y 8.1, letra a) (supervisión de componentes).

Una lista no exhaustiva de sensores que afectan a la capacidad de diagnóstico la constituyen los que miden directamente las presiones diferenciales en el sistema de postratamiento de partículas y los sensores de la temperatura de los gases de escape para controlar la regeneración del sistema de postratamiento de partículas.

8.3.2. Cuando el fallo, la retirada o la desactivación de un único sensor o accionador del sistema PCD no impida el diagnóstico dentro del período de tiempo requerido para los fallos mencionados en los punto 6.1 y 8.1, letra a) (sistema redundante), no será necesaria la activación del sistema de alerta ni el almacenamiento de la información sobre la activación del sistema de alerta, a menos que haya fallos de otros sensores o accionadores confirmados y activos.

9. **Requisitos de demostración**

9.1. Información general

Durante la homologación de tipo UE se demostrará que se cumplen los requisitos del presente apéndice, realizando, como se ilustra en el cuadro 4.6 y se especifica en la presente sección 9, una demostración de la activación del sistema de alerta.

Cuadro 4.6

Ilustración del contenido del proceso de demostración de conformidad con el punto 9.3

Mecanismo	Elementos de demostración
Activación del sistema de alerta especificada en el punto 4.4	— Dos ensayos de activación (incluida la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda

▼B

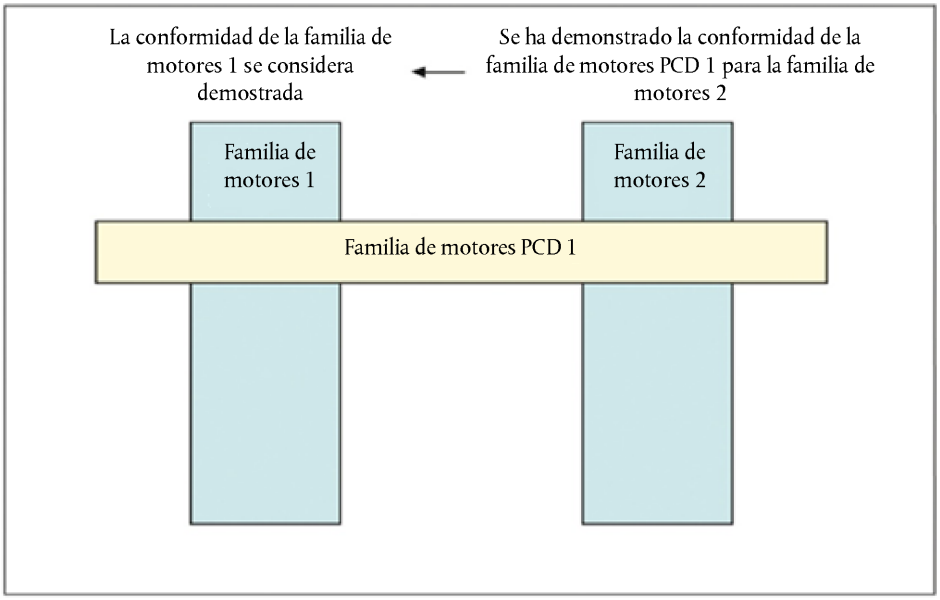
9.2. Familias de motores y familias de motores PCD

▼M2

9.2.1. En caso de que los motores de una familia pertenezcan a una familia de motores PCD que ya haya sido homologada de tipo UE con arreglo al punto 2.3.6 (figura 4.8), se considerará demostrada la conformidad de dicha familia de motores sin realizar más ensayos, siempre que el fabricante demuestre a la autoridad que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente apéndice son similares dentro de la familia de motores y la familia de motores PCD de que se trate.

Figura 4.8

Conformidad previamente demostrada de una familia de motores PCD



▼B

9.3. Demostración de la activación del sistema de alerta

9.3.1. La conformidad de la activación del sistema de alerta se demostrará realizando dos ensayos: pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas y una categoría de fallo contemplado en el punto 6 o en el punto 8.3 del presente anexo.

9.3.2. Selección de los fallos que se someterán a ensayo

9.3.2.1. El fabricante proporcionará a la autoridad de homologación una lista con tales fallos potenciales.

9.3.2.2. El fallo que vaya a considerarse en el ensayo será seleccionado por la autoridad de homologación a partir de la lista contemplada en el punto 9.3.2.1.

9.3.3. Demostración

9.3.3.1. A efectos de esta demostración, se realizarán ensayos separados para la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas del punto 8.2 y para los fallos de los puntos 6 y 8.3. La pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas se realizará retirando completamente el sustrato de la carcasa de dicho sistema.

9.3.3.2. Durante un ensayo no deberá haber ningún fallo distinto del fallo objeto del ensayo.

▼B

9.3.3.3. Antes de comenzar un ensayo deberán haberse borrado todos los DTC.

9.3.3.4. A petición del fabricante y con el consentimiento de la autoridad de homologación, podrán simularse los fallos objeto de ensayo.

9.3.3.5. Detección de los fallos

9.3.3.5.1. El sistema PCD responderá a la introducción de un fallo seleccionado según proceda por la autoridad de homologación de conformidad con las disposiciones del presente apéndice. Se considera que ello queda demostrado si la activación tiene lugar dentro del número de ciclos de ensayo consecutivos del sistema PCD que figura en el cuadro 4.7.

Cuando en la descripción de la supervisión se haya especificado que un dispositivo de supervisión específico necesita más ciclos de ensayo del sistema PCD de los indicados en el cuadro 4.7 para completar su tarea, y la autoridad de homologación haya dado su consentimiento, el número de ciclos de ensayo del sistema PCD podrá aumentarse hasta el 50 %.

Cada ciclo de ensayo individual del sistema PCD en el contexto del ensayo de demostración podrá estar separado por una parada del motor. En el período de tiempo hasta el arranque siguiente se tendrá en cuenta cualquier supervisión que pueda producirse después de la parada del motor y cualquier situación que sea necesaria para que tenga lugar la supervisión en el arranque siguiente.

Cuadro 4.7

Número de ciclos de ensayo del sistema PCD en los que se almacenará un DTC «confirmado y activo»

Tipo de supervisión	Número de ciclos de ensayo del sistema PCD en los que se almacenará un DTC «confirmado y activo»
Retirada del sistema de postratamiento de partículas	2
Pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas	8
Fallos del sistema PCD	2

9.3.3.6. Ciclo de ensayo del sistema PCD

9.3.3.6.1. El ciclo de ensayo del sistema PCD considerado en la presente sección 9 para demostrar el rendimiento correcto del sistema de supervisión del sistema de postratamiento de partículas es el ciclo NRTC de arranque en caliente para los motores de las subcategorías NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 y NRE-v-6 y el NRSC aplicable para todas las demás categorías.

9.3.3.6.2. A petición del fabricante, y previa autorización de la autoridad de homologación, podrá utilizarse un ciclo alternativo de ensayo del sistema PCD (p. ej., distinto del NTRC o el NRSC) para un dispositivo de supervisión específico. La solicitud incluirá elementos (consideraciones técnicas, simulación, resultados de ensayo, etc.) que demuestren:

▼M2

a) que se obtienen los resultados del ciclo de ensayo requeridos en un dispositivo de supervisión que funcione en condiciones reales, y

▼B

b) que el ciclo de ensayo del sistema PCD aplicable especificado en el punto 9.3.3.6.1 es menos apropiado para la supervisión en cuestión.

9.3.3.7. Configuración de la demostración de la activación del sistema de alerta

9.3.3.7.1. La demostración de la activación del sistema de alerta se realizará mediante ensayos sobre un banco de ensayo de motores.

9.3.3.7.2. Cualquier componente o subsistema no instalado físicamente en el motor (entre otros, los sensores de la temperatura ambiente, los sensores de nivel o los sistemas de alerta al operador y de información) que sea necesario para realizar las demostraciones se conectará al motor para tal fin, o se simulará, a satisfacción de la autoridad de homologación.

9.3.3.7.3. Previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá decidir que los ensayos de demostración se realicen, no obstante lo dispuesto en el punto 9.3.3.7.1 en una máquina móvil no de carretera completa, bien colocándola en un banco de ensayo adecuado, o bien haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

9.3.4. Se considerará demostrada la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme al punto 9.3.3, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada y el DTC correspondiente al fallo seleccionado tiene el estatus de «confirmado y activo».

9.3.5. Cuando un sistema de postratamiento de partículas que utilice un reactivo esté sujeto a un ensayo de demostración por pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas o retirada del sistema de postratamiento de partículas, se confirmará también que se ha interrumpido la dosificación del reactivo.

▼M2

9.3.6. Documentación de la demostración

9.3.6.1. Un informe de demostración documentará la demostración del sistema PCD. Dicho informe:

a) contendrá los fallos examinados;

b) describirá la demostración realizada, incluyendo el ciclo de ensayo aplicable;

c) confirmará que se activaron las alertas aplicables como se exige en el presente Reglamento;

d) se incluirá en el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

▼B

ANEXO V

Mediciones y ensayos relativos al área asociada al ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera

1. **Requisitos generales**

El presente anexo se aplicará a los motores controlados electrónicamente de las categorías NRE, NRG, IWP, IWA y RLR que cumplan los límites de emisiones de la fase V que figuran en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad de combustible y el momento de inyectarlo o para activar, desactivar o modular el sistema de control de emisiones utilizado para reducir los NO_x.

▼M2

El presente anexo establece los requisitos técnicos relativos al área asociada al NRSC pertinente, en el que se controla el nivel de exceso de los límites de emisiones permitido con arreglo al anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628.

Cuando se somete a ensayo un motor con arreglo a los requisitos de la sección 4, las emisiones de gases y partículas contaminantes muestreadas en cualquier punto seleccionado aleatoriamente dentro del área de control aplicable establecida en la sección 2 no excederán de los valores límite de emisiones aplicables del anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628 multiplicados por un factor de 2,0.

▼B

En la sección 3 figura la selección, por parte del servicio técnico, de los puntos de medición adicionales del área de control durante el ensayo de emisiones realizado en el banco de ensayo, con el fin de demostrar que se cumplen los requisitos de la presente sección 1.

▼M3

El fabricante podrá solicitar que el servicio técnico excluya los puntos de funcionamiento de cualquier área de control establecida en la sección 2 durante la demostración contemplada en la sección 3. El servicio técnico accederá a la exclusión solicitada, previo acuerdo de la autoridad de homologación, si el fabricante puede demostrar que el motor nunca puede funcionar en esos puntos cuando se utiliza en cualquier combinación de máquinas móviles no de carretera.

▼M2

En las instrucciones de instalación facilitadas por el fabricante al OEM de conformidad con el anexo XIV se identificarán los límites superior e inferior del área de control aplicable y se incluirá una declaración que aclare que el OEM no instalará el motor de manera que lo fuerce a funcionar permanentemente solo en combinaciones de régimen y de par situadas fuera del área de control de la curva del par correspondiente al tipo de motor o la familia de motores homologados.

▼B

2. **Área de control del motor**

El área de control aplicable para realizar el ensayo del motor será el área identificada en la presente sección 2 que corresponda al NRSC aplicable al motor que está siendo objeto de ensayo.

2.1. Área de control de los motores sometidos a ensayo en el ciclo C1 del NRSC

Estos motores funcionan con régimen y carga variables. Son aplicables diferentes exclusiones del área de control en función de la (sub)categoría del motor y su régimen de funcionamiento.

▼B

2.1.1. Motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima ≥ 19 kW, motores de régimen variable de la categoría IWA con potencia neta máxima ≥ 300 kW, motores de régimen variable de la categoría RLR y motores de régimen variable de la categoría NRG.

El área de control (véase la figura 5.1) se define de la manera siguiente:

límite de par superior: curva de par con carga plena;

intervalo de regímenes: régimen A a n_{hi};

donde:

régimen A = $n_{lo} + 0{,}15 \cdot (n_{hi} - n_{lo})$;

n_{hi} = régimen alto [véase el artículo 1, punto 12,

n_{lo} = régimen bajo [véase el artículo 1, punto 13

Las siguientes condiciones de funcionamiento del motor se excluirán del ensayo:

a) los puntos situados por debajo del 30 % del par máximo;

b) los puntos situados por debajo del 30 % de la potencia neta máxima.

Si el régimen A medido del motor se sitúa dentro del ± 3 % del régimen declarado por el fabricante, se utilizarán los regímenes declarados. Si se supera la tolerancia en cualquiera de los regímenes de ensayo, se utilizarán los regímenes medidos.

Los puntos de ensayo intermedios dentro del área de control se determinarán de la manera siguiente:

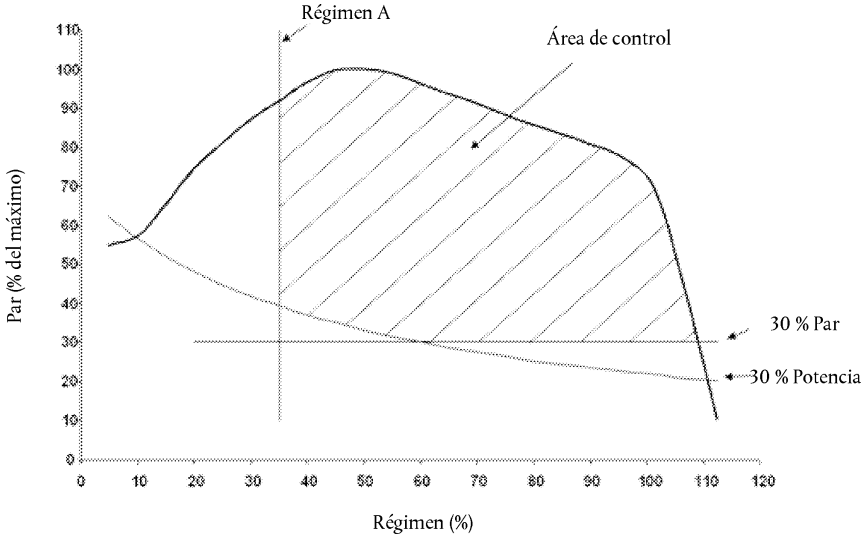
%par = % del par máximo;

$$\text{Régimen (\%)} = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\%} - n_{idle})} \cdot 100;$$

donde: es el 100 % del régimen del ciclo de ensayo correspondiente.

Figura 5.1

Área de control de los motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima ≥ 19 kW, los motores de régimen variable de la categoría IWA con potencia neta máxima ≥ 300 kW y los motores de régimen variable de la categoría NRG



▼B

2.1.2. Motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima < 19 kW y motores de régimen variable de la categoría IWA con potencia neta máxima < 300 kW

Se aplicará el área de control especificada en el punto 2.1.1, pero sin la exclusión adicional de las condiciones de funcionamiento del motor que figuran en el presente punto y se ilustran en las figuras 5.2 y 5.3:

a) solo para partículas, si el régimen C se sitúa por debajo de 2 400 r/min, los puntos situados a la derecha o debajo de la línea que conecta los puntos del 30 % del par máximo o el 30 % de la potencia neta máxima, si esta cifra es superior, al régimen B y del 70 % de la potencia neta máxima al régimen alto;

b) solo para partículas, si el régimen C se sitúa en 2 400 r/min o por encima, los puntos situados a la derecha de la línea que conecta los puntos del 30 % del par máximo o el 30 % de la potencia neta máxima, si esta cifra es superior, al régimen B, del 50 % de la potencia neta máxima a 2 400 r/min y del 70 % de la potencia neta máxima al régimen alto,

donde:

régimen B = n_{lo} + 0,5 × (n_{hi} — n_{lo})

régimen C = n_{lo} + 0,75 × (n_{hi} — n_{lo})

n_{hi} = régimen alto [véase el artículo 1, punto 12],

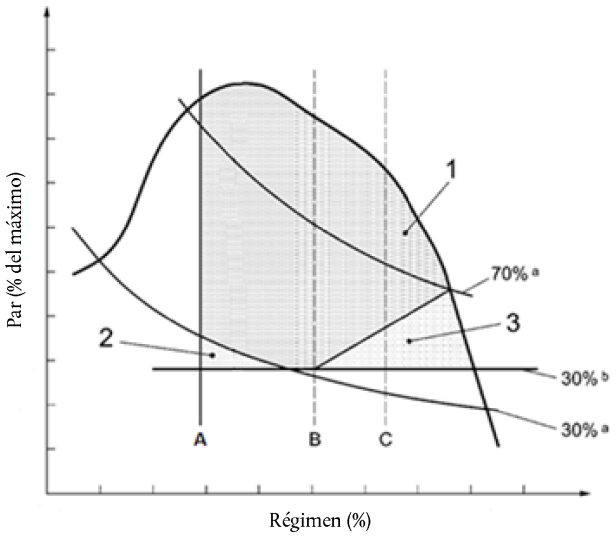
n_{lo} = régimen bajo [véase el artículo 1, punto 13].

Si los regímenes A, B y C medidos del motor se sitúan dentro del ± 3 % del régimen declarado por el fabricante, se utilizarán los regímenes declarados. Si se supera la tolerancia en cualquiera de los regímenes de ensayo, se utilizarán los regímenes medidos.

▼M2

Figura 5.2

Área de control de los motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima < 19 kW y los motores de régimen variable de la categoría IWA con potencia neta máxima < 300 kW, con régimen C < 2 400 rpm



▼M2

Leyenda

1. Área de control del motor

2. Exclusión de todas las emisiones

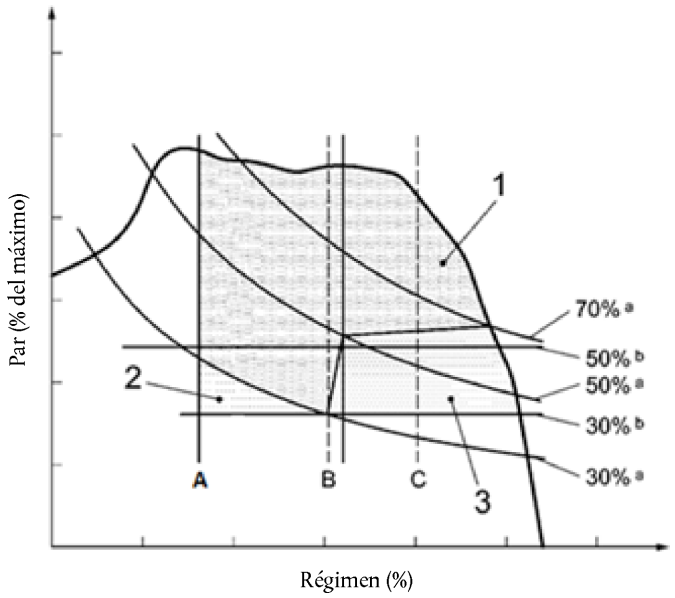
3. Exclusión de PM

[a] % de la potencia neta máxima

[b] % del par máximo

Figura 5.3

Área de control de los motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima < 19 kW y los motores de régimen variable de la categoría IWA con potencia neta máxima < 300 kW, con régimen C ≥ 2 400 rpm



Leyenda

1. Área de control del motor

2. Exclusión de todas las emisiones

3. Exclusión de PM

[a] % de la potencia neta máxima

[b] % del par máximo

▼B

2.2. Área de control de los motores sometidos a ensayo en los ciclos D2, E2 y G2 del NRSC

Estos motores funcionan principalmente muy cerca de su régimen de funcionamiento nominal, por lo que el área de control queda definida de la manera siguiente:

régimen: 100 %

intervalo del par: 50 % al par correspondiente a la potencia máxima

▼B

2.3. Área de control de los motores sometidos a ensayo en el ciclo E3 del NRSC

Estos motores funcionan principalmente ligeramente por encima y por debajo de una curva de hélice de paso fijo. El área de control está relacionada con la curva de hélice y sus límites están determinados por exponentes de ecuaciones matemáticas. El área de control se define de la manera siguiente:

límite del régimen inferior: $0{,}7 \times n_{100\ \%}$

curva del límite superior: $\%potencia = 100 \times (\%régimen/90)^{3{,}5}$;

curva del límite inferior: $\%potencia = 70 \times (\%régimen/100)^{2{,}5}$;

límite de la potencia superior: curva de la potencia de carga plena

límite del régimen superior: régimen máximo permitido por el regulador

donde:

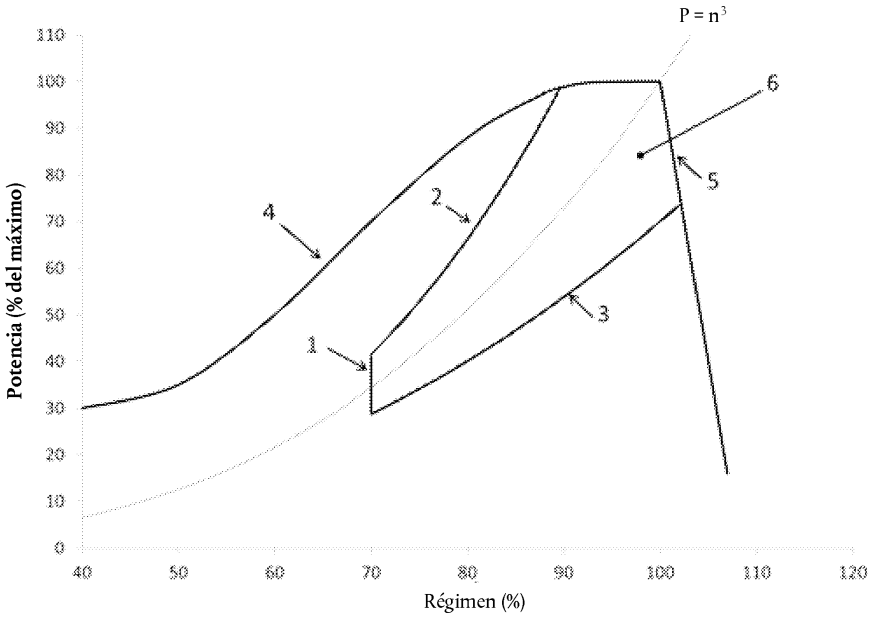
%potencia es el porcentaje de la potencia neta máxima

%régimen es el porcentaje de de

es el 100 % del régimen del ciclo de ensayo correspondiente.

Figura 5.4

Área de control de los motores sometidos a ensayo en el ciclo E3 del NRSC



Leyenda:

1 Límite del régimen inferior

2 Curva del límite superior

3 Curva del límite inferior

4 Curva de la potencia de carga plena

5 Curva del régimen máximo del regulador

6 Área de control del motor

▼B

3. **Requisitos de demostración**

El servicio técnico seleccionará aleatoriamente los puntos de carga y régimen del área de control que se van a someter a ensayo. En el caso de los motores contemplados en el punto 2.1, se seleccionarán hasta tres puntos. En el caso de los motores contemplados en el punto 2.2, se seleccionará un punto. En el caso de los motores contemplados en los puntos 2.3 y 2.4, se seleccionarán hasta dos puntos. El servicio técnico también determinará el orden aleatorio de ejecución de los puntos de ensayo. El ensayo se ejecutará de conformidad con los requisitos principales del NRSC, pero se evaluarán por separado los distintos puntos de ensayo.

▼M2

3.1. Para las selecciones aleatorias del punto 3, se utilizarán métodos estadísticos de aleatorización reconocidos.

▼B

4. **Requisitos de ensayo**

▼M2

El ensayo se realizará inmediatamente después del NRSC aplicable, de la manera siguiente:

a) el ensayo de los puntos de par y de régimen seleccionados aleatoriamente se realizará, bien inmediatamente después de la secuencia de ensayo NRSC en modo discreto, como se describe en las letras a) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo VI, pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo de la letra f), o bien después de la secuencia de ensayo del ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera modal con aumentos de las letras a) a d) del punto 7.8.2.3 del anexo VI, pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo de la letra e), según corresponda;

▼B

b) los ensayos se realizarán conforme a los requisitos de las letras b) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo VI, utilizando el método de filtros múltiples (un filtro para cada punto de ensayo) para cada uno de los puntos de ensayo elegidos de conformidad con la sección 3;

c) se calculará un valor de emisiones específico (en g/kWh o #/kWh, según proceda) para cada punto de ensayo;

d) los valores de las emisiones podrán calcularse sobre una base másica, con arreglo a la sección 2 del anexo VII, o sobre una base molar, con arreglo a la sección 3 de ese mismo anexo, pero en coherencia con el método utilizado para el ensayo NRSC o RMC en modo discreto;

▼M2

e) para los cálculos de la suma de gases y PN, en su caso, N_{mode} en las ecuaciones (7-64) o (7-131) y (7-178) se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1;

f) para los cálculos de PM, se utilizará el método de filtros múltiples; para los cálculos de la suma, N_{mode} en las ecuaciones (7-67) o (7-134) se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1.

5. **Regeneración**

En caso de que un evento de regeneración ocurra durante el procedimiento que figura en el punto 4 o inmediatamente antes, una vez finalizado dicho procedimiento el ensayo podrá quedar invalidado a petición del fabricante, independientemente de la causa de la regeneración. En este caso, se repetirá el ensayo. Se utilizarán los mismos puntos de par y de régimen, aunque podrá cambiarse el orden de ejecución. No se considerará necesario repetir los puntos de par y de régimen para los que ya se haya obtenido un resultado de aceptación. Para la repetición del ensayo, se utilizará el procedimiento siguiente:

▼**M2**

a) el motor se pondrá en funcionamiento de manera que se garantice que se ha completado el evento de regeneración y, en su caso, que se ha restablecido la carga de hollín del sistema de postratamiento de partículas;

b) el procedimiento de calentamiento del motor se ejecutará de conformidad con el punto 7.8.1.1 del anexo VI;

c) el procedimiento de ensayo que figura en el punto 4 se repetirá a partir de la fase contemplada en el punto 4, letra b).

▼B

ANEXO VI

Realización de los ensayos de emisiones y requisitos de los equipos de medición

▼M2

1. **Introducción**

El presente anexo describe el método de determinación de las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes del motor que se va a someter a ensayo y las especificaciones relacionadas con los equipos de medición. A partir de la sección 6, la numeración del presente anexo es coherente con la del Reglamento técnico mundial n.º 11 ([1]) (GTR 11) y la del Reglamento n.º 96, serie de enmiendas 04 ([2]), anexo 4B, de la CEPE. Sin embargo, algunos puntos del GTR 11 no son necesarios en el presente anexo o están modificados de acuerdo con el progreso técnico.

▼B

2. **Resumen general**

El presente anexo contiene las siguientes disposiciones técnicas necesarias para realizar los ensayos de emisiones. Las disposiciones complementarias se enumeran en el punto 3.

— Sección 5: Requisitos de funcionamiento, incluida la determinación de los regímenes de ensayo

— Sección 6: Condiciones de ensayo, incluidos el método de cálculo de las emisiones de gases del cárter y el método de determinación y cálculo de la regeneración continua e infrecuente de los sistemas de postratamiento de los gases de escape.

— Sección 7: Procedimientos de ensayo, incluidos el procedimiento de cartografía de los motores, la generación del ciclo de ensayo y el procedimiento de realización del ciclo de ensayo.

— Sección 8: Procedimientos de medición, incluidas las comprobaciones de calibración y resultados de los instrumentos y la validación del instrumento para el ensayo.

— Sección 9: Equipos de medición, incluidos los instrumentos de medición, los procedimientos de dilución, los procedimientos de muestreo y los gases analíticos y las normas relativas a la masa.

— Apéndice 1: Procedimiento de medición del número de partículas (PN, en sus siglas en inglés)

3. **Anexos relacionados**

— Evaluación y cálculo de los datos:	anexo VII
— Procedimientos de ensayo para motores de combustible dual:	anexo VIII
— Combustibles de referencia:	anexo IX
— Ciclos de ensayo:	anexo XVII

([1]) Reglamento técnico mundial n.º 11, sobre las emisiones de motores procedentes de tractores agrícolas y forestales y de máquinas móviles no de carretera, en el marco del Registro mundial creado el 18 de noviembre de 2004 con arreglo al artículo 6 del Acuerdo sobre el establecimiento de reglamentos técnicos mundiales aplicables a los vehículos de ruedas y a los equipos y piezas que puedan montarse o utilizarse en esos vehículos.

([2]) Reglamento n.º 96 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas: Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los motores de encendido por compresión (EC) con los que se equipen los tractores agrícolas y forestales y máquinas móviles no de carretera en lo que respecta a las emisiones de contaminantes por el motor.

▼B

4. **Requisitos generales**

Los motores que se someterán a ensayo deberán cumplir los requisitos de funcionamiento establecidos en la sección 5 siempre que se prueben de conformidad con las condiciones de ensayo establecidas en la sección 6 y con los procedimientos de ensayo establecidos en la sección 7.

5. **Requisitos de funcionamiento**

5.1. Emisiones de gases y partículas contaminantes y de CO_2 y NH_3

Los contaminantes están representados por:

a) Óxidos de nitrógeno, NO_x;

b) Hidrocarburos, expresados como hidrocarburos totales, HC o THC;

c) Monóxido de carbono, CO;

d) Partículas, PM;

e) Número de partículas, PN.

▼M2

Los valores medidos de gases y partículas contaminantes y de CO_2 emitidos por el motor se refieren a las emisiones específicas del freno en gramos por kilovatio-hora (g/kWh), o en número por kilovatio-hora (#kWh) para el PN.

Los gases y partículas contaminantes que deberán medirse serán aquellos para los que se apliquen valores límite a la subcategoría de motores que se somete a ensayo con arreglo al anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628. Los resultados, que incluirán:

a) las emisiones del cárter determinadas de conformidad con la sección 6.10, cuando proceda;

b) los factores de ajuste por regeneración infrecuente del sistema de postratamiento determinados de conformidad con la sección 6.6, cuando proceda; y,

c) como última etapa del cálculo, el factor de deterioro determinado de conformidad con el anexo III,

no superarán los valores límite aplicables.

Se medirá y comunicará el CO_2 de todas las subcategorías de motores de conformidad con lo dispuesto en el artículo 43, apartado 4, del Reglamento (UE) 2016/1628.

▼B

Asimismo, tal como se requiere de conformidad con lo dispuesto en el anexo IV, sección 3, siempre que las medidas de control de NO_x que forman parte del sistema de control de las emisiones del motor incluyan el uso de un reactivo se medirá también la emisión media de amoniaco (NH_3), que no superará los valores establecidos en la presente sección.

Las emisiones se determinarán en los ciclos de ensayo (ciclos de ensayo de estado continuo y/o transición), como se describe en la sección 7 y en el anexo XVII. Los sistemas de medición se someterán a las comprobaciones de calibración y resultados establecidas en la sección 8 con el equipo de medición descrito en la sección 9.

▼B

El organismo de homologación podrá autorizar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes con arreglo al punto 5.1.1. Los resultados se calcularán con arreglo a los requisitos del anexo VII.

5.1.1. Equivalencia

La determinación de la equivalencia del sistema se basará en un estudio correlacional de siete pares de muestras (o más) del sistema que está siendo examinado y uno de los sistemas del presente anexo. Los «resultados» se refieren al valor ponderado de las emisiones de ese ciclo en particular. El ensayo correlacional tendrá lugar en el mismo laboratorio y la misma celda de ensayo, y con el mismo motor, y es preferible efectuarlo simultáneamente. La equivalencia de las medias de los pares de muestras se determinará mediante las estadísticas de los ensayos F y los ensayos t, tal como se describen en el anexo VII, apéndice 3, obtenidas en las condiciones de laboratorio, de celda de ensayo y de motor mencionadas. Los valores extremos se determinarán conforme a la norma ISO 5725 y se excluirán de la base de datos. Los sistemas que se utilicen para el ensayo correlacional estarán sujetos a la aprobación del organismo de homologación.

5.2. Requisitos generales de los ciclos de ensayo

5.2.1. El ensayo de homologación de tipo UE se llevará a cabo mediante el NRSC (ciclo continuo no de carretera, en sus siglas en inglés) adecuado, y, en su caso, el NRTC (ciclo transitorio no de carretera, en sus siglas en inglés) o LSI-NRTC (grandes motores de encendido por chispa-ciclo transitorio no de carretera, en sus siglas en inglés) especificados en el artículo 24 y el anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628.

5.2.2. Las especificaciones y características técnicas del NRSC están recogidas en el anexo XVII, apéndice 1 (NRSC de modo discreto) y apéndice 2 (NRSC modal con aumentos). A elección del fabricante, el ensayo NRSC se puede realizar como NRSC de modo discreto o, si está disponible, como NRSC modal con aumentos («RMC», en sus siglas en inglés) como se describe en el punto 7.4.1.

5.2.3. El anexo XVII, apéndice 3 contiene las especificaciones y características técnicas del NRTC y el LSI-NRTC.

5.2.4. Los ciclos de ensayo especificados en el punto 7.4 y en el anexo XVII se articulan en torno a los porcentajes de par máximo o potencia y los regímenes de ensayo que deben determinarse para el correcto funcionamiento de los ciclos de ensayo:

a) régimen 100 % [régimen de ensayo máximo o régimen nominal];

b) régimen/regímenes intermedio(s) como especifica el punto 5.2.5.4;

c) régimen de ralentí, como especifica el punto 5.2.5.5.

La determinación de los regímenes de ensayo se establece en el punto 5.2.5; el uso de par y potencia, en el punto 5.2.6.

5.2.5. Regímenes de ensayo

5.2.5.1. Régimen de ensayo máximo (MTS, en sus siglas en inglés)

El régimen de ensayo máximo (MTS) se calculará de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.2.5.1.1. o el punto 5.2.5.1.3.

▼**M2**

5.2.5.1.1. Cálculo del MTS

Para calcular el MTS, el procedimiento de cartografía transitorio se llevará a cabo de conformidad con el punto 7.4. A continuación, se determina el MTS a partir de los valores cartografiados del régimen del motor en relación con su potencia. El MTS se calculará mediante una de las opciones siguientes:

a) cálculo basado en los valores de régimen bajo y régimen alto

$$MTS = n_{lo} + 0{,}95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (6\text{-}1)$$

donde:

n_{hi} es el régimen alto definido en el artículo 1, punto 12,

n_{lo} es el régimen bajo definido en el artículo 1, punto 13;

b) cálculo basado en el método del vector más largo

$$MTS = n_{\ i} \quad (6\text{-}2)$$

donde:

n_i es la media de los regímenes más bajos y más altos en los que $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ es igual al 98 % del valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$

cuando solo haya un régimen en el que el valor $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ sea igual al 98 % del valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$:

$$MTS = n_i \quad (6\text{-}3)$$

donde:

n_i es el régimen al que se produce el valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$

donde:

n es el régimen del motor

i es una variable de indexación que representa un valor registrado de la cartografía de un motor

n_{normi} es el régimen de un motor, normalizado dividiéndolo por $n_{P_{max}}$

P_{normi} es la potencia de un motor, normalizada dividiéndola por P_{max}

$n_{P_{max}}$ es la media de los regímenes más bajos y más altos en los que la potencia es igual al 98 % de P_{max}

Se utilizará interpolación lineal entre los valores cartografiados para determinar:

i) los regímenes en los que la potencia es igual al 98 % de P_{max} (en caso de que solo haya un régimen en el que la potencia sea igual al 98 % de P_{max}, $n_{P_{max}}$ n_{Pmax} será el régimen al que tenga lugar P_{max}),

▼M2

ii) los regímenes en los que ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) es igual al 98 % del valor máximo de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$).

▼B

5.2.5.1.2. Uso de un régimen de ensayo máximo (MTS) declarado

Si el MTS calculado de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.2.5.1.1 o 5.2.5.1.3 está dentro de ± 3 % del MTS declarado por el fabricante, podrá utilizarse el MTS declarado para el ensayo de emisiones. Si se rebasa el límite de tolerancia, será el MTS medido el que se utilice para el ensayo de emisiones.

5.2.5.1.3. Uso de un MTS ajustado

Si la pendiente de la parte descendente de la curva de plena carga es muy pronunciada, podrá haber problemas para manejar correctamente el 105 % de los regímenes del NRTC. En este caso, previo acuerdo del servicio técnico, se podrá utilizar un valor MTS alternativo determinado mediante uno de los métodos siguientes:

a) el MTS puede estar ligeramente reducido (máximo un 3 %) a fin de facilitar el correcto manejo del NRTC;

b) Cálculo de un MTS alternativo mediante la ecuación (6-4):

$$MTS = [(n_{max} — n_{idle})/1{,}05] + n_{idle} \quad (6\text{-}4)$$

donde:

n_{max} = es el régimen del motor al que la función de regulación del motor controla el régimen del motor con la demanda del operador al máximo y aplicando una carga cero («régimen máximo sin carga»)

n_{idle} = es el régimen de ralentí

5.2.5.2. Régimen nominal

▼M2

El régimen nominal se define en el artículo 3, punto 29, del Reglamento (UE) 2016/1628. Para los motores de régimen variable sujetos a un ensayo de emisiones distintos de los sometidos a un NRSC de régimen constante definido en el artículo 1, punto 31, del presente Reglamento el régimen nominal se determinará mediante el procedimiento de cartografía aplicable establecido en el punto 7.6 del presente anexo. Para los motores de régimen variable sometidos a un NRSC de régimen constante, el fabricante declarará el régimen nominal de conformidad con las características del motor. Para los motores de régimen constante, el fabricante declarará el régimen nominal de conformidad con las características del regulador. Siempre que un tipo de motor equipado con regímenes alternativos permitidos por el artículo 3, punto 21, del Reglamento (UE) 2016/1628 esté sujeto a un ensayo de emisiones, se declarará y ensayará cada uno de los regímenes alternativos.

▼B

En caso de que el régimen nominal determinado mediante el procedimiento de cartografía del punto 7.6 no exceda de ± 150 rpm del valor declarado por el fabricante para los motores de categoría NRS suministrados con regulador, o de ± 350 rpm o ± 4 % para los motores de categoría NRS sin regulador, el que sea más bajo, o

▼B

de ± 100 rpm para todas las demás categorías de motores, podrá utilizarse el valor declarado. Si se rebasa el límite de tolerancia, se utilizará el régimen nominal determinado mediante el procedimiento de cartografía.

▼M2

Para los motores de categoría NRSh, el 100 % del régimen de ensayo deberá mantenerse dentro de un margen de ± 350 rpm del régimen nominal declarado por el fabricante.

▼B

Opcionalmente, puede utilizarse el MTS en vez del régimen nominal en cualquier ciclo de ensayo en estado continuo.

5.2.5.3. Régimen de par máximo para motores de régimen variable

▼M2

Cuando sea necesario, el régimen de par máximo determinado a partir de la curva del par máximo establecida mediante el procedimiento de cartografía del motor aplicable del punto 7.6.1 o el punto 7.6.2 será uno de los siguientes:

▼B

a) el régimen al que se haya registrado el valor ás alto del par, o bien

b) la media de los regímenes más bajos y más altos en los que el par es igual al 98 % del valor máximo del par. En su caso se utilizará la interpolación lineal para determinar los regímenes a los que el valor de par es igual al 98 % del valor de par máximo.

Si el régimen de par máximo determinado a partir de la curva del par máximo es de ± 4 % del régimen de par máximo declarado por el fabricante para ►M2 los motores de la categoría NRS ◄, o ± 2,5 % del régimen de par máximo declarado por el fabricante para los motores de todas las demás categorías, el valor declarado podrá utilizarse a efectos del presente Reglamento. Si se rebasa el límite de tolerancia, se utilizará el régimen de par máximo determinado mediante la curva del par máximo.

5.2.5.4. Régimen intermedio

El régimen intermedio deberá cumplir uno de los siguientes requisitos:

a) Para los motores destinados a funcionar en un determinado intervalo de regímenes, en una curva de par a plena carga, el régimen intermedio será el régimen de par máximo declarado si este se encuentra entre el 60 % y el 75 % del régimen nominal;

b) si el régimen del par máximo es inferior al 60 % del régimen nominal, el régimen intermedio será el 60 % del régimen nominal;

c) si el régimen del par máximo es superior al 75 % del régimen nominal, el régimen intermedio será el 75 % del régimen nominal; si el motor solo funciona a regímenes superiores a un 75 % del régimen nominal, el régimen intermedio será equivalente al régimen más bajo al que pueda funcionar el motor;

▼B

d) Para los motores que no están destinados a funcionar dentro de un determinado intervalo de regímenes, en una curva de par a plena carga en condiciones de estado continuo, el régimen intermedio estará entre el 60 % y el 70 % del régimen nominal.

e) Para los motores que deben someterse a ensayo en el ciclo G1, excepto en el caso de los motores de categoría ATS, el régimen intermedio será igual al 85 % del régimen nominal.

f) Para los motores de categoría ATS que deben someterse a ensayo en el ciclo G1, el régimen intermedio será igual al 60 % o el 85 % del régimen nominal, en función del porcentaje más cercano al régimen de par máximo real.

Si se utiliza el MTS en vez del régimen nominal para el 100 % del régimen de ensayo, MTS también sustituirá el régimen nominal en la deerminación del régimen intermedio.

5.2.5.5. Régimen de ralentí

El régimen de ralentí es el régimen más bajo del motor con carga mínima (superior o igual a la carga cero), en que una función de regulación del motor controla el régimen del motor. En los motores que carezcan de función de regulación que controle el régimen de ralentí, el régimen de ralentí será el valor del régimen del motor más bajo posible con carga mínima declarado por el fabricante. Téngase en cuenta que el régimen de ralentí en caliente es el régimen de ralentí de un motor caliente.

5.2.5.6. Régimen de ensayo para motores de régimen constante

Los reguladores de los motores de régimen constante no pueden mantener siempre un régimen exactamente constante. Normalmente, el régimen puede disminuir del 0,1 % al 10 % por debajo del régimen con carga cero, de manera que el régimen mínimo se alcance cerca del punto de potencia máxima del motor. El régimen de ensayo para motores de régimen constante puede manipularse con el regulador instalado en el motor o mediante la demanda del régimen de banco de pruebas, que representa el regulador del motor.

▼M2

Cuando se utilice el regulador instalado en el motor, el 100 % del régimen será el régimen de regulación del motor definido en el artículo 1, punto 24.

▼B

Cuando se utilice la señal de demanda del régimen del banco de pruebas para estimular el regulador, el 100 % del régimen con carga cero será igual al régimen con carga cero especificado por el fabricante para este ajuste del regulador y el 100 % del régimen con carga completa será igual al régimen nominal para el mismo ajuste del regulador. Se utilizará la interpolación para determinar el régimen para los otros modos de ensayo.

Si el regulador tiene un ajuste de funcionamiento isócrono, o si el régimen nominal y el régimen con carga cero declarados por el fabricante difieren en un 3 % como máximo, podrá utilizarse un único valor declarado por el fabricante para el 100 % del régimen en todos los puntos de carga.

▼B

5.2.6. Par y potencia

5.2.6.1. Par

Las cifras relativas al par procedentes de los ciclos de ensayo son valores porcentuales que representan, para un modo de ensayo determinado, uno de los conceptos siguientes:

a) la relación entre el par necesario y el par máximo posible para el régimen de ensayo especificado (todos los ciclos excepto D2 y E2);

b) la relación entre el par necesario y el par correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante (ciclos D2 y E2).

5.2.6.2. Potencia

Las cifras relativas a la potencia procedentes de los ciclos de ensayo son valores porcentuales que representan, para un modo de ensayo determinado, uno de los conceptos siguientes:

a) para el ciclo de ensayo E3, las cifras relativas a la potencia son valores porcentuales de la máxima potencia neta al 100 % del régimen, puesto que este ciclo se basa en una curva característica de transmisión teórica para buques impulsados por motores de gran potencia sin límite de longitud;

b) para el ciclo de ensayo F, las cifras relativas a la potencia son valores porcentuales de la máxima potencia neta en un determinado régimen de ensayo, excepto para el régimen de ralentí, para el que es igual al porcentaje de la potencia neta máxima al 100 % del régimen.

6. **Condiciones de ensayo**

6.1. Condiciones de ensayo en laboratorio

Se medirán la temperatura absoluta (T_a) del aire del motor en su punto de entrada, expresada en kelvin, y la presión atmosférica seca (p_s), expresada en kPa, y se determinará el parámetro f_a de acuerdo con las disposiciones siguientes y mediante la ecuación (6-5) o (6-6). Si la presión atmosférica se mide en un conducto, se producirán unas pérdidas de presión poco significativas entre la atmósfera y el lugar de la medición y se deberán tomar en consideración los cambios de la presión estática del conducto resultantes del flujo. en el caso de los motores de varios cilindros que posean grupos de colectores distintos, por ejemplo en los motores en «V», se tomará la temperatura media de los distintos grupos. El parámetro fa se notificará con los resultados de ensayo.

Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (6\text{-}5)$$

Motores con turbocompresor, con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (6\text{-}6)$$

6.1.1. Para que el ensayo se considere válido, deben cumplirse las dos condiciones siguientes:

a) f_a debe situarse en el intervalo de $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ excepto lo que se permite en los puntos 6.1.2. y 6.1.4;

▼B

b) la temperatura del aire de admisión se mantendrá a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C), medida antes de cualquier componente del motor, excepto lo que permiten los puntos 6.1.3 y 6.1.4 y lo que requieren los puntos 6.1.5 y 6.1.6.

6.1.2. Si el laboratorio en el que se ensaya el motor está situado a más de 600 m de altitud, previo acuerdo del fabricante, f_a podrá exceder de 1,07 a condición de que p_s no sea inferior a 80 kPa.

6.1.3. Si la potencia del motor sometido a ensayo es mayor de 650 kW, previo acuerdo del fabricante, el valor máximo de la temperatura del aire de admisión podrá exceder de 303 K (30 °C) a condición de que no exceda de 308 K (35 °C).

6.1.4. Si el laboratorio en el que se ensaya el motor está situado a más de 300 m de altitud y la potencia del motor sometido a ensayo excede de 560 kW, previo acuerdo del fabricante, f_a podrá exceder de 1,07 a condición de que p_s no sea inferior a 80 kPa y el valor máximo de la temperatura del aire de admisión podrá exceder de 303 K (30 °C) a condición de que no exceda de 308 K (35 °C).

6.1.5. En el caso de una familia de motores de categoría NRS de menos de 19 kW consistente exclusivamente de tipos de motor utilizados en quitanieves, la temperatura del aire de admisión se mantendrá entre 273 K y 268 K (0 °C y -5 °C).

6.1.6. Para motores de categoría SMB la temperatura del aire de admisión se mantendrá a 263 ± 5 K (-10 ± 5 °C), excepto lo previsto en el punto 6.1.6.1.

6.1.6.1. Para motores de categoría SMB provistos de inyección de combustible controlado electrónicamente que ajusta el flujo de combustible a la temperatura del aire de admisión, el fabricante podrá optar por que la temperatura del aire de admisión se mantenga, alternativamente, a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C).

6.1.7. Está permitido utilizar:

a) un medidor de la presión atmosférica cuyos resultados se usan como la presión atmosférica del conjunto de unas instalaciones de ensayo que dispongan de más de una celda de ensayo dinamométrico, a condición de que el equipo de manipulación del aire de admisión mantenga la presión ambiente, cuando el motor se someta a ensayo, con una tolerancia de ±1 kPa de la presión atmosférica compartida;

b) un dispositivo de medición de la humedad para medir la humedad del aire de admisión de todo un laboratorio que tenga más de una celda de ensayo dinamométrico, a condición de que, cuando el motor se someta a ensayo, el equipo de manipulación del aire de admisión mantenga el punto de rocío, con una tolerancia de ±0,5 K de la medición compartida de la humedad.

6.2. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

▼M2

Se utilizará un sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación cuya capacidad total de aire de admisión sea representativa de la instalación del motor en circulación. El sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación de laboratorio estará diseñado para

▼M2

minimizar la acumulación de condensado. Se purgarán los condensados acumulados y todas las purgas estarán completamente cerradas antes de la realización de los ensayos de emisiones. Durante los ensayos de emisiones, las purgas se mantendrán cerradas. Las condiciones de refrigeración se mantendrán como sigue:

a) durante todo el ensayo se mantendrá una temperatura mínima de 293 K (20 °C) en la entrada del refrigerador del aire de sobrealimentación;

b) al régimen nominal y con carga completa, el caudal de refrigerante deberá regularse de forma que la temperatura del aire se sitúe dentro de un margen de ± 5 K (± 5 °C) respecto del valor designado por el fabricante después de la salida del refrigerador del aire de sobrealimentación. La temperatura de salida del aire se medirá en el punto especificado por el fabricante. Este punto de consigna del caudal de refrigerante se utilizará durante todo el ensayo;

c) si el fabricante del motor especifica límites de pérdida de presión del aire de sobrealimentación que atraviesa el sistema de refrigeración, se comprobará que dicha pérdida respeta los límites especificados en las condiciones del motor especificadas por el fabricante. La pérdida de presión se medirá en los puntos señalados por el fabricante.

▼B

En caso de que, para llevar a cabo el ciclo de ensayo, se utilice el MTS definido en el punto 5.2.5.1 en vez del régimen nominal, dicho régimen podrá utilizarse en vez del régimen nominal para fijar la temperatura del aire de sobrealimentación.

El objetivo es obtener resultados de emisión representativos del funcionamiento. Si las buenas prácticas técnicas indican que las especificaciones de este punto llevarían a un ensayo no representativo (como la sobrerrefrigeración del aire de admisión), para obtener resultados más representativos se podrán utilizar unos puntos de consigna y unos controles más sofisticados de la pérdida de presión del aire de sobrealimentación, la temperatura del refrigerante y el caudal.

6.3. Potencia del motor

▼M2

6.3.1. Base de la medición de emisiones

La base de la medición específica de las emisiones es la potencia neta no corregida, tal como se define en el artículo 3, punto 25, del Reglamento (UE) 2016/1628.

▼B

6.3.2. Accesorios que deberán montarse

Durante el ensayo, se instalarán en el banco de pruebas los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor, con arreglo a los requisitos del apéndice 2.

En caso de que no puedan instalarse los accesorios necesarios para el ensayo, la potencia que absorben se determinará y sustrarerá de la potencia del motor medida.

6.3.3. Accesorios que deberán retirarse

Determinados accesorios, cuya definición está ligada al funcionamiento de la máquina móvil no de carretera y que podrían estar montados en el motor, deberán retirarse para realizar el ensayo.

▼B

Cuando estos accesorios no puedan retirarse, la potencia que absorben sin carga podrá determinarse y sumarse a la potencia del motor medida (véase la nota g del apéndice 2). Si dicho valor es superior al 3 % de la potencia máxima al régimen de ensayo, el servicio técnico podrá verificarlo. ►M2 La potencia que absorben los accesorios se utilizará para adaptar los valores de reglaje y calcular el trabajo producido por el motor durante el ciclo de ensayo de conformidad con el punto 7.7.1.3 o el punto 7.7.2.3, letra b). ◄

▼M2

6.3.4. Determinación de la potencia de los accesorios

Cuando sea aplicable, por lo que respecta a los puntos 6.3.2 y 6.3.3, los valores de la potencia de los accesorios y el método de cálculo/medición para determinar dicha potencia serán facilitados por el fabricante del motor para toda la franja de funcionamiento de los ciclos de ensayo aplicables y aprobados por la autoridad de homologación.

▼B

6.3.5. Trabajo de ciclo del motor

El cálculo del trabajo del ciclo de referencia y el trabajo del ciclo efectivo (véase el punto 7.8.3.4) se basará en la potencia del motor de conformidad con las disposiciones del punto 6.3.1. En este caso, P_f y P_r de la ecuación (6-7) son equivalentes a cero, y P es igual a P_m.

Si los accesorios o el equipo están instalados conforme a los puntos 6.3.2 y/o 6.3.3, la potencia que absorben se utilizará para corregir cada valor instantáneo de la potencia del ciclo $P_{m,i}$ mediante la ecuación (6-8):

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (6\text{-}7)$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (6\text{-}8)$$

donde:

$P_{m,i}$ es la potencia del motor medida, en kW

$P_{f,i}$ es la potencia que absorben los accesorios/el equipo que deberían instalarse para el ensayo pero que no se han instalado, en kW

$P_{r,i}$ es la potencia que absorben los accesorios/el equipo que deberían retirarse para el ensayo pero que permanecieron instalados, en kW

6.4. Aire de admisión del motor

6.4.1. Introducción

Se utilizará el sistema de aire de admisión instalado en el motor o uno representativo de una configuración típica de funcionamiento. Se incluyen la refrigeración del aire de sobrealimentación y la recirculación de los gases de escape (EGR, en sus siglas en inglés).

6.4.2. Restricción de la presión del aire de admisión

Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor o un sistema de laboratorio de ensayo que presente una restricción de la presión del aire de admisión en un intervalo de ±300 Pa respecto al valor máximo especificado por el fabricante para un purificador de aire limpio al régimen nominal y a plena carga. En caso de que ello no fuera posible debido al diseño del sistema de inyección de aire del laboratorio de ensayo, se permitirá una restricción de la presión que no exceda del valor especificado por el fabricante para un filtro utilizado, previa aprobación del servicio técnico. La presión estática diferencial de la restricción de la presión se medirá en el lugar y a los puntos de consigna de régimen y par señalados por el fabricante. Si el fabricante no especifica un lugar, esta presión se medirá antes de cualquier turbocompresor o conexión de la de recirculación de los gases de escape (EGR) al sistema de aire de admisión.

▼B

En caso de que, para llevar a cabo el ciclo de ensayo, en vez del régimen nominal se utilice el MTS definido en el punto 5.2.5.1, podrá utilizarse este régimen en vez del régimen nominal para fijar la restricción de la presión del aire de admisión.

6.5. Sistema de escape del motor

Se utilizará el sistema de escape instalado con el motor o uno representativo de una configuración típica de funcionamiento. El sistema de escape cumplirá los requisitos de muestreo de emisiones de los gases de escape establecidos en el punto 9.3. Se utilizará un sistema de escape del motor o un sistema de laboratorio de ensayo que presente una contrapresión estática de los gases de escape entre el 80 % y el 100 % de la restricción de la presión de los gases de escape máxima a los valores del régimen nominal y con carga completa. La restricción de la presión de los gases de escape podrá fijarse por medio de una válvula. Si la restricción de la presión de los gases de escape máxima es de 5 kPa o menos, el punto de consigna no distará más de 1,0 kPa del máximo. En caso de que, para llevar a cabo el ciclo de ensayo, en vez del régimen nominal se utilice el MTS definido en el punto 5.2.5.1, este régimen podrá utilizarse en vez del régimen nominal para fijar la restricción de la presión de los gases de escape.

6.6. Motor con sistema de postratamiento de las emisiones de escape

Si el motor incluye un sistema de postratamiento de las emisiones de escape que no está instalado directamente en el motor, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que en un punto situado a una distancia equivalente a un mínimo de cuatro veces el diámetro del tubo antes del comienzo de la sección de expansión que contiene el dispositivo de postratamiento. La distancia entre la brida del colector de escape o la salida del turbocompresor y el sistema de postratamiento de las emisiones de escape será la de la configuración de la máquina móvil no de carretera o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. Si el fabricante lo especifica, el tubo se aislará a fin de alcanzar una temperatura de entrada postratamiento conforme a la especificación del fabricante. En caso de que el fabricante especifique otros requisitos de instalación, estos se respetarán asimismo para la configuración del ensayo. La contrapresión de los gases de escape o restricción de la presión se fijará de conformidad con las disposiciones del punto 6.5. En el caso de los dispositivos de postratamiento de los gases de escape con restricción variable de la presión de los gases de escape, la restricción máxima de la presión del gas de escape utilizada en el punto 6.5. se determinará en la condición de postratamiento (nivel de regeneración/suciedad y rodaje/envejecimiento) especificada por el fabricante. El contenedor de postratamiento podrá retirarse durante los ensayos simulados y durante el establecimiento de la cartografía del motor y sustituirse por un contenedor equivalente que incluya un soporte de catalizador inactivo.

Las emisiones medidas en los ciclos de ensayo deberán ser representativas de las emisiones en condiciones de uso reales. En el caso de un motor equipado con un sistema de postratamiento que requiera el consumo de un reactivo, el fabricante determinará el reactivo que se utilizará para todos los ensayos.

Para los motores de categoría NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB y ATS equipados con sistemas de postratamiento de los gases de escape con regeneración infrecuente (periódica), tal como se describe en el punto 6.6.2, los resultados de las emisiones se ajustarán para tomar en consideración las regeneraciones. En ese caso, la emisión media dependerá de la frecuencia de los eventos

▼B

de regeneración, como fracción de los ensayos durante los cuales se produce la regeneración. Los sistemas de postratamiento con un proceso de regeneración que se produce ya sea de manera sostenida o, como mínimo, una vez durante el ciclo de ensayo transitorio aplicable (NRTC o LSI-NRTC) o RMC («regeneración continua»), de conformidad con el punto 6.6.1, no requieren un procedimiento de ensayo particular.

6.6.1. Regeneración continua

Para un sistema de postratamiento de las emisiones de escape basado en un proceso de regeneración continua, las emisiones se medirán en un sistema de postratamiento que haya sido estabilizado de manera que se obtenga un comportamiento relacionado con las emisiones repetible. El proceso de regeneración se producirá, como mínimo, una vez durante el ensayo NRSC, LSI-NRTC o NRTC de arranque en caliente, y el fabricante declarará las condiciones normales en las que se realiza la regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de los gases de escape, etc.). Para demostrar que el proceso de regeneración es continuo, se efectuará un mínimo de tres ensayos de arranque en caliente de los ciclos NRTC, LSI-NRTC o NRSC. En el caso de un NRTC de arranque en caliente, el motor se calentará conforme a lo dispuesto en el punto 7.8.2.1 y se estabilizará térmicamente con arreglo al punto 7.4.2.1, letra b) y el primer NRTC de arranque en caliente.

Los NRTC de arranque en caliente subsiguientes comenzarán tras la estabilización térmica con arreglo al punto 7.4.2.1, letra b). Durante los ensayos, se registrarán las temperaturas y presiones de los gases de escape (temperatura antes y después del sistema de postratamiento de los gases de escape, contrapresión de los gases de escape, etc.). El sistema de postratamiento de los gases de escape se considerará satisfactorio si las condiciones declaradas por el fabricante se producen en el ensayo en un intervalo de tiempo suficiente y los resultados de las emisiones no varían en más de ±25 % o 0,005 g/kWh, el valor que sea mayor.

6.6.2. Regeneración infrecuente

La presente disposición solo se aplica a los motores equipados con un sistema de postratamiento de los gases de escape con regeneración periódica, que se produce generalmente en menos de cien horas de funcionamiento normal del motor. Para estos motores, se determinarán factores aditivos o multiplicativos de ajuste al alza y de ajuste a la baja como como se menciona en el punto 6.6.2.4 («factor de ajuste»).

El ensayo y desarrollo de factores de ajuste solo se requiere para un ciclo de ensayo transitorio (NRTC o LSI-NRTC) aplicable o un RMC. Los factores desarrollados pueden aplicarse a los resultados de los demás ciclos de ensayo aplicables, incluido el modo discreto NRSC.

En caso de que haya factores de ajuste no deseables disponibles procedentes de ensayos que utilizan un ciclo de ensayo transitorio (NRTC o LSI-NRTC) o RMC, los factores de ajuste se establecerán mediante un ensayo NRSC de modo discreto aplicable. Los factores desarrollados mediante un ensayo NRSC de modo discreto solo se aplicarán a los NRSC de modo discreto.

No se requerirá llevar a cabo el ensayo y desarrollo de factores de ajuste, ni en el caso del RMC ni en el del NRSC de modo discreto.

▼B

6.6.2.1. Requisito para fijar factores de ajuste mediante un ensayo NRTC, LSI-NRTC o RMC

Las emisiones se medirán como mínimo en tres ensayos RMC, LSI-NRTC o NRTC de arranque en caliente, uno con evento de regeneración y dos sin dicho evento, en un sistema de postratamiento de los gases de escape estabilizado. El proceso de regeneración se producirá como mínimo una vez durante el ensayo NRTC, LSI-NRSC o RMC con regeneración. Si la regeneración dura más que un ensayo NRTC, LSI-NRTC o RMC, se llevarán a cabo ensayos NRTC, LSI-NRTC o RMC consecutivos, se seguirán midiendo las emisiones sin parar el motor hasta que se complete la regeneración y se calculará la media de los ensayos. Si la regeneración se completa durante un ensayo, este continuará hasta el final.

Se determinará un factor de ajuste adecuado para todo el ciclo aplicable mediante las ecuaciones (6-10) a (6-13).

6.6.2.2. Requisito para fijar factores de ajuste mediante un ensayo NRSC de modo discreto

A partir de un sistema de postratamiento de las emisiones de escape estabilizado, estas se medirán en, como mínimo, tres tandas de cada modo de ensayo NRSC de modo discreto aplicable en el que puedan cumplirse las condiciones de regeneración, uno con evento de regeneración y dos sin este. La medición de partículas se llevará a cabo mediante el método de múltiples filtros descrito en la letra c) del punto 7.8.1.2. Si la regeneración se ha iniciado, pero al final del periodo de muestreo no se ha completado para un modo de ensayo específico, se ha de ampliar el periodo de muestreo hasta que se haya completado la regeneración. En caso de que haya varias tandas para el mismo modo se calculará un resultado medio. La conversión se realizará para cada fase.

Se determinará un factor de ajuste adecuado mediante las ecuaciones (6-10) a (6-13) para los modos del ciclo aplicable en relación con los cuales tiene lugar una regeneración.

6.6.2.3. Procedimiento general para el desarrollo de factores de ajuste de regeneración infrecuente (IRAF, en sus siglas en inglés)

El fabricante declarará las condiciones normales de los parámetros en que se produce el proceso de regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de los gases de escape, etc.). El fabricante también facilitará la frecuencia del evento de regeneración en términos de número de ensayos durante los cuales se produce la regeneración. ►M2 El procedimiento exacto para determinar dicha frecuencia deberá ser aprobado por la autoridad de homologación basándose en buenas prácticas técnicas. ◄

Para un ensayo de regeneración, el fabricante proporcionará un sistema de postratamiento de las emisiones de escape que haya sido cargado. La regeneración no se producirá durante esta fase de acondicionamiento del motor. De forma opcional, el fabricante podrá realizar ensayos consecutivos del ciclo aplicable hasta que se haya cargado el sistema postratamiento de las emisiones de escape. No es necesario medir las emisiones en todos los ensayos.

La media de las emisiones entre las fases de regeneración se determinará a partir de la media aritmética de varios ensayos más o menos equidistantes del ciclo aplicable. Se realizará al menos un ciclo aplicable inmediatamente antes de un ensayo de regeneración y otro ciclo aplicable inmediatamente después del ensayo de regeneración.

▼B

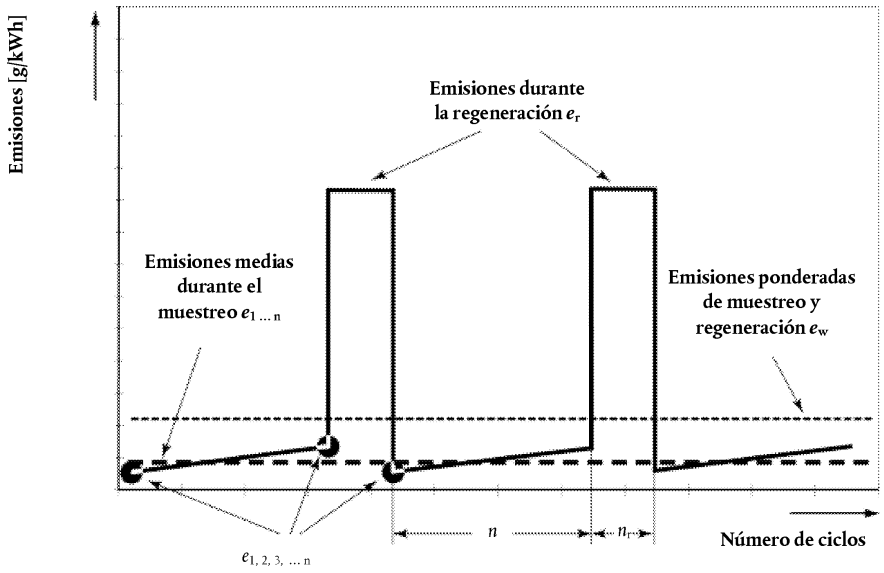
Durante el ensayo de regeneración, se registrarán todos los datos necesarios para detectar la regeneración (emisiones de CO o NO_x, temperatura antes y después del sistema de postratamiento de los gases de escape, contrapresión de los gases de escape, etc.). Durante el proceso de regeneración podrán rebasarse los límites de emisión aplicables. La figura 6.1 muestra un esquema del procedimiento de ensayo.

▼M2

Figura 6.1

Esquema de la regeneración infrecuente con un número de mediciones *n* y un número de mediciones durante la regeneración n_r

▼B



El índice medio de emisiones específicas relacionado con las tandas de ensayos realizados de conformidad con los puntos 6.6.2.1 o 6.6.2.2 [g/kWh o #/kWh] se ponderará mediante la ecuación (6-9) (véase la figura 6.1):

▼M2

$$\overline{e}_w = \frac{n \cdot \overline{e} + n_r \cdot \overline{e}_r}{n + n_r} \quad (6\text{-}9)$$

donde:

n es el número de ensayos en los que no se produce regeneración

n_r es el número de ensayos en los que se produce regeneración (mínimo un ensayo)

$\overline{e}$ es la emisión específica media de un ensayo en el que no se produce la regeneración [g/kWh o #/kWh]

$\overline{e}_r$ es la emisión específica media de un ensayo en el que se produce la regeneración [g/kWh o #/kWh]

▼B

A criterio del fabricante y basándose en las buenas prácticas técnicas, el factor de ajuste de la regeneración k_r, que expresa el índice medio de emisiones, se podrá calcular con un ajuste multiplicativo o un ajuste aditivo para todos los contaminantes gaseosos, y, en caso de haber un límite aplicable, para las partículas y el número de partículas mediante las ecuaciones (6-10) a (6-13):

▼B

Con ajuste multiplicativo

▼M2

$$k_{\mathrm{ru,m}} = \frac{\overline{e}_{\mathrm{w}}}{\overline{e}} \quad \text{(factor de ajuste al alza)} \qquad (6\text{-}10)$$

$$k_{\mathrm{rd,m}} = \frac{\overline{e}_{\mathrm{w}}}{\overline{e}_r} \quad \text{(factor de ajuste a la baja)} \qquad (6\text{-}11)$$

▼B

Con ajuste aditivo

▼M2

$$k_{\mathrm{ru,a}} = \overline{e_w} - \overline{e} \quad \text{(factor de ajuste al alza)} \qquad (6\text{-}12)$$

$$k_{\mathrm{rd,a}} = \overline{e_w} - \overline{e_r} \quad \text{(factor de ajuste a la baja)} \qquad (6\text{-}13)$$

▼B

6.6.2.4. Aplicación de los factores de ajuste

Los factores de ajuste al alza se multiplican por (o se suman a) los índices de emisiones medidos en todos los ensayos en los que no se produce regeneración. Los factores de ajuste a la baja se multiplican por (o se suman a) los índices de emisiones medidos en todos los ensayos en los que se produce regeneración. El evento de regeneración se identificará de una manera fácil de observar durante todo el ensayo. Cuando no se identifique ninguna regeneración se aplicará el factor de ajuste al alza.

Por lo que se refiere al anexo VII y al apéndice 5 del anexo VII sobre los cálculos de emisión específica de los frenos, el factor de ajuste de la regeneración:

a) se aplicará a los resultados ponderados aplicables del NRTC, el LSI-NRTC y el NRSC si se establece para un ciclo ponderado completo;

b) se aplicará a los resultados de cada uno de los modos del NRSC de modo discreto aplicable para los que la regeneración tiene lugar antes del cálculo del resultado ponderado de las emisiones de ese ciclo si se establece específicamente para los modos individuales del NRSC de modo discreto aplicable; en este caso se utilizará el método de múltiples filtros para la medición de las partículas;

c) podrá extenderse a otros miembros de la misma familia de motores;

d) podrá extenderse a otras familias de motores dentro de una misma familia de sistemas de postratamiento de motores, tal como se define en el anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 previa autorización de la autoridad de homologación sobre la base de pruebas técnicas aportadas por el fabricante que indiquen que las emisiones son similares.

Se considerarán las opciones siguientes:

a) un fabricante podrá optar por omitir los factores de ajuste de una o más de sus familias (o configuraciones) de motores si el efecto de la regeneración es pequeño, o si no resulta práctico identificar cuándo se producen regeneraciones. En estos casos, no se utilizará ningún factor de ajuste y el fabricante será responsable del cumplimiento de los límites de emisiones en todos los ensayos, independientemente de que se produzca o no regeneración;

▼M2

b) a petición del fabricante, la autoridad de homologación podrá considerar los eventos de regeneración de manera diferente a como se establece en la letra a). No obstante, esta opción solo

▼M2

se aplica a las regeneraciones que se producen de manera extremadamente infrecuente y que, en la práctica, no se pueden abordar mediante los factores de ajuste descritos en el punto 6.6.2.3.

▼B

6.7. Sistema de refrigeración

Se utilizará un sistema de refrigeración del motor que posea suficiente capacidad para mantener el motor, con el aire de admisión, el aceite, el refrigerante, el cárter motor y la culata, a las temperaturas normales de funcionamiento prescritas por el fabricante. Se podrán utilizar refrigeradores y ventiladores accesorios de laboratorio.

6.8. Aceite lubricante

El aceite de lubricación lo especificará el fabricante y será representativo del aceite de lubricación disponible en el mercado. Las especificaciones del aceite de lubricación utilizado para el ensayo se registrarán y se presentarán con los resultados del ensayo.

6.9. Especificaciones del combustible de referencia

Los combustibles de referencia que deben utilizarse en el ensayo se especifican en el anexo IX.

La temperatura del combustible se ajustará a las recomendaciones del fabricante. La temperatura del combustible se medirá a la entrada de la bomba de inyección de combustible o en la zona que especifique el fabricante y se anotará el lugar de medición.

6.10. Emisiones del cárter

Esta sección se aplicará a los motores de las categorías NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB y ATS que cumplan los límites de emisiones de fase V establecidos en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628.

Las emisiones del cárter emitidas directamente a la atmósfera ambiente se añadirán a las emisiones de escape (física o matemáticamente) durante todos los ensayos de emisiones.

Los fabricantes que se acojan a esta excepción instalarán los motores de forma que todas las emisiones del cárter puedan ser encaminadas al sistema de muestreo de emisiones. A efectos del presente punto, se considerará que las emisiones del cárter dirigidas a los gases de escape antes del sistema de postratamiento de los gases de escape durante todo el funcionamiento no se han emitido directamente a la atmósfera ambiente.

Las emisiones del cárter se dirigirán al sistema de escape para la medición de las emisiones como se indica a continuación:

a) los materiales de los tubos serán lisos y conductores de la electricidad y no deberán reaccionar con las emisiones del cárter. Los tubos serán lo más cortos posible;

b) los tubos utilizados en el laboratorio para recoger las emisiones del cárter tendrán el menor número posible de codos; los codos que sean inevitables tendrán el mayor radio posible;

c) los tubos del cárter utilizados en el laboratorio cumplirán las especificaciones del fabricante del motor relativas a la contrapresión del cárter;

d) los tubos utilizados para las emisiones de escape del cárter irán conectados al dispositivo de evacuación del gas de escape sin diluir de cualquier sistema de postratamiento de las emisiones de escape, después de cualquier restricción de las emisiones de escape que se haya instalado y suficientemente antes de cualquier sonda de muestreo, a fin de garantizar la mezcla completa

▼B

con el sistema de escape del motor antes del muestreo. El tubo de conducción de las emisiones de escape del cárter entrará en la corriente libre del sistema de escape para evitar efectos de capa límite y para facilitar la mezcla. El orificio del tubo de las emisiones de escape del cárter podrá orientarse en cualquier dirección con respecto al flujo de gas de escape sin diluir.

7. Procedimientos de ensayo

7.1. Introducción

El presente capítulo describe la forma en que se determinan las emisiones específicas del freno de los gases y las partículas contaminantes procedentes de los motores que se van a ensayar. El motor de ensayo tendrá la configuración del motor de referencia de la familia de motores según se especifica en el anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

Un ensayo de emisiones de laboratorio consiste en la medición de las emisiones y otros parámetros en los ciclos de ensayo especificados en el anexo XVII. Se tratan los siguientes aspectos:

a) las configuraciones de laboratorio para medir las emisiones (punto 7.2);

b) los procedimientos de verificación previos al ensayo y posteriores al ensayo (punto 7.3);

c) los ciclos de ensayo (punto 7.4);

d) la secuencia de ensayo general (punto 7.5);

e) la cartografía del motor (punto 7.6);

f) la generación del ciclo de ensayo (punto 7.7);

g) el procedimiento de realización del ciclo de ensayo específico (punto 7.8).

7.2. Principio de medición de las emisiones

Para medir las emisiones específicas del freno, el motor efectuará los ciclos de ensayo definidos en el punto 7.4, según proceda. La medición de las emisiones específicas del freno precisa que se determine la masa de los contaminantes en las emisiones de escape (es decir, HC, CO, NO_x y partículas), el número de partículas en las emisiones de escape (es decir, PN) y la masa de CO_2 en las emisiones de escape, así como el trabajo del motor correspondiente.

7.2.1. Masa de los componentes

La masa total de cada componente se determinará a lo largo del ciclo de ensayo aplicable mediante los métodos que figuran a continuación.

7.2.1.1. Muestreo continuo

En el muestreo continuo, la concentración de los componentes se mide continuamente a partir del gas de escape sin diluir o diluido. Dicha concentración se multiplica por el caudal continuo del gas de escape (sin diluir o diluido) en el punto de muestreo de las emisiones a fin de determinar el caudal de los componentes. La emisión de los componentes se suma continuamente a lo largo del intervalo de ensayo. Dicha suma es la masa total de los componentes emitidos.

▼B

7.2.1.2. Muestreo por lotes

En el muestreo por lotes, se extrae continuamente una muestra de gas de escape sin diluir o diluido que se guarda para efectuar más tarde la medición. La muestra extraída será proporcional al caudal del gas de escape sin diluir o diluido. La recogida en una bolsa de las emisiones gaseosas diluidas y la recogida de partículas en un filtro constituyen ejemplos de muestreo por lotes. En principio, el método de cálculo de las emisiones se aplica como sigue: las concentraciones muestreadas por lotes se multiplican por la masa total o el caudal másico del gas de escape (sin diluir o diluido) de los que se extrajeron durante el ciclo de ensayo. Dicho producto constituye la masa total o el caudal másico de los componentes emitidos. Para calcular la concentración de partículas, las partículas depositadas en un filtro a partir del gas de escape extraído proporcionalmente se dividirán por la cantidad de gas de escape filtrado.

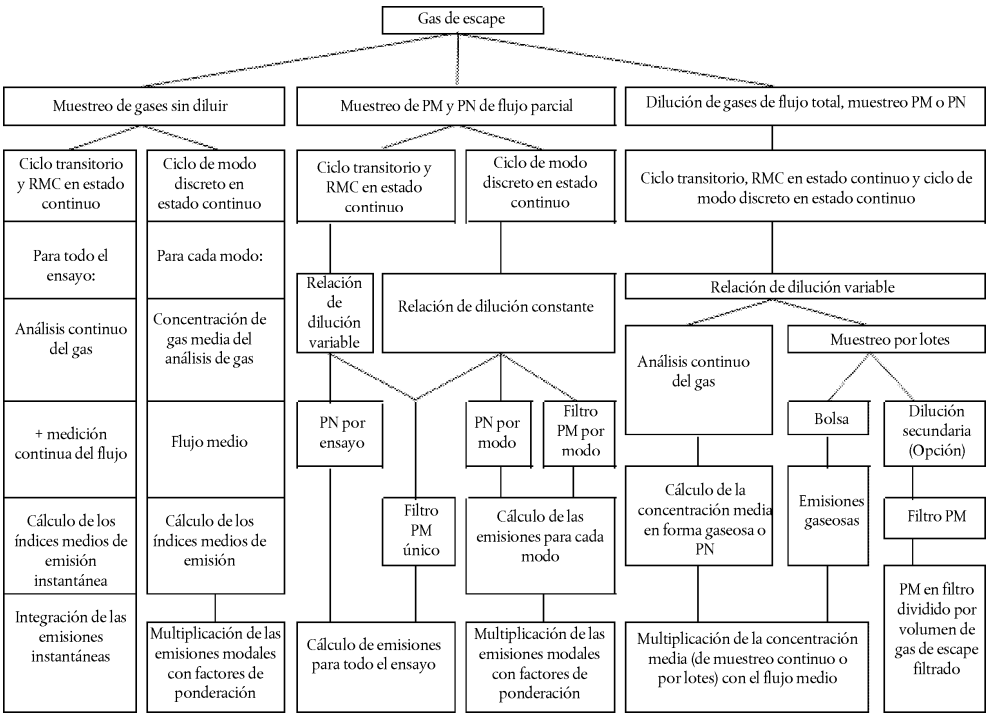
7.2.1.3. Muestreo combinado

Se permite cualquier combinación de muestreo continuo y muestreo por lotes (p. ej., partículas con muestreo por lotes y emisiones gaseosas con muestreo continuo).

La figura 6.2 ilustra los dos aspectos de los procedimientos de ensayo para medir emisiones: el equipo con tubos de muestreo para gases de escape sin diluir y diluidos y las operaciones necesarias para calcular las emisiones contaminantes en los ciclos de ensayo transitorios y en estado continuo.

Figura 6.2

Procedimientos de ensayo para medición de emisiones



Nota sobre la figura 6.2: La expresión «Muestro de partículas de flujo parcial» incluye la dilución de flujo parcial para extraer únicamente el gas de escape sin diluir con relación de dilución constante o variable.

▼B

7.2.2. Cálculo del trabajo

El trabajo se determinará a lo largo del ciclo de ensayo multiplicando sincrónicamente el régimen y el par del freno para calcular los valores instantáneos de la potencia de freno del motor. La potencia de freno del motor se integrará a lo largo del ciclo de ensayo para determinar el trabajo total.

7.3. Verificación y calibración

7.3.1. Procedimientos previos al ensayo

▼M2

7.3.1.1. Requisitos generales para el preacondicionamiento del sistema de muestreo y el motor

▼B

Para alcanzar condiciones estables, el sistema de muestreo y el motor se habrán de someter a un preacondicionamiento antes de iniciar una secuencia de ensayo como se especifica en el presente punto.

La finalidad del preacondicionamiento del motor es conseguir la representitividad de las emisiones y los controles de emisiones a lo largo del ciclo de ensayo y reducir el sesgo a fin de lograr unas condiciones estables para el siguiente ensayo de emisiones.

La emisiones se pueden medir durante los ciclos de preacondicionamiento siempre que se lleve a cabo un número predeterminado de ciclos de preacondicionamiento y se haya ajustado el sistema de medición de conformidad con los requisitos del punto 7.3.1.4. El fabricante del motor determinará la cantidad de preacondicionamiento antes del inicio de este. El preacondicionamiento se llevará a cabo como se indica a continuación; cabe observar que los ciclos específicos para el preacondicionamiento son los mismos que se aplican para los ensayos de emisiones.

▼M2

Los motores equipados con un sistema de postratamiento podrán ponerse en funcionamiento antes del preacondicionamiento específico de cada ciclo establecido en los puntos 7.3.1.1.1 a 7.3.1.1.4, de manera que se regenere el sistema de postratamiento y, en su caso, se restablezca la carga de hollín del sistema de postratamiento de partículas.

▼B

7.3.1.1.1. Preacondicionamiento para el NRTC con arranque en frío

El preacondicionamiento del motor se realiza mediante como mínimo un NRTC con arranque en caliente. Inmediatamente después de finalizado cada ciclo de preacondicionamiento, se parará el motor y se completará el periodo de homogeneización en caliente. Inmediatamente después de finalizado el último ciclo de preacondicionamiento, se parará el motor y se iniciará la refrigeración del motor descrita en el punto 7.3.1.2.

7.3.1.1.2. Preacondicionamiento para el NRTC o el LSI-NRTC con arranque en caliente

El presente punto describe el preacondicionamiento que se aplicará para el muestreo de emisiones del NRTC con arranque en caliente sin llevar a cabo el NRTC de arranque en frío del NRTC («NRTC de arranque en frío»), o el LSI-NRTC. El preacondicionamiento del motor se realizará mediante como mínimo un NRTC o LSI-NRTC, según proceda, de arranque en caliente. Inmediatamente después de finalizado cada ciclo de preacondicionamiento, se parará el motor y se iniciará el siguiente ciclo lo antes posible. Se recomienda iniciar el siguiente ciclo de preacondicionamiento no más tarde de sesenta segundos después de haber completado el anterior ciclo de preacondicionamiento. En su caso, después del último ciclo de preacondicionamiento, se aplicará el periodo de homogeneización (NRTC con arranque en caliente) o de refrigeración (LSI-NRTC)

▼B

antes de encender el motor para el ensayo de emisiones. En caso de que no se aplique el periodo de homogeneización o de refrigeración, se recomienda iniciar el ensayo de emisiones no más tarde de sesenta segundos después de que se complete el último ciclo de preacondicionamiento.

7.3.1.1.3. Preacondicionamiento para el NRSC de modo discreto

Para las categorías de motores distintas de NRS y NRSh, el motor se calentará y se pondrá en funcionamiento hasta que las temperaturas (agua de refrigeración y aceite lubricante) del motor se estabilicen en el 50 % del régimen y el 50 % del par para todo ciclo de ensayo NRSC de modo discreto distinto de los tipos D2, E2 o G, o en el 50 % del régimen nominal del motor y el 50 % del par para para todo ciclo de ensayo NRSC de modo discreto de los tipos D2, E2 o G. El 50 % del régimen se calculará de acuerdo con el punto 5.2.5.1 en el caso de un motor en el que se utiliza MTS para generar los regímenes de ensayo, y se calculará conforme a las disposiciones del punto 7.7.1.3 en todos los demás casos. El 50 % del par se define como el 50 % del par máximo disponible a este régimen. El ensayo de emisiones se iniciará sin parar el motor.

Para los motores de las categorías NRS y NRSh se calentará el motor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas. Antes de que pueda comenzar el muestreo de emisiones, el motor debe estar funcionando en el modo 1 del ciclo de ensayo adecuado hasta que las temperaturas del motor se hayan estabilizado. El ensayo de emisiones se iniciará sin parar el motor.

7.3.1.1.4. Preacondicionamiento para RMC

El fabricante del motor seleccionará una de las secuencias de preacondicionamiento a) o b) que figuran a continuación. El motor se someterá a preacondicionamiento de acuerdo con la secuencia elegida.

a) el preacondicionamiento del motor se llevará a cabo mediante, al menos, la segunda mitad del RMC, en función del número de modos de ensayo. El motor no se parará entre los ciclos. Inmediatamente después de finalizado cada ciclo de preacondicionamiento, se iniciará lo antes posible el siguiente ciclo, incluido el ensayo de emisiones. Si es posible, se recomienda iniciar el siguiente ciclo no más tarde de sesenta segundos después de haber completado el último ciclo de preacondicionamiento;

b) el motor se calentará y se pondrá en funcionamiento hasta que las temperaturas (agua de refrigeración y aceite lubricante) se estabilicen en el 50 % del régimen y el 50 % del par para todo ciclo de ensayo RMC distinto de los tipos D2, E2 o G, o en el régimen nominal del motor y el 50 % del para todo ciclo de ensayo RMC de los tipos D2, E2 o G. El 50 % del régimen se calculará de acuerdo con el punto 5.2.5.1 en el caso de un motor en el que se utiliza MTS para generar los regímenes de ensayo, y se calcula conforme a las disposiciones del punto 7.7.1.3 en todos los demás casos. El 50 % del par se define como el 50 % del par máximo disponible en este régimen.

▼M2

_____

▼M2

7.3.1.2. Refrigeración del motor (NRTC)

Puede aplicarse un procedimiento de refrigeración natural o de refrigeración forzada. Respecto a la refrigeración forzada, se aplicarán buenas prácticas técnicas para el establecimiento de sistemas para enviar aire refrigerante al motor, enviar aceite frío al sistema de lubricación del motor, extraer el calor del refrigerante mediante el sistema de refrigeración del motor y extraer el calor del sistema de postratamiento del escape. En el caso de una refrigeración forzada del sistema de postratamiento, no se aplicará el aire refrigerante hasta que la temperatura del sistema de postratamiento de los gases de escape haya descendido por debajo del nivel de activación catalítica. No se permitirá ningún procedimiento de refrigeración que dé lugar a emisiones no representativas.

7.3.1.3. Verificación de la contaminación por HC

En caso de presunción de contaminación por HC en el sistema de medición de gases de escape, la contaminación por HC se podrá comprobar con gas de cero, lo que permitirá corregir el problema. Si se ha de comprobar la cantidad de contaminación del sistema de medición y el sistema de HC básico, la verificación se llevará a cabo en un plazo de ocho horas antes del inicio de cada ciclo de ensayo. Los valores se registrarán para su posterior corrección. Antes de esta comprobación, se deberá verificar la estanqueidad y se habrá de calibrar el analizador FID (detector de ionización de llama).

7.3.1.4. Preparación del equipo de medición para el muestreo

Antes de que comience el muestreo se efectuarán las operaciones siguientes:

a) se realizarán comprobaciones de la estanqueidad en las ocho horas previas al muestreo de emisiones de conformidad con el punto 8.1.8.7;

b) en caso de muestreo por lotes, se conectarán medios de almacenamiento limpios, como bolsas en las que se habrá hecho el vacío o filtros con indicación de la tara;

c) todos los instrumentos de medición se pondrán en marcha según las instrucciones de sus respectivos fabricantes y las buenas prácticas técnicas;

d) se pondrán en marcha los sistemas de dilución, las bombas de muestreo, los ventiladores de refrigeración y el sistema de recogida de datos;

e) los caudales de muestreo se ajustarán a los niveles deseados, para lo cual se podrá utilizar un flujo derivado;

f) los intercambiadores de calor del sistema de muestreo se calentarán o enfriarán previamente de forma que sus temperaturas respectivas se sitúen dentro del rango de temperaturas de funcionamiento previsto para el ensayo;

g) se permitirá que los componentes calentados o refrigerados, como los conductos de muestreo, los filtros, los enfriadores y las bombas, se estabilicen a sus temperaturas de funcionamiento;

h) el flujo del sistema de dilución del gas de escape se encenderá al menos diez minutos antes de la secuencia de ensayo;

i) la calibración de los analizadores de gas y la puesta a cero de los analizadores continuos se llevarán a cabo de acuerdo con el procedimiento del punto 7.3.1.5;

j) los dispositivos electrónicos de integración se podrán a cero o se volverán a poner a cero antes del inicio de un intervalo de ensayo.

7.3.1.5. Calibración de los analizadores de gases

Se seleccionarán los rangos adecuados del analizador de gas. Se permitirá el uso de analizadores de emisiones con función de selección automática o manual del rango de medición. Durante un ensayo que utilice ciclos de ensayo transitorios (NRTC o LSI-NRTC) o RMC y durante el período de muestreo de una emisión gaseo sa al final de cada modo en el caso de los ensayos NRSC de

▼M2

modo discreto no se modificará el rango de los analizadores de emisiones. Los valores de ganancia de los amplificadores operacionales analógicos tampoco se modificarán durante el ciclo de ensayo.

Todos los analizadores continuos se pondrán a cero y se ajustarán mediante gases trazables con normas internacionales que cumplan las especificaciones del punto 9.5.1. Los analizadores FID se calibrarán sobre una base de carbono 1 (C_1).

7.3.1.6. Preacondicionamiento del filtro de partículas y tara del peso

Los procedimientos de preacondicionamiento del filtro de partículas y tara del peso se llevarán a cabo de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.2.3.

▼B

7.3.2. Procedimientos posteriores al ensayo

Una vez completado el muestreo se efectuarán las operaciones que figuran a continuación.

7.3.2.1. Verificación del muestreo proporcional

En el caso de las muestras por lote proporcional, como las muestras en bolsas o las muestras de partículas, se comprobará que el muestreo proporcional se haya llevado a cabo conforme al punto 8.2.1. En el caso del método de filtro único y el ciclo de ensayo de modo discreto en estado continuo, se calculará el factor de ponderación efectivo de las partículas. Se invalidará toda muestra que no cumpla los requisitos establecidos en el punto 8.2.1.

7.3.2.2. Acondicionamiento y pesaje de las partículas tras el ensayo

Los filtros de muestreo de partículas usados se colocarán en contenedores cubiertos o precintados, o se cerrarán los portafiltros, a fin de protegerlos de la contaminación ambiental. Los filtros cargados así protegidos se introducirán de nuevo en la cámara o sala de acondicionamiento de filtros de partículas. A continuación, los filtros de muestreo de partículas se acondicionarán y pesarán según lo indicado en el punto 8.2.4 (Acondicionamiento y pesaje de las partículas tras el ensayo).

7.3.2.3. Análisis del muestreo por lotes de emisiones gaseosas

Se efectuará lo siguiente lo antes posible:

a) todos los analizadores de gases muestreados por lotes se pondrán a cero y se ajustarán a más tardar treinta minutos después de haber finalizado el ciclo de ensayo o durante el período de homogeneización del calor, si es posible, a fin de comprobar que los analizadores de emisiones gaseosas siguen siendo estables;

b) toda muestra de gases por lotes convencional se analizará a más tardar treinta minutos después de haber finalizado el NRTC con arranque en caliente o durante el período de homogeneización del calor;

c) las muestras de fondo se analizarán en un plazo de sesenta minutos a más tardar después de haber finalizado el NRTC de arranque en caliente.

7.3.2.4. Verificación de la desviación

Tras cuantificar los gases de escape, se verificará la desviación como sigue:

a) en el caso de los analizadores de gases por lotes y continuos, el valor medio del analizador se registrará tras estabilizar un gas de cero para el analizador; el tiempo necesario para la estabilización podrá incluir un tiempo para purgar el analizador de todos los gases de muestra más el tiempo de respuesta del analizador;

▼B

b) el valor medio del analizador se registrará tras estabilizar el gas patrón para el analizador; la estabilización podrá incluir un tiempo para purgar el analizador de todos los gases de muestra más el tiempo de respuesta del analizador;

c) estos datos se utilizarán para validar y corregir la desviación según lo indicado en el punto 8.2.2.

▼M2

7.4. Ciclos de ensayo

El ensayo de homologación de tipo UE se llevará a cabo mediante el NRSC adecuado y, en su caso, el NRTC o LSI-NRTC especificados en el artículo 18 y el anexo IV del Reglamento (UE) 2016/1628. Las especificaciones técnicas y las características del NRSC, el NRTC y el LSI-NRTC se establecen en el anexo XVII del presente Reglamento y el método para determinar los parámetros de par, potencia y régimen para estos ciclos de ensayo, en la sección 5.2.

▼B

7.4.1. Ciclos de ensayo en estado continuo

Los ciclos de ensayo en estado continuo no de carretera se especifican en los apéndices 1 y 2 del anexo XVII como una lista de NRSC de modos discretos (puntos de funcionamiento) en los que cada punto de funcionamiento tiene un valor de régimen y un valor de par. El NRSC se medirá con el motor caliente y en marcha y siguiendo las especificaciones del fabricante. A elección del fabricante, un NRSC se puede desarrollar como NRSC de modo discreto o como RMC, como se explica en los puntos 7.4.1.1 y 7.4.1.2. No será necesario llevar a cabo un ensayo de emisiones con arreglo a ambos puntos, 7.4.1.1. y 7.4.1.2.

7.4.1.1. NRSC de modo discreto

Los NRSC de modo discreto son ciclos de funcionamiento en caliente en los que las emisiones se empezarán a medir una vez se haya puesto el motor en marcha, se haya calentado y esté en funcionamiento, como se especifica en el punto 7.8.1.2. Cada ciclo consta de varios modos de régimen y carga (con el correspondiente factor de ponderación para cada modo) que cubren la gama típica de funcionamiento de la categoría de motores especificada.

7.4.1.2. NRSC modal con aumentos

Los RMC son ciclos de funcionamiento en caliente en los que las emisiones se empezarán a medir una vez se haya puesto el motor en marcha, se haya calentado y esté en funcionamiento, como se especifica en el punto 7.8.2.1. Durante el RMC, el motor se encontrará continuamente bajo el control de la unidad de control del banco de pruebas. Las emisiones de gases y de partículas se medirán y recogerán continuamente durante el ciclo RMC, de la misma manera que en los ciclos de ensayo transitorios (NRTC o LSI-NRTC).

El objetivo de un RMC es facilitar un método para llevar a cabo un ensayo en estado continuo de forma pseudo transitoria. Cada RMC consta de una serie de modos en estado continuo con una transición lineal entre ellos. El tiempo total relativo en cada modo y su transición previa es acorde a la ponderación de los NRSC de modo discreto. El cambio del régimen y la carga del motor de un modo al siguiente se ha de controlar linealmente en un intervalo temporal de 20 ± 1 segundos. El tiempo de cambio de modo forma parte del nuevo modo (incluido el primero). En algunos casos, los modos no se realizan en el mismo orden que el NRSC de modo discreto, o se separan a fin de evitar cambios extremos en la temperatura.

▼B

7.4.2. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

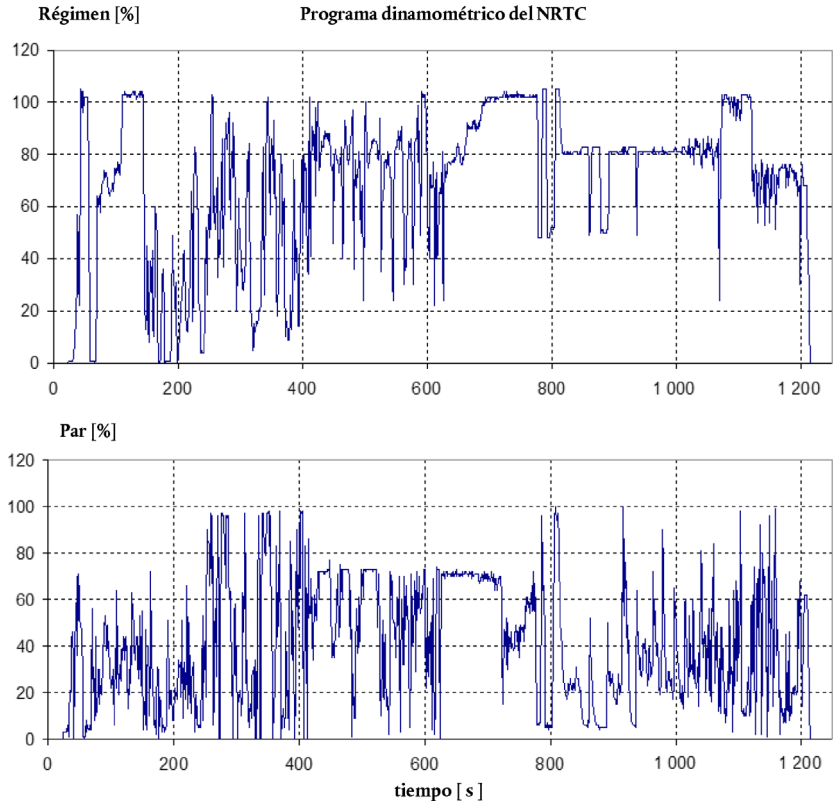
El ciclo transitorio no de carretera para motores de categoría NRE (NRTC), así como el ciclo transitorio no de carretera para grandes motores de encendido por chispa de categoría NRS (LSI-NRTC), se especifican en el anexo XVII, apéndice 3, como secuencia segundo a segundo de valores de régimen y par normalizados. A efectos de la realización del ensayo en una celda de ensayo de motores, los valores normalizados se convertirán a sus valores de referencia equivalentes para el motor que se vaya a comprobar sobre la base de los valores específicos de régimen y par de la cartografía del motor. Esta conversión se denomina «desnormalización» y el ciclo de ensayo resultante es el ciclo del ensayo NRTC o LSI-NRTC de referencia del motor objeto del ensayo (véase el punto 7.7.2).

7.4.2.1. Secuencia de ensayo para NRTC

En la figura 6.3 se muestra una gráfica del programa dinamométrico del NRTC normalizado.

Figura 6.3

Programa dinamométrico del NRTC normalizado



El NRTC se ejecutará dos veces después de completado el preacondicionamiento (véase el punto 7.3.1.1.1) de conformidad con el procedimiento siguiente:

▼M2

a) la ronda de arranque en frío comenzará cuando el motor y los sistemas de postratamiento de los gases de escape se hayan enfriado hasta alcanzar la temperatura ambiente tras la refrigeración natural del motor, o tras una refrigeración forzada, y cuando las temperaturas del motor, el refrigerante y el aceite,

▼M2

así como los sistemas de postratamiento de los gases de escape y todos los dispositivos de control del motor se hayan estabilizado entre 293 y 303 K (20 y 30 °C). La medición de las emisiones de esta ronda comenzará con el arranque del motor en frío;

▼B

b) el periodo de homogeneización comenzará inmediatamente después de la fase de arranque en frío. El motor se apagará y acondicionará para el funcionamiento con arranque en caliente por medio de una estabilización de 20 minutos ± 1 minuto;

▼M2

c) la ronda de arranque en caliente comenzará inmediatamente después del período de homogeneización con arranque del motor. Los analizadores de emisiones gaseosas se encenderán al menos diez segundos antes de que acabe el período de homogeneización, a fin de evitar picos de señales de encendido. La medición de emisiones de esta ronda comenzará en paralelo al arranque del motor.

Las emisiones específicas del freno, expresadas en (g/kWh), o en número por kilovatio-hora (#kWh) para el PN, se calcularán mediante los procedimientos establecidos en la presente sección tanto para la ronda de arranque en frío como la de arranque en caliente del ciclo de ensayo. Las emisiones compuestas ponderadas se calcularán mediante la ponderación del 10 % de los resultados del ensayo con arranque en frío y el 90 % de los resultados del ensayo con arranque en caliente, como se detalla en el anexo VII.

▼B

7.4.2.2. Secuencia de ensayo para LSI-NRTC

El LSI-NRTC se ejecutará una vez como ensayo con arranque en caliente después de completado el preacondicionamiento (véase el punto 7.3.1.1.2) de conformidad con el procedimiento siguiente:

a) el motor se pondrá en marcha y se hará funcionar durante los primeros ciento ochenta segundos del ciclo de ensayo; después se hará funcionar al ralentí y sin carga durante treinta segundos; no se medirán las emisiones durante esta secuencia de calentamiento.

b) al término del periodo de ralentí de treinta segundos se iniciará la medición de las emisiones y se hará funcionar el motor durante todo el ciclo de ensayo, dese el principio (tiempo 0 segundos).

Las emisiones específicas del freno, expresadas en [g/kWh], se calcularán usando los procedimientos previstos en el anexo VII.

Si el motor ya estaba en funcionamiento antes del ensayo, utilizar buenas prácticas técnicas para enfriar el motor lo suficiente para que las emisiones medidas representen con exactitud las de un motor que se encienda a temperatura ambiente. Por ejemplo, si un motor que se encienda a temperatura ambiente se calienta lo suficiente en tres minutos para iniciar el funcionamiento a bucle cerrado y alcanzar la actividad total del catalizador, es precisa una refrigeración del motor mínima antes de iniciar el siguiente ensayo.

▼B

Previo acuerdo del servicio técnico, el procedimiento de calentamiento del motor puede incluir hasta quince minutos de funcionamiento durante el ciclo de ensayo.

7.5. Secuencia de ensayo general

Para medir las emisiones del motor se procederá como se indica a continuación:

a) se definirán los regímenes y cargas de ensayo del motor que se va a comprobar midiendo el par máximo (en los motores de régimen constante) o la curva de par máximo (en los motores de régimen variable) como función del régimen del motor;

b) los ciclos de ensayo normalizados se desnormalizarán mediante el par (en los motores de régimen constante) o los regímenes y los pares (en los motores de régimen variable) indicados en la letra a) del anterior punto 7.5;

c) el motor, el equipo y los instrumentos de medida se prepararán previamente para el siguiente ensayo o serie de ensayos de emisiones (ciclo de arranque en frío y ciclo de arranque en caliente);

d) se llevarán a cabo los procedimientos previos al ensayo para comprobar el adecuado funcionamiento de ciertos equipos y analizadores. Todos los analizadores se habrán de calibrar. Se registrarán todos los datos previos al ensayo;

e) el motor se pondrá en marcha (NRTC) o se mantendrá en funcionamiento (ciclos de ensayo en estado continuo y LSI-NRTC) al principio del ciclo de ensayo y los sistemas de muestreo se iniciarán al mismo tiempo;

f) durante el tiempo de muestreo se medirán o registrarán las emisiones y otros parámetros necesarios (en el caso del NRTC, el LSI-NRTC y el RMC, a lo largo de todo el ciclo de ensayo);

g) se llevarán a cabo los procedimientos posteriores al ensayo para comprobar el adecuado funcionamiento de determinados equipos y analizadores;

▼M2

h) los filtros de partículas se preacondicionarán, se pesarán (en vacío), se cargarán, se volverán a acondicionar y se volverán a pesar (con carga), y a continuación se evaluarán las muestras de conformidad con los procedimientos previos al ensayo (punto 7.3.1.6) y posteriores al ensayo (punto 7.3.2.2);

▼B

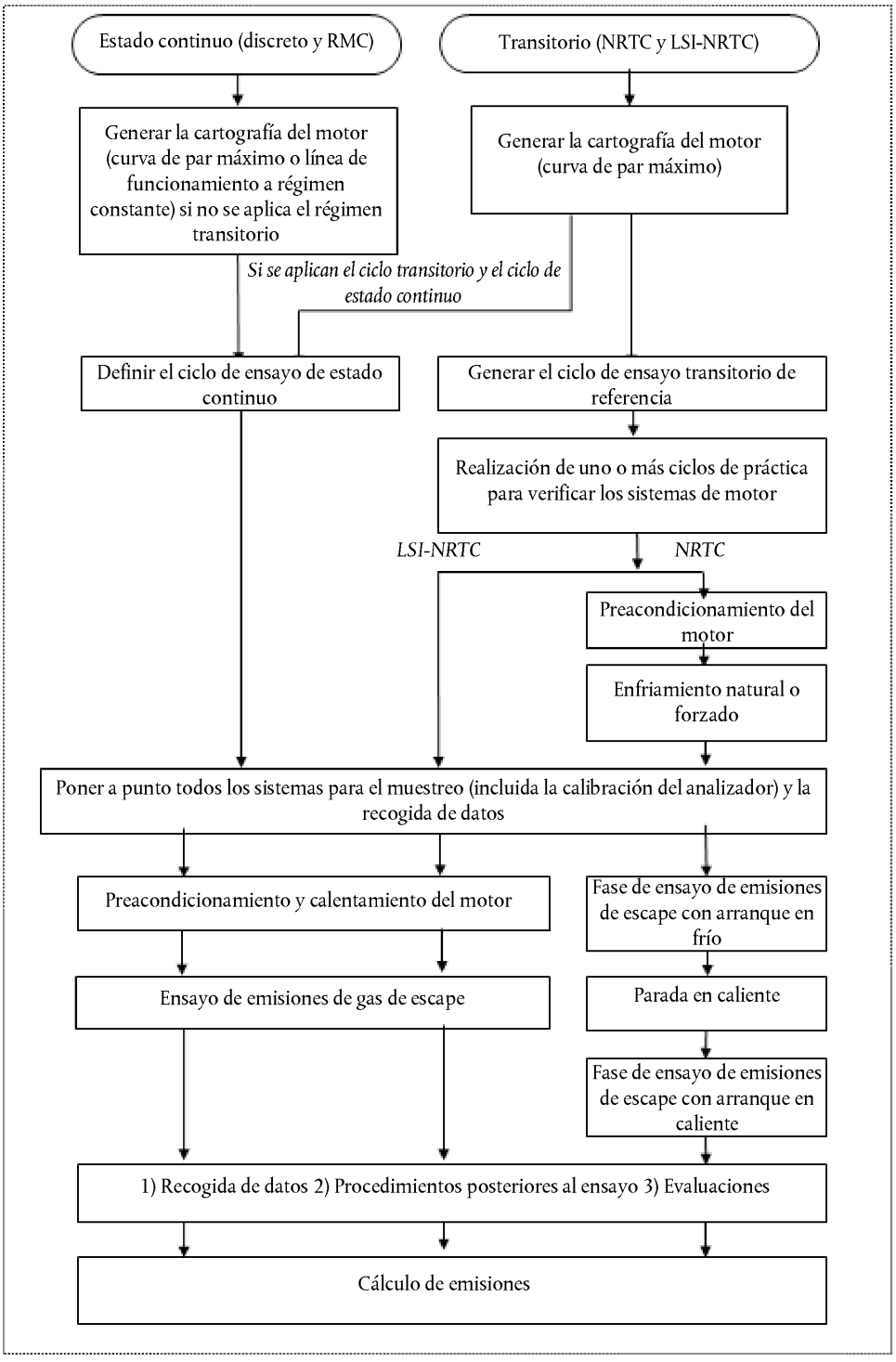
i) se evaluarán los resultados de los ensayos de emisiones.

La figura 6.4 presenta una visión de conjunto de los procedimientos necesarios para realizar los ciclos de ensayo NRMM con medición de las emisiones de gases de escape de los motores.

▼M2

Figura 6.4

Secuencia de ensayo



▼B

7.5.1. Arranque y nuevo arranque del motor

7.5.1.1. Arranque del motor

El motor se pondrá en marcha:

a) tal como se recomienda en las instrucciones para el usuario final, utilizando un motor de arranque o un sistema de aire comprimido y una batería adecuadamente cargada, una fuente de energía adecuada o una fuente de aire comprimido adecuada, o bien

b) utilizando el dinamómetro para hacer girar el motor hasta que arranque. Iniciar el funcionamiento típico del motor hasta ±25 % de su régimen de arranque típico en uso o arrrancar el motor aumentando linealmente la velocidad dinamométrica de 0 a 100 min^{-1} por debajo del régimen de ralentí, pero solo hasta que el motor arranque.

El motor de arranque se parará en el segundo posterior al arranque del motor. Si el motor no arranca en el plazo de 15 s después de la puesta en marcha del motor de arranque, se parará este último y se determinará el motivo por el que no ha arrancado, salvo que las instrucciones para el usuario final o el manual de mantenimiento indiquen que es normal la utilización del motor de arranque durante más tiempo.

7.5.1.2. Parada del motor

▼M2

a) Si el motor se para en algún momento durante el NRTC de arranque en frío, se invalidará todo el ensayo.

b) Si el motor se para en algún momento durante el NRTC de arranque en caliente, solo se invalidará esa ronda del ensayo. Se homogeneizará el calor del motor de conformidad con el punto 7.8.3 y se repetirá la ronda de arranque en caliente. En ese caso, no será necesario repetir la ronda de arranque en frío.

▼B

c) Si el motor se para en algún momento durante el LSI-NRTC, se invalidará el ensayo.

d) Si el motor se cala en algún momento del NRSC (discreto o con aumentos), el ensayo se invalidará y se repetirá empezando por el procedimiento de calentamiento del motor. En el caso de la medición de partículas mediante el método de múltiples filtros (un filtro de muestreo para cada modo de funcionamiento), el ensayo deberá continuar estabilizando el motor en el modo previo para acondicionar la temperatura del motor e iniciando a continuación la medición con el modo en el que el motor se haya calado.

7.5.1.3 Funcionamiento del motor

El «operador» puede ser una persona (intervención manual) o un regulador (intervención automática) que envía mecánica o electrónicamente al motor una señal que le exige una respuesta. Dicha señal puede proceder del pedal del acelerador, la palanca de mando de los gases, la palanca de mando del combustible, la palanca de mando del régimen o de un punto de consigna o una señal del regulador.

▼B

7.6. Cartografía del motor

Antes de iniciarse la cartografía del motor, este se calentará y, hacia el final del calentamiento, se hará funcionar durante un mínimo de diez minutos a potencia máxima o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas, a fin de estabilizar las temperaturas del refrigerante y el aceite lubricante del motor. Una vez estabilizado el motor, se llevará a cabo su cartografía.

En caso de que el fabricante haya previsto utilizar la señal de par emitida por la unidad de control electrónica, en el caso de los motores provistos de dicho equipamiento, durante la realización de los ensayos de vigilancia de los motores en servicio conforme al Reglamento Delegado (UE) 2017/655 sobre vigilancia de las emisiones de los motores en servicio, se llevará a cabo de forma adicional la verificación establecida en el apéndice 3 durante la cartografía del motor.

Excepto en los motores de régimen constante, la cartografía del motor se determinará con el regulador o la palanca de mando del combustible totalmente abiertos y utilizando regímenes discretos en orden ascendente. Los regímenes máximo y mínimo de la cartografía se definen de la manera siguiente:

Régimen mínimo de la cartografía = régimen de ralentí en caliente

Régimen máximo de la cartografía = n_{hi} × 1,02 o el régimen al que el par máximo se reduzca a cero (el que sea menor).

donde:

n_{hi} representa el régimen alto, ►**M2** definido en el artículo 1, punto 12. ◄

Si el régimen más alto no es seguro o no es representativo (p. ej., en el caso de los motores no regulados), se aplicarán las buenas prácticas técnicas para alcanzar el régimen seguro o representativo máximo.

7.6.1. Procedimiento de cartografía del motor para NRSC de régimen variable.

En el caso de la cartografía del motor para el NRSC de régimen variable (solo para motores que no han de ejecutar el ciclo NRTC o LSI-NRTC), se aplicarán las buenas prácticas técnicas para seleccionar un número suficiente de puntos de consigna uniformemente espaciados. En cada punto de consigna se estabilizará el régimen y se permitirá que el par se estabilice durante un mínimo de 15 segundos. El régimen y el par medios se registrarán en cada punto de consigna. Se recomienda que el régimen y el par medios se calculen mediante los datos registrados los últimos cuatro a seis segundos. En caso necesario, se utilizará la interpolación lineal para determinar los regímenes y pares de ensayo del NRSC. Cuando los motores también tengan que funcionar en NRTC o LSI-NRTC, se usará la cartografía del motor en NRTC para determinar los regímenes y los pares de ensayo en estado continuo.

A elección del fabricante, el procedimiento de cartografía del motor se puede llevar a cabo alternativamente con arreglo al procedimiento indicado en el punto 7.6.2.

▼B

7.6.2. Procedimiento de cartografía del motor para NRTC y LSI-NRTC

Para realizar la cartografía del motor se aplicará el procedimiento que figura a continuación:

a) el motor se descargará y se pondrá en funcionamiento al régimen de ralentí;

i) en el caso de los motores con regulador de régimen bajo, la demanda del operador se ajustará al mínimo, se utilizará el dinamómetro u otro dispositivo de carga para conseguir un par de cero en el eje de transmisión primario del motor y se permitirá que el motor controle el régimen. Se medirá este régimen de ralentí en caliente,

ii) en el caso de los motores sin regulador de régimen bajo, se regulará el dinamómetro para alcanzar un par de cero en el eje de transmisión primario del motor, y la demanda del operador se ajustará para controlar el régimen al régimen más bajo posible declarado por el fabricante con carga mínima (conocido como régimen de ralentí en caliente declarado por el fabricante),

iii) el par de ralentí declarado por el fabricante se podrá usar para todos los motores de régimen variable (con o sin regulador de régimen bajo), si un par de ralentí distinto de cero es representativo del funcionamiento;

b) la demanda del operador se establecerá en el máximo y se controlará que el régimen del motor se encuentre entre el ralentí en caliente y el 95 % de su régimen de ralentí en caliente. En el caso de motores con ciclo de ensayo de referencia cuyo régimen bajo sea superior al régimen de ralentí en caliente, la cartografía podrá empezar entre el ralentí de referencia más bajo y el 95 % del régimen de referencia más bajo;

c) el régimen del motor aumentará a un promedio de 8 ± 1 min^{-1}/s o se cartografiará el motor mediante un barrido continuo del régimen a una evolución constante de forma que el barrido desde el régimen mínimo al régimen máximo tarde entre cuatro y seis minutos. La gama de regímenes de la cartografía comenzará entre el ralentí en caliente y el 95 % del ralentí en caliente y acabará en el régimen más alto por encima de la potencia máxima en el que se produzca menos del 70 % de la potencia máxima. Si este régimen alto no es seguro o no es representativo (p. ej., en el caso de los motores no regulados), se aplicarán las buenas prácticas técnicas para alcanzar el régimen seguro o representativo máximo. Se registrarán los puntos de régimen y de par con una frecuencia de muestreo de al menos 1 Hz;

d) si un fabricante considera que las técnicas de cartografía anteriores no son seguras o no son representativas de un motor concreto, podrán utilizarse técnicas de cartografía alternativas. Estas técnicas alternativas deberán satisfacer el mismo objetivo que los procedimientos de cartografía destinados a determinar el par máximo disponible a todos los regímenes alcanzados durante los ciclos de ensayo. Las desviaciones respecto a las técnicas de cartografía especificadas en la presente sección por

▼B

motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por la autoridad de homologación, y su uso deberá justificarse. No obstante, en ningún caso se obtendrá la curva de par a partir del descenso de los regímenes de motor para los motores regulados o turboalimentados;

e) no es preciso cartografiar un motor antes de cada ciclo de ensayo. La cartografía de un motor se repetirá si:

i) con arreglo a las buenas prácticas técnicas, ha transcurrido un tiempo excesivo desde el establecimiento de la última cartografía, o bien

ii) se han efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en sus prestaciones, o bien

iii) la presión atmosférica cerca de la entrada de aire del motor no se encuentra dentro de un margen de ±5 kPa del valor registrado al realizar la última cartografía del motor.

7.6.3. Procedimiento de cartografía de motores para NRSC de régimen constante

El motor podrá funcionar con un regulador de régimen constante existente o se podrá simular un regulador de régimen constante controlando el régimen con un sistema de control de la demanda del operador. Se podrá utilizar un regulador isócrono o uno de disminución del régimen, según convenga.

7.6.3.1. Comprobación de la potencia nominal de los motores que deben someterse a ensayo en los ciclos D2 o E2

Se realizará la comprobación que figura a continuación:

a) mientras el regulador o el simulador de regulador que controla el régimen utilice la demanda del operador, el motor funcionará con régimen nominal y potencia nominal durante el tiempo necesario para conseguir un funcionamiento estable;

b) el par se aumentará hasta que el motor no sea capaz de mantener el régimen controlado. Se registrará la potencia en este punto. Antes de realizar esta comprobación, el fabricante y el servicio técnico que llevan a cabo la comprobación decidirán de común acuerdo el método para determinar de forma segura el momento en que se ha alcanzado este punto, en función de las características del regulador. ►**M2** La potencia registrada no excederá en más de un 12,5 % la potencia nominal definida en el artículo 3, punto 27, del Reglamento (UE) 2016/1628. Si se supera este valor, el fabricante revisará la potencia nominal declarada. ◄

En caso de que el motor concreto que se somete a ensayo sea incapaz de llevar a cabo esta comprobación debido al riesgo de que se produzcan daños en el motor o en el dinamómetro, el fabricante presentará a las autoridades de homologación pruebas sólidas de que la potencia máxima no excede la potencia nominal en más de un 12,5 %.

▼B

7.6.3.2. Procedimiento de cartografía para NRSC de régimen constante

a) Mientras el regulador o el simulador de regulador que regule el régimen utilice la demanda del operador, el motor funcionará con régimen regulado sin carga (a régimen alto, no ralentí bajo) durante un mínimo de quince segundos, a menos que el motor concreto sea incapaz de realizar esta tarea.

b) Se utilizará el dinamómetro para aumentar el par de manera constante. La cartografía se realizará de modo que se tarde como mínimo dos minutos para ir desde el régimen de regulación sin carga hasta el par correspondiente a la potencia nominal de los motores que deben someterse a ensayo en los ciclos D2 o E2 o al par máximo en el caso de los demás ciclos de ensayo de régimen constante. Durante la cartografía del motor se registrarán el régimen y el par efectivos con una frecuencia mínima de 1 Hz.

c) En el caso de un motor de régimen constante con un regulador que pueda ajustarse a regímenes alternativos, el motor se someterá a ensayo con cada régimen constante aplicable.

En el caso de los motores de régimen constante, de acuerdo con la autoridad de homologación se utilizarán las buenas prácticas técnicas para aplicar otros métodos de registro del par y la potencia a los regímenes de funcionamiento definidos.

En el caso de los motores sometidos a ensayo en ciclos distintos de D2 o E2, cuando estén disponibles los valores del par máximo tanto medidos como, en lugar del valor medido se podrá utilizar el declarado, a condición de que se encuentre entre el 95 % y el 100 % del valor medido.

7.7. Generación del ciclo de ensayo

7.7.1. Generación del NRSC

Este punto se utilizará para generar los regímenes y las cargas del motor a los que este funcionará durante los ensayos con NRSC de modo discreto o RMC.

7.7.1.1. Generación de los regímenes de ensayo NRSC para motores sometidos tanto a ensayos NRSC como a ensayos NRTC o LSI-NRTC.

En el caso de los motores sometidos a ensayos NRTC o LSI-NRTC además de al NRSC, el MTS especificado en el punto 5.2.5.1. se utilizará como régimen al 100 % en los ensayos tanto en estado continuo como en estado transitorio.

El MTS se utilizará en lugar del régimen nominal para determinar el régimen intermedio con arreglo al punto 5.2.5.4.

El régimen de ralentí se determinará de conformidad con el punto 5.2.5.5.

7.7.1.2. Generación de regímenes de ensayo NRSC para motores sometidos únicamente a ensayo NRSC

En el caso de los motores que no se someten a un ciclo de ensayo transitorio (NRTC o LSI-NRTC), el régimen nominal especificado en el punto 5.2.5.3 se utilizará como el 100 % del régimen.

▼B

El régimen de ralentí se utilizará para determinar el régimen intermedio de conformidad con el punto 5.2.5.4. Si el NRSC especifica regímenes suplementarios como porcentajes, estos deben calcularse como porcentajes del régimen nominal.

El régimen de ralentí se determinará de conformidad con el punto 5.2.5.5.

Previa aprobación del servicio técnico, puede utilizarse MTS en vez del régimen nominal para generar los regímenes de ensayo en este punto.

7.7.1.3. Generación de carga NRSC para cada modo de ensayo

El porcentaje de carga para cada modo de ensayo del ciclo de ensayo elegido se tomará del cuadro NRSC adecuado del apéndice 1 o 2 del anexo XVII. En función del ciclo de ensayo, el porcentaje de la carga en estos cuadros se expresa como potencia o como par, de conformidad con el punto 5.2.6. y las notas a pie de página de cada cuadro.

Se medirá el valor correspondiente al 100 % de un régimen de ensayo determinado o se tomará el valor declarado de la curva de cartografía generada de conformidad con el punto 7.6.1., 7.6.2. o 7.6.3 respectivamente, expresado como potencia (kW).

El ajuste del motor para cada modo de ensayo se calculará utilizando la ecuación (6-14):

$$S = \left((P_{\text{max}} + P_{\text{AUX}}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{\text{AUX}} \qquad (6\text{-}14)$$

donde:

S es el ajuste del dinamómetro, en kW

P_{max} es la potencia máxima observada o declarada del régimen de ensayo en las condiciones de ensayo (especificada por el fabricante), en kW

P_{AUX} es la potencia total declarada absorbida por cualquier accesorio como define la ecuación (6-8) (véase el punto 6.3.5.) al régimen de ensayo especificado, en kW

L es el porcentaje de par

Se podrá declarar un par mínimo en caliente que sea representativo del funcionamiento en uso, que se podrá utilizar para cada punto de carga que, de otro modo, no alcanzaría este valor si el tipo de motor no fuera a funcionar habitualmente por debajo de este par mínimo, por ejemplo, debido a que se fuera a conectar a una máquina móvil no de carretera que no funciona por debajo de un par mínimo determinado.

En el caso de los ciclos E2 y D2, el fabricante declarará la potencia nominal, que se utilizará como el 100 % de potencia cuando se genere el ciclo de ensayo.

▼B

7.7.2. Generación de régimen y carga de los ciclos NRTC y LSI-NRTC para cada punto de ensayo (desnormalización)

Este punto se utilizará para generar los regímenes y las cargas del motor correspondientes a su funcionamiento durante los ensayos NRTC o LSI-NRTC. En el anexo XVII, apéndice 3, se definen los ciclos de ensayo aplicables en un formato normalizado. Un ciclo de ensayo normalizado consiste en una secuencia de pares de valores correspondientes al porcentaje de régimen y par.

Los valores normalizados de régimen y par se transformarán según las convenciones que figuran a continuación:

a) el régimen normalizado se transformará en una secuencia de regímenes de referencia, n_{ref}, de conformidad con el punto 7.7.2.2;

b) el par normalizado se expresará como porcentaje del par cartografiado a partir de la curva generada de conformidad con el punto 7.6.2. al régimen de referencia correspondiente. Estos valores normalizados se transformarán en una secuencia de pares de referencia, T_{ref}, de conformidad con el punto 7.7.2.3;

c) los valores del régimen de referencia y el par de referencia, expresados en unidades coherentes, se multiplicarán para calcular los valores de la potencia de referencia.

7.7.2.1. Reservado

7.7.2.2. Desnormalización del régimen del motor

El régimen del motor se desnormalizará mediante la ecuación (6-15):

$$n_{ref} = \frac{\%speed \times (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (6\text{-}15)$$

donde:

n_{ref} es el régimen de referencia

MTS es el régimen de ensayo máximo

n_{idle} es el régimen de ralentí

$\%\ speed$ es el valor de régimen normalizado de NRTC o LSI-NRTC tomado del anexo XVII, apéndice 3.

7.7.2.3. Desnormalización del par motor

Los valores del par en el programa dinamométrico del anexo XVII, apéndice 3, están normalizados al par máximo del régimen respectivo. Los valores del par del ciclo de referencia se desnormalizarán mediante la curva gráfica determinada de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.6.2 mediante la ecuación (6-16):

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot max.torque}{100} \quad (6\text{-}16)$$

para el respectivo régimen de referencia determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.7.2.2.

donde:

T_{ref} es el par de referencia para el régimen de referencia respectivo

▼M2

max.torque es el par máximo para el régimen de referencia respectivo tomado de la cartografía del motor realizada de conformidad con el punto 7.6.2 y, en su caso, ajustado de conformidad con el punto 7.7.2.3, letra b)

▼B

% torque es el valor de par normalizado NRTC o LSI-NRTC tomado del anexo XVII, apéndice 3.

a) Par mínimo declarado

Se podrá declarar un par mínimo que sea representativo del funcionamiento normal. Por ejemplo, si normalmente el motor está conectado a una máquina móvil no de carretera que no funciona por debajo de un par mínimo determinado, se podrá declarar y utilizar ese par para cada punto de carga que, de otro modo, no alcanzaría este valor.

b) Ajuste del par del motor debido a los accesorios montados para los ensayos de emisiones

Si los accesorios están instalados conforme al apéndice 2, no habrá ajuste al par máximo para el respectivo régimen de ensayo tomado del procedimiento de cartografía del motor realizado de acuerdo con el punto 7.6.2.

Si, con arreglo a los puntos 6.3.2. o 6.3.3., los accesorios que deberían haberse montado para el ensayo no se han instalado, o los accesorios que deberían haberse retirado para el ensayo están instalados, el valor de T_{max} se ajustará mediante la ecuación (6-17).

$$T_{max} = T_{map} — T_{AUX} \quad (6\text{-}17)$$

donde:

$$T_{AUX} = T_r — T_f \quad (6\text{-}18)$$

donde:

T_{map} es el par máximo no ajustado para el régimen de referencia respectivo tomado de la cartografía del motor realizada de conformidad con el punto 7.6.2.

T_f es el par necesario para accionar los accesorios que deberían haberse montado pero que no se instalaron para el ensayo.

T_r es el par necesario para accionar los accesorios que deberían haberse retirado para el ensayo pero que permanecieron instalados durante el ensayo.

7.7.2.4. Ejemplo de procedimiento de desnormalización

A modo de ejemplo, se desnormalizará el siguiente punto de ensayo:

% del régimen = 43 %

% del par = 82 %

Teniendo en cuenta los valores siguientes:

MTS = 2200 min^{-1}

▼B

n_{idle} = 600 min^{-1}

resulta que:

$$n_{ref} = \frac{43 \cdot (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288\ min^{-1}$$

Con el par máximo de 700 Nm observado de la curva de la cartografía a 1 288 min^{-1}

$$T_{ref} = \frac{82 \times 700}{100} = 574\ Nm$$

7.8. Procedimiento de realización del ciclo de ensayo específico

7.8.1. Secuencia de ensayo de emisiones para NRSC de modo discreto

7.8.1.1. Calentamiento del motor para NRSC de modo discreto en estado continuo

Se llevará a cabo el procedimiento previo al ensayo previsto en el punto 7.3.1, incluida la calibración del analizador. El motor se calentará mediante la secuencia de preacondicionamiento del punto 7.3.1.1.3. Las mediciones del ciclo de ensayo comenzarán inmediatamente a partir de este punto de acondicionamiento del motor.

7.8.1.2. Ejecución del NRSC de modo discreto

a) El ensayo se realizará por el orden ascendente de los números de modo señalados para el ciclo de ensayo (véase anexo XVII, apéndice 1).

▼M2

b) Cada modo tiene una duración de diez minutos como mínimo. En cada modo se estabilizará el motor durante al menos cinco minutos. El muestreo de las emisiones gaseosas y, cuando proceda, del número de partículas, se realizará durante uno a tres minutos al final de cada modo, mientras que el muestreo de las emisiones de partículas se realizará de conformidad con la letra c).

No obstante lo dispuesto en el párrafo anterior, cuando los motores de encendido por chispa se someten a los ciclos de ensayo G1, G2 o G3, o bien se realizan mediciones de conformidad con el anexo V del presente Reglamento, cada modo tiene una duración de tres minutos como mínimo. En este caso, el muestreo de las emisiones gaseosas y, cuando proceda, del número de partículas, se realizará durante al menos los dos últimos minutos de cada modo, mientras que el muestreo de las emisiones de partículas se realizará de conformidad con la letra c). Se podrán ampliar la duración del modo y el tiempo de muestreo para mejorar la precisión.

Se anotará la duración del modo y se incluirá en el informe.

▼B

c) ►M2 En el caso de las emisiones de partículas, el muestreo de partículas podrá efectuarse por el método de filtro único o por el método de múltiples filtros. Dado que los resultados de uno y otro método pueden diferir ligeramente, se declarará, junto con los resultados, el método utilizado. ◄

Para el método de filtro único se tendrán en cuenta durante el muestreo los factores de ponderación en función del modo indicados en el procedimiento del ciclo de ensayo y el flujo real de los gases de escape, ajustando el caudal de la muestra o el tiempo de muestreo, según el caso. Es necesario que el factor de ponderación del muestreo de partículas efectivo se encuentre dentro de un margen de ± 0,005 del factor de ponderación del modo de que se trate.

El muestreo se efectuará lo más tarde posible en cada modo. Para el método de filtro único, el final del muestro de partículas coincidirá, con un margen de ± 5 s, con el final de la medición de las emisiones gaseosas. El tiempo de muestreo por modo deberá ser de veinte segundos como mínimo para el método de filtro único y de sesenta segundos como mínimo para el método de múltiples filtros. En el caso de los sistemas sin

▼B

posibilidad de derivación, el tiempo de muestreo por modo será como mínimo de sesenta segundos, tanto para el método de filtro único como para el de múltiples filtros.

d) El régimen y la carga del motor, la temperatura del aire de admisión, el flujo de combustible y, en su caso, el flujo de aire o de gas de escape se medirán para cada modo en el mismo intervalo de tiempo utilizado para la medición de las concentraciones gaseosas.

Se registrará cualquier dato adicional que sea necesario para el cálculo.

e) Si el motor se para o el muestreo de emisiones se interrumpe en algún momento tras el comienzo del muestro de emisiones para el NRSC de modo discreto y el método de filtro único, el ensayo se invalidará y se repetirá empezando por el procedimiento de calentamiento del motor. En el caso de la medición de partículas mediante el método de múltiples filtros (un filtro de muestreo para cada modo de funcionamiento), el ensayo deberá continuar estabilizando el motor en el modo previo para acondicionar la temperatura del motor e iniciando a continuación la medición con el modo en el que el motor se haya calado.

f) Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2.

7.8.1.3. Criterios de validación

Durante cada modo del ciclo de ensayo en estado continuo en cuestión, después del período de transición inicial, el régimen medido no se desviará del régimen de referencia más de ±1 % del régimen nominal o de ±3 min^{-1}, el valor que sea superior, excepto en lo que se refiere al régimen de ralentí, que deberá estar dentro de las tolerancias declaradas por el fabricante. El par medido no se desviará del par de referencia más de ±2 % del par máximo al régimen de ensayo.

7.8.2. Secuencia de ensayo de emisiones para RMC

7.8.2.1. Calentamiento del motor

Se llevará a cabo el procedimiento previo al ensayo previsto en el punto 7.3.1, incluida la calibración del analizador. El motor se calentará mediante la secuencia de preacondicionamiento del punto 7.3.1.1.4. Inmediatamente después de este procedimiento de acondicionamiento del motor, si el régimen y el par del motor no se han ajustado todavía para el primer modo del ensayo, se ajustarán mediante un aumento lineal de 20 ± 1 segundos a dicho modo. Entre cinco y diez segundos después de finalizado el aumento comenzará la medición del ciclo de ensayo.

7.8.2.2. Ejecución de un RMC

El ensayo se realizará por el orden de los números de modo señalados para el ciclo de ensayo (véase anexo XVII, apéndice 2). En caso de que no haya un RMC disponible para el NRSC especificado, se aplicará el NRSC de modo discreto establecido en el punto 7.8.1.

▼B

El motor estará en funcionamiento durante el tiempo prescrito en cada modo. La transición de un modo al siguiente se realizará de manera lineal en 20 s ± 1 s, con las tolerancias prescritas en el punto 7.8.2.4.

En el caso del RMC, los valores de régimen y par de referencia se generarán a una frecuencia mínima de 1 Hz y esta secuencia de puntos se utilizará para ejecutar el ciclo. Durante la transición entre modos, los valores de régimen y par de referencia desnormalizados aumentarán linealmente entre los modos para generar puntos de referencia. Los valores de par de referencia normalizados no se aumentarán linealmente entre modos y se desnormalizarán a continuación. Si los aumentos de régimen y par pasan por un valor superior a la curva de par del motor, se seguirán regulando los pares de referencia y se permitirá que la demanda del operador llegue al máximo.

Durante todo el RMC (durante cada modo e incluyendo los aumentos entre modos) se medirá la concentración de cada gas contaminante, y, si hay un límite aplicable, se recogerá una muestra de partículas y del número de partículas. Los gases contaminantes se podrán medir sin diluir o diluidos y se registrarán continuamente. Si se miden diluidos, la muestra también se podrá introducir en una bolsa de muestras. La muestra de partículas se diluirá con aire limpio y acondicionado. Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de ensayo, y, en el caso de las partículas, se recogerá en un único filtro de muestreo de partículas.

Para calcular las emisiones específicas del freno, se determinará el trabajo real del ciclo mediante la integración de la potencia real del motor durante el ciclo completo.

7.8.2.3. Secuencia de ensayo de emisiones

a) La ejecución del RMC, el muestreo de los gases de escape, el registro de los datos y la integración de los valores medidos se iniciarán simultáneamente.

b) El régimen y el par se controlarán al primer modo del ciclo de ensayo.

c) Si el motor se para en algún momento del RMC, se invalidará el ensayo. El motor se preacondicionará y se repetirá el ensayo.

d) Al final del RMC continuará el muestreo, excepto el muestro de partículas, con todos los sistemas en funcionamiento a fin de permitir que transcurra el tiempo de respuesta del sistema. A continuación se detendrán todos los muestreos y registros, incluido el registro de las muestras de fondo. Por último, se detendrán todos los dispositivos de integración y se indicará el final del ciclo de ensayo en los datos registrados.

e) Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2.

7.8.2.4. Criterios de validación

Los ensayos RMC se validarán mediante un análisis de regresión, como se describe en los puntos 7.8.3.3 y 7.8.3.5. Las tolerancias del RMC permitidas se presentan en el cuadro 6.1. Nótese que las tolerancias del RMC son diferentes de las tolerancias del NRTC del cuadro 6.2. ►**M2** Cuando se sometan a ensayo motores de una potencia de referencia superior a 560 kW, podrán utilizarse las tolerancias de la línea de regresión del cuadro 6.2 y la eliminación de puntos del cuadro 6.3. ◄

▼B

Cuadro 6.1

Tolerancias de la línea de regresión del RMC

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SEE) de y sobre x	1 % máximo del régimen nominal	2 % máximo del par motor máximo	2 % máximo de la potencia del motor máxima
Pendiente de la línea de regresión, a_1	de 0,99 a 1,01	0,98 — 1,02	0,98 — 1,02
Coeficiente de determinación, r^2	mínimo 0,990	mínimo 0,950	mínimo 0,950
Intersección de la línea de regresión a_0 con el eje y	±1 % del régimen nominal	±20 Nm o 2 % del par máximo, el valor que sea mayor	±4 kW o ±2 % de la potencia máxima, el valor que sea mayor

En caso de que el ensayo RMC no se ejecute en un banco de ensayos transitorios en el que los valores de régimen y par no estén disponibles segundo a segundo, se aplicarán los criterios de validación siguientes.

En el punto 7.8.1.3 se presentan los requisitos de tolerancia de régimen y par de cada modo. En el caso de las transiciones lineales de régimen y par de veinte segundos entre los modos de ensayo en estado continuo RMC (punto 7.4.1.2), se aplicarán las siguientes tolerancias de régimen y carga para el aumento:

a) el régimen se mantendrá lineal dentro de un margen del ±2 % del régimen nominal;

b) el par se mantendrá lineal dentro de un margen del ±5 % del par máximo a régimen nominal.

7.8.3. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

Los mandos de los regímenes y pares de referencia se ejecutarán de manera secuencial para llevar a cabo el NRTC y el LSI-NRTC. Los mandos de régimen y de par se emitirán con una frecuencia mínima de 5 Hz. Dado que la referencia del ciclo de ensayo se especifica en 1 Hz, los valores intermedios de los mandos de régimen y par se interpolarán linealmente sobre la base de los valores de par de referencia determinados a partir de la generación del ciclo.

Los valores pequeños de régimen desnormalizado cercanos al régimen de ralentí en caliente pueden dar lugar a que se activen los reguladores del régimen de ralentí bajo y el par motor supere el par de referencia aunque la demanda del operador sea mínima. En tales casos, se recomienda controlar el dinamómetro de manera que se dé prioridad al par de referencia y no al régimen de referencia y el motor pueda controlar el régimen.

En condiciones de arranque en frío, los motores podrán usar un dispositivo de ralentí reforzado para calentar rápidamente el motor y el sistema de postratamiento de los gases de escape. En estas condiciones, los regímenes normalizados muy bajos generarán regímenes de referencia por debajo de este régimen de ralentí reforzado superior. En este caso, se recomienda controlar el dinamómetro de manera que se dé prioridad al par de referencia y el motor pueda controlar el régimen cuando la demanda del operador sea mínima.

▼B

Durante un ensayo de emisiones, los valores de referencia de régimen y par y los valores de retorno de régimen y par se registrarán con una frecuencia mínima de 1 Hz, pero preferiblemente de 5 Hz o incluso de 10 Hz. Esta mayor frecuencia de registro es importante, pues ayuda a minimizar la influencia que pueda ejercer el desfase temporal entre los valores de retorno medidos y los valores de referencia de régimen y par.

Los valores de retorno y de referencia de régimen y par se podrán registrar a frecuencias más bajas (de hasta 1 Hz), si se registran los valores medios del intervalo temporal entre los valores registrados. Los valores medios se calcularán a partir de los valores de retorno actualizados a una frecuencia mínima de 5 Hz. Estos valores registrados se utilizarán para calcular las estadísticas de validación del ciclo y el trabajo total.

7.8.3.1. Realización de un ensayo NRTC

Se llevarán a cabo los procedimientos previos al ensayo previstos en el punto 7.3.1, incluidos el preacondicionamiento, la refrigeración y la calibración del analizador.

Los ensayos comenzarán como figura a continuación.

La secuencia de ensayos comenzará inmediatamente después de que el motor haya arrancado en frío como especifica el punto 7.3.1.2 en caso de NRTC de arranque en frío, o desde la homogeneización en caliente, en caso de NRTC de arranque en caliente. Se aplicará la secuencia descrita en el punto 7.4.2.1.

El registro de datos, el muestreo de los gases de escape y la integración de los valores medidos se iniciarán en el momento en que se arranque el motor. El ciclo de ensayo se iniciará cuando arranque el motor y se ejecutará con arreglo al programa del anexo XVII, apéndice 3.

Al final del ciclo continuará el muestreo, con todos los sistemas en funcionamiento a fin depermitir que transcurra el tiempo de respuesta del sistema. A continuación se detendrán todos los muestreos y registros, incluido el registro de las muestras de fondo. Por último, se detendrán todos los dispositivos de integración y se indicará el final del ciclo de ensayo en los datos registrados.

Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2.

7.8.3.2. Realización de un ensayo LSI-NRTC

Se llevarán a cabo los procedimientos previos al ensayo previstos en el punto 7.3.1, incluidos el preacondicionamiento y la calibración del analizador.

Los ensayos comenzarán como se indica a continuación.

El ensayo comenzará de conformidad con la secuencia prevista en el punto 7.4.2.2.

El registro de datos, el muestreo de los gases de escape y la integración de los valores medidos se iniciarán simultáneamente con el inicio del LSI-NRTC al final del periodo de ralentí de treinta segundos previsto en el punto 7.4.2.2., letra b). El ciclo de ensayo se ejecutará con arreglo al programa del anexo XVII, apéndice 3.

Al final del ciclo continuará el muestreo, con todos los sistemas en funcionamiento a fin de permitir que transcurra el tiempo de respuesta del sistema. A continuación se detendrán todos los muestreos y registros, incluido el registro de las muestras de fondo. Por último, se detendrán todos los dispositivos integrantes y se indicará el final del ciclo de ensayo en los datos registrados.

▼B

Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2.

7.8.3.3. Criterios de validación del ciclo para los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

A fin de comprobar la validez de un ensayo, los criterios de validación del ciclo del presente punto se aplicarán a los valores de retorno y de referencia del régimen, el par, la potencia y el trabajo general.

7.8.3.4. Cálculo del trabajo del ciclo

Antes de calcular el trabajo de ciclo, se omitirá todo valor de régimen y de par registrado durante el arranque del motor. Los puntos con valores de par negativos se cuentan como trabajo nulo. El trabajo efectivo producido durante el ciclo, W_{act} (kWh), se calculará utilizando los valores de retorno del régimen y el par del motor. El trabajo de ciclo de referencia W_{ref} (kWh) se calculará utilizando los valores de referencia del régimen y del par del motor. El trabajo de ciclo efectivo W_{act} se utilizará para comparar con el trabajo de ciclo de referencia W_{ref} y para calcular las emisiones específicas del freno (véase el punto 7.2).

W_{act} deberá estar situado entre el 85 % y el 105 % de W_{ref}.

7.8.3.5. Estadísticas de validación (véase el anexo XVII, apéndice 2)

Se calculará la regresión lineal entre los valores de referencia y de retorno para el régimen, el par y la potencia.

Para minimizar el efecto distorsionante del desfase temporal entre los valores del ciclo de referencia y de retorno, la secuencia completa de la señal de retorno del par y del régimen del motor podrá adelantarse o retrasarse con respecto a la secuencia del régimen y del par de referencia. Si se desplazan las señales de retorno, el régimen y el par deberán desplazarse en igual medida y en el mismo sentido.

Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación más adecuada tendrá la forma de la ecuación (6-19):

$$y = a_1 x + a_0 \quad (6\text{-}19)$$

donde:

y es el valor de retorno del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW)

a_1 es la pendiente de la línea de regresión

x es el valor de referencia del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW)

a_0 es la intersección de la línea de regresión con el eje y

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SEE) de y sobre x y el coeficiente de determinación (r^2) de conformidad con las disposiciones del anexo VII, apéndice 3).

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hz. Para que un ensayo pueda considerarse válido deberán cumplirse los criterios del cuadro 6.2.

Cuadro 6.2

Tolerancias de la línea de regresión

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (*SEE*) de y sobre x	≤ 5,0 % del régimen de ensayo máximo	≤ 10,0 % del par cartografiado máximo	≤ 10,0 % de la potencia cartografiada máxima

▼B

	Régimen	Par	Potencia
Pendiente de la línea de regresión, a_1	0,95 a 1,03	0,83 — 1,03	0,89 — 1,03
Coeficiente de determinación, r^2	mínimo 0,970	mínimo 0,850	mínimo 0,910
intersección de la línea de regresión a_0 con el eje y	≤ 10 % de ralentí	±20 Nm o ±2 % del par máximo, el valor que sea mayor	±4 kW o ±2 % de la potencia máxima, el valor que sea mayor

Únicamente a efectos de regresión, podrán eliminarse los puntos que figuran en el cuadro 6.3 antes de efectuar el cálculo de regresión. Sin embargo, esos puntos no se eliminarán para el cálculo de trabajo del ciclo y de las emisiones. Por punto de ralentí se entiende el punto que tiene un par de referencia normalizado de 0 % y un régimen de referencia normalizado también de 0 %. La eliminación de puntos se podrá aplicar a todo el ciclo o a parte de él. Se habrá de especificar qué puntos van a ser eliminados.

▼M2

Cuadro 6.3

Puntos que pueden borrarse en el análisis de regresión

Evento	Condiciones (n = régimen del motor, T = par)	Puntos que pueden borrarse
Demanda mínima del operador (punto de ralentí)	$n_{ref} = n_{idle}$ y $T_{ref} = 0$ % y $T_{act} > (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$ y $T_{act} < (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	régimen y potencia
Demanda mínima del operador	$n_{act} \leq 1{,}02\ n_{ref}$ y $T_{act} > T_{ref}$ o bien $n_{act} > n_{ref}$ y $T_{act} \leq T_{ref}$, o bien $n_{act} > 1{,}02\ n_{ref}$ y $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	potencia y par o régimen
Demanda máxima del operador	$n_{act} < n_{ref}$ y $T_{act} \geq T_{ref}$ o bien $n_{act} \geq 0{,}98\ n_{ref}$ y $T_{act} < T_{ref}$ o bien $n_{act} < 0{,}98\ n_{ref}$ y $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	potencia y par o régimen

donde:

n_{ref}	es el régimen de referencia (véase la sección 7.7.2)
n_{idle}	es el régimen de ralentí
n_{act}	es el régimen (medido) real
T_{ref}	es el par de referencia (véase la sección 7.7.2)
T_{act}	es el par (medido) real
$T_{maxmappedtorque}$	es el valor máximo del par en la curva de par a plena carga cartografiado de conformidad con la sección 7.6

▼B

8. Procedimientos de medición

8.1. Comprobaciones de calibración y rendimiento

8.1.1. Introducción

En este punto se describen las calibraciones y verificaciones necesarias de los sistemas de medición. Véanse las especificaciones aplicables a los diferentes instrumentos del punto 9.4.

En general, las calibraciones o las verificaciones se aplicarán a toda la cadena de medición.

Cuando no se especifique la calibración o la verificación de una parte de un sistema de medición, se calibrará esa parte del sistema y se verificará su rendimiento con una frecuencia coherente con las recomendaciones del fabricante del sistema de medición y también con las buenas prácticas técnicas.

Se aplicarán las normas trazables y reconocidas inteernacionalmente para cumplir las tolerancias indicadas para las calibraciones y verificaciones.

8.1.2. Resumen de calibración y verificación

El cuadro 6.4 resume las calibraciones y verificaciones descritas en la sección 8 e indica cuándo se han de efectuar.

Cuadro 6.4

Resumen de calibración y verificaciones

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima [a]
8.1.3: precisión, repetibilidad y ruido	Precisión: no es obligatoria, pero se recomienda en la instalación inicial. Repetibilidad: no es obligatoria, pero se recomienda en la instalación inicial. Ruido: no es obligatoria, pero se recomienda en la instalación inicial.
8.1.4: verificación de la linealidad	Régimen: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Par: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Aire de admisión, aire de dilución y flujos de gases de escape, e índices de caudal de las muestras por lote en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante, salvo que el flujo se verifique midiendo su contenido en propano o mediante el método del balance de carbono o de oxígeno. Flujo de gases de escape sin diluir: en la instalación inicial, en los 185 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante, salvo que el flujo se verifique midiendo su contenido en propano o mediante el método del balance de carbono o de oxígeno. Separadores de gases: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Analizadores de gas (salvo indicación en contrario): en la instalación inicial, en los 35 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

▼B

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima [a]
	Analizador FTIR: en la instalación, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Balance de partículas: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Presión y temperatura independientes: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.5: Respuesta continua del sistema analizador de gases y verificación de la actualización-registro en el caso de los analizadores de gases que no se compensan de manera continua para otros gases.	En la instalación inicial o tras una modificación que pueda afectar a la respuesta.
8.1.6: Respuesta continua del sistema analizador de gases y verificación de la actualización-registro en el caso de los analizadores de gases que se compensan de manera continua para otros gases	En la instalación inicial o tras una modificación que pueda afectar a la respuesta.
8.1.7.1: par	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.7.2: presión, temperatura y punto de rocío	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.1: caudal de combustible	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.2: flujo de aire de admisión	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.3: Flujo de gases de escape sin diluir:	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.4: flujo de gases de escape diluidos (CVS y PFD)	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.5: CVS/PFD y verificación del sistema de muestreo por lotes [b]	En la instalación inicial, en los 35 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. (Comprobación del contenido en propano)
8.1.8.8: fugas en vacío	En la instalación del sistema de muestreo. Antes de cada ensayo de laboratorio, según lo prescrito en el punto 7.1: en un margen de ocho horas antes del inicio del primer intervalo de ensayo de cada secuencia de ciclos de ensayo y después de una operación de mantenimiento, como el cambio de los prefiltros.
8.1.9.1: interferencia CO_2 NDIR H_2O	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.9.2: interferencia CO NDIR CO_2 y H_2O	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.10.1: Calibración del FID Optimización y verificación del FID de HC	Calibración, optimización y determinación de la respuesta al CH_4: en la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Verificación de la respuesta al CH_4: en la instalación inicial, en los 185 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

▼B

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima [a]
8.1.10.2: Interferencia de los gases de escape FID O_2	Para todos los analizadores FID: en la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Para los analizadores FID de THC: en la instalación inicial, tras cualquier operación de mantenimiento importante y después de la optimización del FID según lo prescrito en 8.1.10.1.
8.1.11.1: Amortiguación CLD, CO_2 y H_2O	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.11.3: Interferencia HC NDUV y H_2O	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
▼M2 8.1.11.4: Penetración del NO_2 en el secador de muestras (enfriador)	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
▼B 8.1.11.5: Conversión mediante convertidor NO_2-NO	En la instalación inicial, en los 35 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
▼M2 8.1.12: Verificación del secador de muestras	Para enfriadores térmicos: en la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Para membranas osmóticas: en la instalación, en un margen de 35 días del ensayo y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
▼B 8.1.13.1: Equilibrio y pesaje de partículas	Verificación independiente: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Verificaciones de cero, ajuste y muestra de referencia: en un margen de doce horas del pesaje y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

[a] Efectuar las calibraciones y verificaciones con mayor frecuencia, de acuerdo con las instrucciones del fabricante en relación con el sistema de medición y las buenas prácticas técnicas.
[b] No es obligatorio verificar el CVS cuando los sistemas respetan un margen del ±2 % sobre la base del balance químico de carbono u oxígeno del aire de admisión, el combustible y el gas de escape diluido.

8.1.3. Verificaciones de precisión, repetibilidad y ruido

Los valores de eficacia de los diferentes instrumentos especificados en el cuadro 6.8 constituyen la base para determinar la precisión, la repetibilidad y el ruido de un instrumento.

No es obligatorio verificar la precisión, la repetibilidad y el ruido de un instrumento. Sin embargo, puede ser útil tener en cuenta estas verificaciones para definir la especificación de un nuevo instrumento, verificar el rendimiento de un nuevo instrumento a su entrega o resolver los problemas que plantee un instrumento existente.

8.1.4. Verificación de la linealidad

8.1.4.1. Ámbito y frecuencia

Para cada sistema de medición enumerado en el cuadro 6.5 se llevará a cabo una verificación de la linealidad con la frecuencia mínima indicada en el cuadro. La verificación será coherente con las recomendaciones del fabricante del sistema de medición y las buenas prácticas técnicas. La finalidad de la verificación de la

▼B

linealidad es determinar que el sistema de medida responde de manera proporcional en todo el intervalo de referencia de la medición. La verificación de la linealidad consistirá en introducir al menos 10 valores de referencia, u otros valores que se especifiquen, en el sistema de medición. El sistema de medición cuantifica cada valor de referencia. Los valores medidos se compararán colectivamente con los valores de referencia mediante una regresión lineal de mínimos cuadrados y aplicando los criterios de linealidad especificados en el cuadro 6.5.

8.1.4.2. Resultados requeridos

Si un sistema de medición no cumple los criterios de linealidad aplicables del cuadro 6.5, se corregirá la deficiencia mediante el recalibrado, el mantenimiento o la sustitución de los componentes, según convenga. Una vez corregida la deficiencia se repetirá la verificación de la linealidad para asegurarse de que el sistema de medición cumpla los criterios de linealidad.

8.1.4.3. Procedimiento

Se aplicará el siguiente protocolo de verificación de la linealidad:

a) se utilizará un sistema de medición a las temperaturas, presiones y flujos específicos;

b) el instrumento se pondrá a cero como correspondería antes de un ensayo de emisiones mediante la introducción de una señal de cero. En el caso de los analizadores de gases, se utilizará un gas de cero que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1, que se introducirá directamente en el orificio del analizador;

c) el instrumento se ajustará como correspondería en un ensayo de emisiones, introduciendo una señal de ajuste. En el caso de los analizadores de gases, se utilizará un gas patrón que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1, que se introducirá directamente en el puerto del analizador;

d) tras ajustar el instrumento, se verificará el cero con la misma señal que se haya utilizado en la letra b) del presente punto. A partir del valor de cero medido, se aplicarán las buenas prácticas técnicas para determinar si el instrumento se ha de volver a poner a cero o se ha de volver a ajustar antes de continuar con el siguiente paso;

e) para todas las cantidades medidas se aplicarán las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas para seleccionar los valores de referencia, y_{refi}, que cubren todo el intervalo de valores previstos durante los ensayos de emisiones, con lo que se evitará la necesidad de extrapolar más allá de estos valores. Se seleccionará una señal de referencia de cero como uno de los valores de referencia de la verificación de la linealidad. Para las verificaciones de la linealidad de la presión y la temperatura independientes, se seleccionarán tres valores de referencia como mínimo. Para todas las demás verificaciones de la linealidad, se seleccionarán diez valores de referencia como mínimo;

f) se aplicarán las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas para seleccionar el orden en que se introducirán las series de valores de referencia;

g) se generarán cantidades de referencia y se introducirán como se describe en el punto 8.1.4.4. En el caso de los analizadores de gases, se utilizarán las concentraciones de gases de las que se sepa que cumplen las especificaciones del punto 9.5.1 y se introducirán directamente en el puerto del analizador;

h) se dejará un tiempo para que el instrumento se estabilice mientras mide el valor de referencia;

i) el valor de referencia se medirá durante treinta segundos con una frecuencia de registro equivalente al menos a la frecuencia mínima (como se especifica en el cuadro 6.7), y se registrará la media aritmética de los valores registrados $\bar{y}_i$;

▼B

j) se repetirán los pasos de las letras g) a i) del presente punto hasta que se hayan medido todas las cantidades de referencia;

k) las medias aritméticas $\overline{y}_i$, y los valores de referencia, y_{refi}, se utilizarán para calcular los parámetros de la regresión lineal de mínimos cuadrados, mientras que los valores estadísticos servirán para comparar con los criterios operativos mínimos especificados en el cuadro 6.5. Se utilizarán los cálculos previstos en el anexo VII, apéndice 3.

8.1.4.4. Señales de referencia

En este punto se describen los métodos recomendados para generar los valores de referencia del protocolo de verificación de la linealidad indicado en el punto 8.1.4.3. Los valores de referencia se utilizarán para simular valores reales, o se introducirá un valor real que se medirá con un sistema de medición de referencia. En este último caso, el valor de referencia es el valor aportado por el sistema de medición de referencia. Los valores de referencia y los sistemas de medición de referencia deberán ser verificables internacionalmente.

En el caso de los sistemas de medición de la temperatura dotados de sensores como termopares, RTD y termistores, la verificación de la linealidad se podrá realizar retirando el sensor del sistema y utilizando, en su lugar, un simulador. Se utilizará un simulador que ha sido independientemente calibrado y compensado con junta fría, según convenga. La incertidumbre del simulador, trazable internacionalmente, ajustada la temperatura será inferior al 0,5 % de la temperatura máxima de funcionamiento, T_{max}. En caso de que se utilice esta opción, serán necesarios unos sensores cuya precisión declarada por el proveedor sea superior al 0,5 % de T_{max} en comparación con su curva de calibración estándar.

8.1.4.5. Sistemas de medición que requieren verificación de la linealidad

En el cuadro 6.5 se indican los sistemas de medición que requieren verificaciones de la linealidad. Se aplican a este cuadro las disposiciones que figuran a continuación:

a) si el fabricante del instrumento lo recomienda o las buenas prácticas técnicas lo aconsejan, las verificaciones de la linealidad serán más frecuentes;

b) «min» se refiere al valor mínimo de referencia utilizado durante la verificación de la linealidad.

Nótese que tal valor puede ser cero o negativo, según la señal;

c) «max» se refiere en general al valor máximo de referencia utilizado durante la verificación de la linealidad. Por ejemplo, en el caso de los separadores de gases, x_{max} es la concentración del gas patrón sin separar y sin diluir. Los siguientes casos son casos especiales en los que «max» se refiere a otro valor:

i) en el caso de la verificación de la linealidad del balance de partículas, m_{max} se refiere a la masa típica de un filtro de partículas,

ii) en el caso de la verificación de la linealidad del par, T_{max} se refiere al valor máximo del par motor especificado por el fabricante del motor con el par más alto que se vaya a comprobar;

d) los intervalos especificados son inclusivos. Por ejemplo, al especificar el intervalo 0,98-1,02 para la pendiente a_1, se indica $0{,}98 \leq a_1 \leq 1{,}02$;

▼B

e) estas verificaciones de la linealidad no son necesarias cuando se trata de sistemas que aplican la verificación del caudal de gas de escape diluido como se describe en el punto 8.1.8.5 para la verificación mediante la medición del contenido en propano o para los sistemas conformes, con un margen del ±2 %, en función del método del balance químico de carbono u oxígeno, con el aire de admisión, el combustible y el gas de escape;

f) los criterios de a_1 para estas cantidades solo se cumplirán si se requiere el valor absoluto de la cantidad, a diferencia del caso de una señal que solo es linealmente proporcional al valor efectivo;

g) las temperaturas independientes incluirán las temperaturas del motor y las condiciones ambientales utilizadas para establecer o verificar las condiciones del motor; las temperaturas utilizadas para establecer o verificar las condiciones críticas en el sistema de ensayo; y las temperaturas utilizadas en el cálculo de las emisiones:

   i) las verificaciones de la linealidad de la temperatura de carácter obligatorio incluyen: la admisión de aire; los bancos de postratamiento (para motores probados con sistemas de postratamiento de los gases de escape en ciclos con criterios de arranque en frío); el aire de dilución para el muestreo de partículas (CVS, doble dilución y sistemas de flujo parcial); la muestra de partículas; y la muestra de enfriador (para sistemas de muestreo de gases que utilicen enfriadores para secar las muestras),

   ii) las verificaciones de la linealidad de la temperatura que solo son obligatorias si el fabricante del motor así lo indica incluyen: la entrada de combustible; la salida de aire del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo (para motores comprobados con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación de la máquina móvil no de carretera); la entrada de refrigerante del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo (para motores comprobados con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación de la máquina móvil no de carretera); el aceite de la salida del radiador / del cárter; y el refrigerante antes del termostato (para motores refrigerados por líquido);

h) las presiones independientes incluirán las presiones del motor y las condiciones ambientales utilizadas para establecer o verificar las condiciones del motor; las presiones utilizadas para establecer o verificar las condiciones críticas en el sistema de ensayo; y las presiones utilizadas en el cálculo de las emisiones:

   i) las verificaciones de la linealidad de la presión de carácter obligatorio incluyen: la restricción de la presión de la admisión de aire; la contrapresión de los gases de escape sin diluir; el barómetro; la presión del medidor de la entrada del CVS (si se mide con CVS) y la muestra de enfriador (para sistemas de muestreo de gases que utilicen enfriadores para secar las muestras),

   ii) las verificaciones de la linealidad de la presión que solo son obligatorias si así lo indica el fabricante incluyen: la disminución de la presión del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo y de la tubería de interconexión (para motores de turbocompresión comprobados con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación de la máquina móvil no de carretera), la entrada de combustible y la salida de combustible. Puede utilizarse el caudal molar en vez del caudal volumétrico estándar como el término que representa la «cantidad». En este caso, puede utilizarse el caudal molar máximo en vez del caudal volumétrico estándar máximo en los correspondientes criterios de linealidad.

▼B

Cuadro 6.5

Sistemas de medición que requieren verificaciones de linealidad

Sistema de medición	Cantidad	Frecuencia mínima de verificación	Criterios de linealidad			
			$\lvert x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \rvert$	a	SEE	r^2
Régimen del motor	n	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 0,05 % n_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % n_{max}	0,990
Par motor	T	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % T_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % T_{max}	≥ 0,990
Caudal de combustible	q_m	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Aire de admisión Caudal ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Aire de dilución Caudal ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Gas de escape diluido Caudal ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Gas de escape sin diluir Caudal ([1])	q_V	En los 185 días previos a los ensayos	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Muestreo por lotes Caudales ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Separadores de gas	x/x_{span}	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 0,5 % x_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % x_{max}	≥ 0,990
Analizadores de gas	x	En los 35 días previos a los ensayos	≤ 0,5 % x_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % x_{max}	≥ 0,998
Equilibrio PM	m	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % m_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % m_{max}	≥ 0,998
Presiones independientes	p	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % p_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % p_{max}	≥ 0,998
Conversión analógico-digital de las señales de temperatura independiente	T	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % T_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % T_{max}	≥ 0,998

([1]) Puede utilizarse el caudal molar en vez del caudal volumétrico estándar como el término que representa la «cantidad». En este caso, puede utilizarse el caudal molar máximo en vez del caudal volumétrico estándar máximo en los correspondientes criterios de linealidad.

▼B

8.1.5. Verificación de la respuesta del sistema de análisis de gas continuo y de su registro y actualización

En la presente sección se describe un procedimiento general de verificación de la respuesta del sistema de análisis de gas continuo y de su registro y actualización. Véanse en el punto 8.1.6 los procedimientos de verificación de los analizadores del tipo de compensación.

8.1.5.1. Ámbito y frecuencia

Esta verificación se efectuará tras la instalación o la sustitución de un analizador de gas utilizado para muestreo continuo. También se efectuará si el sistema se vuelve a configurar de una manera que pueda afectar a su respuesta. Esta verificación es necesaria en los analizadores de gas continuo utilizados en ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI_NRTC) o RMC, pero no es necesaria en los sistemas de analizadores de gases por lotes ni en los sistemas de analizadores de gases continuos utilizados únicamente en ensayos NRSC de modo discreto.

8.1.5.2. Principios de medición

Con este ensayo se verifica que las frecuencias de actualización y registro se ajustan a la respuesta general del sistema a un cambio rápido de los valores de concentración en la sonda de muestreo. Los sistemas de análisis de gases se optimizarán de manera que su respuesta general a un cambio rápido de los valores de concentración se actualice y registre con una frecuencia adecuada para evitar pérdidas de información. Con este ensayo se verifica también que los sistemas de analizadores de gas continuos respetan un tiempo de respuesta mínimo.

Los ajustes del sistema para evaluar el tiempo de respuesta serán exactamente los mismos que durante la medición en el periodo de ensayo (es decir, presión, caudales, reglajes de los filtros en los analizadores y todos los demás elementos que influyen en el tiempo de respuesta). El tiempo de respuesta se determinará cambiando el gas directamente en la entrada de la sonda de muestreo. Los dispositivos de cambio de gas realizarán el cambio en menos de 0,1 s. Los gases utilizados en el ensayo darán lugar a un cambio de la concentración de un 60 % del fondo de escala (FS), como mínimo.

Se registrará la indicación de concentración de cada uno de los componentes del gas.

8.1.5.3. Requisitos del sistema

a) El tiempo de respuesta del sistema será ≤ 10 s, con un tiempo de subida de ≤ 5 s para todos los componentes medidos (CO, NO_x, CO_2 y HC) y todos los intervalos utilizados.

Antes de efectuar los cálculos de emisiones previstos en el anexo VII, se deberán cambiar todos los datos (concentración y flujos de combustible y aire) por sus tiempos de respuesta medidos.

b) Para demostrar una actualización y un registro aceptables en relación con la respuesta general del sistema, este deberá cumplir uno de los criterios que figuran a continuación:

i) el producto del tiempo medio de subida y la frecuencia con la que el sistema registra una concentración actualizada será como mínimo 5. El tiempo medio de subida no superará en ningún caso los diez segundos,

▼B

ii) la frecuencia con la que el sistema registra la concentración será como mínimo de 2 Hz (véase también el cuadro 6.7).

8.1.5.4. Procedimiento

Para verificar la respuesta de cada sistema de analizador de gases continuo se seguirá el procedimiento siguiente:

a) para instalar el instrumento se seguirán las instrucciones de arranque y funcionamiento del sistema de analizador dadas por el fabricante. El sistema de medición se ajustará según convenga para optimizar el funcionamiento. Esta verificación se efectuará mientras el analizador funciona de la misma manera que para los ensayos de emisiones. Si el analizador comparte su sistema de muestreo con otros analizadores y si el flujo de gas que entra a los otros analizadores afecta al tiempo de respuesta del sistema, los otros analizadores se pondrán en marcha y permanecerán en funcionamiento durante el ensayo de verificación. Este ensayo de verificación se podrá ejecutar en varios analizadores que compartan un mismo sistema de muestreo simultáneamente. Si durante los ensayos de emisiones se utilizan filtros análogos o filtros digitales en tiempo real, esos filtros funcionarán de la misma manera durante esta verificación;

b) en el caso de los equipos utilizados para validar el tiempo de respuesta del sistema, se recomienda utilizar conductos de transferencia de gases de longitudes mínimas; se conectará una fuente de aire de cero a la entrada de una llave de tres pasos (dos entradas y una salida), a fin de controlar el flujo de gas de cero y gases patrón mezclados a la entrada de la sonda del sistema de muestreo o una T cercana a la salida de la sonda. Normalmente, el caudal de gas es superior al caudal de muestreo de la sonda y el exceso se derrama a la entrada de esta. Si el caudal de gas es inferior al de la sonda, las concentraciones de gas se ajustarán para dar cuenta de la dilución del aire ambiente provocada en la sonda. Se podrán utilizar gases patrón binarios o múltiples. Se podrá utilizar un dispositivo mezclador de gases para mezclar los gases patrón. Se recomienda utilizar un dispositivo mezclador de gases para mezclar gases patrón diluidos en N2 con gases patrón diluidos en aire.

Utilizando un separador de gases, se mezclará a partes iguales un gas patrón NO–CO–CO_2–C_3H_8–CH_4 (balance de N_2) con un gas patrón de NO_2, balance de aire sintético purificado. También se podrán utilizar gases patrón binarios estándar, cuando proceda, en lugar de gas patrón mezclado NO-CO-CO_2-C_3H_8-CH_4, balance de N_2; en este caso se llevarán a cabo ensayos de respuestas por separado para cada analizador. La salida del separador de gases estará conectada a la otra entrada de la llave de tres pasos. La salida de la válvula se conectará a un rebosadero de la sonda del sistema de analizador de gas o a un rebosadero instalado entre la sonda y el conducto de transferencia a todos los analizadores que se estén verificando. Se adoptará una disposición que evite las pulsaciones de presión debidas a la detención del flujo a través del dispositivo mezclador de gases. Se omitirán todos los componentes del gas que no sean pertinentes en los analizadores para esta verificación. Como alternativa, se permitirá el uso de botellas de gas con gases únicos y la medición por separado de los tiempos de respuesta;

▼B

c) la recogida de datos se realizará como sigue:

i) se conmutará la válvula al modo de inicio del flujo de gas de cero,

ii) se permitirá la estabilización, teniendo en cuenta las demoras de transporte y la respuesta completa del analizador más lenta,

iii) se iniciará el registro de datos a la frecuencia utilizada durante los ensayos de emisiones; cada valor registrado será una concentración actualizada única medida por el analizador; no se alterarán los valores registrados utilizando interpolación o filtrado,

iv) se conmutará la llave para permitir el paso de los gases patrón mezclados a los analizadores; este tiempo se registrará como t_0,

v) se considerarán las demoras de transporte y la respuesta completa del analizador más lenta,

vi) se conmutará la válvula para permitir el paso del gas de cero al analizador; este tiempo se registrará como t_{100},

vii) se considerarán las demoras de transporte y la respuesta completa del analizador más lenta,

viii) se repetirán las etapas descritas en la letra c), incisos iv) a vii) de este punto para registrar siete ciclos completos, hasta acabar con el paso del gas de cero a los analizadores,

ix) se detendrá el registro.

8.1.5.5. Evaluación de los resultados

Los datos del punto 8.1.5.4, letra c) se utilizarán para calcular el tiempo medio de subida para cada analizador.

a) Si se opta por demostrar el cumplimiento con las disposiciones del punto 8.1.5.3, letra b), inciso i), se aplicará el procedimiento siguiente: los tiempos de subida (en s) se multiplicarán por sus respectivas frecuencias de registro en hertzios (1/s). El valor de cada resultado deberá ser, como mínimo, 5. Si el valor es inferior a 5, se aumentará la frecuencia de registro, se ajustarán los flujos o se modificará el diseño del sistema de muestreo para aumentar el tiempo de subida según convenga. Los filtros digitales también se configurarán para aumentar el tiempo de subida.

b) Si se opta por demostrar el cumplimiento con las disposiciones del punto 8.1.5.3, letra b), inciso ii), bastará con demostrar que se cumplen los requisitos establecidos en el punto 8.1.5.3, letra b), inciso ii).

8.1.6. Verificación del tiempo de respuesta para analizadores por compensación

8.1.6.1. Ámbito y frecuencia

Esta verificación se efectuará para determinar una respuesta del analizador de gas continuo cuando la respuesta de un analizador se compense con la de otro para cuantificar una emisión gaseosa. Se considerará que el vapor de agua es un componente gaseoso. Esta verificación es necesaria para los analizadores de gases continuos utilizados en ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) o RMC. Esta verificación no es necesaria para los analizadores de gases por lotes ni para los analizadores de gases continuos utilizados únicamente en ensayos NRSC de modo discreto. Esta veri fcicación no se aplica a la corrección del agua retirada de la

▼B

muestra realizada en el postratamiento. Se efectuará tras la instalación inicial (puesta en funcionamiento de la célula de ensayo). Tras una operación de mantenimiento importante, se aplicará el punto 8.1.5 para verificar la respuesta uniforme a condición de que los componentes sustituidos se hayan sometido en algún momento a una verificación de respuesta uniforme en condiciones húmedas.

8.1.6.2. Principios de medición

Este procedimiento verifica la alineación del tiempo y la respuesta uniforme de las mediciones de gas combinadas continuas. Para este procedimiento es necesario asegurarse de que todos los algoritmos de compensación y de corrección de la humedad están en marcha.

8.1.6.3. Requisitos del sistema

El requisito general del tiempo de respuesta y el tiempo de subida establecido en el punto 8.1.5.3, letra a) también es válido para los analizadores por compensación. Además, si la frecuencia de registro difiere de la frecuencia de actualización de la señal de combinación/compensación continua, la más baja de estas dos frecuencias se utilizará para la verificación exigida en el punto 8.1.5.3, letra b), inciso i).

8.1.6.4. Procedimiento

Se aplicarán todos los procedimientos establecidos en el punto 8.1.5.4., letras a) a c). Además, si se usa un algoritmo de compensación basado en el vapor de agua medido también se medirán el tiempo de respuesta y el tiempo de subida. En este caso, al menos uno de los gases de calibración (que no sea el NO_2) se habrá de humidificar como figura a continuación.

Si el sistema no utiliza un secador de muestras para eliminar el agua del gas de muestra, se hará pasar la mezcla de gas por un recipiente precintado, que humidificará el gas patrón hasta el punto de rocíode la muestra más elevado durante el muestreo de la emisiones, haciéndolo borbotear en agua destilada. Si, durante el ensayo, el sistema utiliza un secador de muestras que haya pasado el control de verificación pertinente, la mezcla de gas humidificada se podrá introducir después del secador de muestras haciéndola borbotear en agua destilada en un recipiente precintado a 298 ± 10 K (25 ± 10 °C), o a una temperatura superior al punto de rocío. En todos los casos, pasado el recipiente, el gas humidificado se mantendrá a una temperatura de al menos 5 K (5 °C) por encima de su punto de rocío local en el conducto. Nótese que es posible omitir cualquiera de estos componentes del gas si no son pertinentes para los analizadores en relación con esta verificación. Si alguno de los componentes del gas no es susceptible de compensación por agua, el control de la respuesta en el caso de estos analizadores se podrá realizar sin humidificación.

▼M2

8.1.7. Medición de los parámetros del motor y las condiciones ambientales

Se aplicarán procedimientos internos de calidad coherentes con las normas nacionales e internacionales reconocidas. En caso contrario, se aplicarán los procedimientos que figuran a continuación.

▼B

8.1.7.1. Calibración del par

8.1.7.1.1. Ámbito y frecuencia

Todos los sistemas de medición del par, incluidos los transductores y sistemas dinamométricos de medición del par, se calibrarán en el momento de la instalación inicial y tras las operacionesde mantenimiento importantes, utilizando, entre otras cosas, la fuerza de referencia o la longitud del brazo de palanca combinada con el peso muerto. Se aplicarán las buenas prácticas técnicas para repetir la calibración. Se seguirán las instrucciones del fabricante del transductor del par para linealizar el valor de salida del sensor del par. Se permitirán otros métodos de calibración.

8.1.7.1.2. Calibración del peso muerto

Esta técnica aplica una fuerza conocida colgando pesos conocidos a una distancia conocida a lo largo de un brazo de palanca. Se comprobará que el brazo de palanca donde se cuelguen los pesos sea perpendicular a la gravedad (es decir, horizontal) y perpendicular al eje de rotación del dinamómetro. Se aplicarán como mínimo seis combinaciones de pesos de calibración para cada campo de medición del par aplicable, espaciando las cantidades de peso de manera aproximadamente uniforme a lo largo del intervalo. Durante la calibración se hará oscilar o rotar el dinamómetro para reducir la histéresis estática de rozamiento. La fuerza de cada peso se calculará multiplicando su masa conforme a las normas internacionales por la aceleración local de la gravedad terrestre.

8.1.7.1.3. Calibración con medidor de tensiones o anillo calibrador

Esta técnica aplica la fuerza ya sea colgando pesos de un brazo de palanca (sin que los pesos y la longitud del brazo de la palanca se utilicen para calcular el par de referencia), ya sea haciendo funcionar el dinamómetro con diferentes pares. Se aplicarán como mínimo seis combinaciones de fuerzas para cada campo de medición del par aplicable, espaciando las cantidades de fuerza de manera aproximadamente uniforme a lo largo del intervalo. Durante la calibración se hará oscilar o rotar el dinamómetro para reducir la histéresis estática de rozamiento. En este caso, el par de referencia se determinará multiplicando el valor de la fuerza obtenido del medidor de referencia (un medidor de tensiones o anillo calibrador, por ejemplo) por la longitud efectiva de su brazo de palanca, calculada desde el punto en que se mide la fuerza hasta el eje de rotación del dinamómetro. Se comprobará que esta longitud se mide perpendicularmente al eje de medición del medidor de referencia y al eje de rotación del dinamómetro.

8.1.7.2. Calibración de la presión, la temperatura y el punto de rocío

Los instrumentos de medición de la presión, la temperatura y el punto de rocío se calibrarán en el momento de la instalación inicial. Para repetir la calibración se seguirán las instrucciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

En el caso de los sistemas de medición de la temperatura con termopar, RTD o termistores, la calibración del sistema se realizará como se describe en el punto 8.1.4.4 para la verificación de la linealidad.

8.1.8. Mediciones relacionadas con el flujo

8.1.8.1. Calibración del flujo de combustible

Los caudalímetros de combustible se calibrarán en el momento de la instalación inicial. Para repetir la calibración se seguirán las instrucciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

▼B

8.1.8.2. Calibración del flujo de aire de admisión

Los caudalímetros del aire de admisión se calibrarán en el momento de la instalación inicial. Para repetir la calibración se seguirán las instrucciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

8.1.8.3. Calibración del flujo de gas de escape

Los caudalímetros del gas de escape se calibrarán en el momento de la instalación inicial. Para repetir la calibración se seguirán las instrucciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

8.1.8.4. Calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)

8.1.8.4.1. Descripción general

a) En esta sección se describe cómo calibrar los caudalímetros de los sistemas de muestreo de volumen constante de gases de escape diluidos (CVS).

b) Esta calibración se efectuará al instalar el caudalímetro en su posición permanente, después de que se modifique cualquier parte de la configuración del flujo, antes o después del caudalímetro, que pueda afectar la calibración de este. La calibración se realizará tras la instalación inicial del CVS y cada vez que una acción correctiva no consiga corregir el incumplimiento causante del fracaso de la verificación del flujo de gas de escape diluido (como la verificación mediante la medición del contenido en propano) prevista en el punto 8.1.8.5.

c) El caudalímetro del CVS se calibrará mediante un caudalímetro de referencia, como un caudalímetro venturi subsónico, una tobera de gran radio, un orificio de admisión liso, un elemento de flujo laminar, un juego de venturis de flujo crítico o un caudalímetro ultrasónico. Se utilizará un caudalímetro de referencia que indique cantidades trazables internacionalmente con un margen de incertidumbre de ±1 %. La respuesta de este caudalímetro de referencia al flujo se utilizará como valor de referencia para la calibración del caudalímetro del CVS.

d) No se podrá utilizar una pantalla ni cualquier otra restricción de la presión susceptible de afectar al flujo antes del caudalímetro de referencia, salvo que el caudalímetro se haya calibrado teniendo en cuenta tal restricción de la presión.

e) La secuencia de calibración descrita en este punto 8.1.8.4 se refiere al enfoque con base molar. Para la secuencia correspondiente utilizada en el enfoque con base másica, véase el anexo VII, punto 2.5.

f) ►M2 Se podrá retirar alternativamente el CFV o el SSV de su posición permanente para calibración siempre que durante la instalación en el CVS se cumplan los requisitos que figuran a continuación. ◄

1) En la instalación del CFV o el SSV en el CVS se aplicarán buenas prácticas técnicas para verificar que no se hayan introducido fugas entre la entrada del CVS y el venturi.

▼B

2) Después de la calibración del venturi *ex situ*, todas las combinaciones de flujos en el venturi deben verificarse para los CFV o en diez puntos de flujo como mínimo para un SSV, mediante la verificación mediante la medición del contenido en propano prevista en el punto 8.1.8.5. Los resultados de la verificación mediante la medición del contenido en propano para cada punto de flujo en el venturi no pueden exceder de la tolerancia descrita en el punto 8.1.8.5.6.

3) A fin de verificar la calibración *ex situ* para un CVS con más de un CFV único, se llevará a cabo la verificación que figura a continuación.

i) Se utilizará un dispositivo de flujo constante para lograr un flujo constante de propano en el túnel de dilución.

ii) Las concentraciones de hidrocarburos se medirán en, como mínimo, diez caudales de parados para un caudalímetro SSV, o en todas las combinaciones posibles para un caudalímetro CFV, a la vez que se mantiene constante el flujo de propano.

iii) La concentración del fondo de hidrocarburos en el aire de dilución se medirá al principio y al fin de este ensayo. La concentración del fondo de hidrocarburos media de cada medición en cada punto de flujo debe sustraerse antes de llevar a cabo el análisis de regresión del inciso iv).

iv) Debe realizarse una regresión de potencia mediante el uso de todos los pares de caudal y concentración corregida a fin de obtener una relación de la forma $y = a \times x^b$, utilizando la concentración como la variable independiente y el caudal como la variable dependiente. Para cada punto de medición se requiere el cálculo de la diferencia entre el caudal medido y el valor representado por el ajuste de la curva. La diferencia en cada punto debe ser menor de ± 1 % del valor de regresión apropiado. El valor de b debe estar entre – 1,005 y – 0,995. Si los resultados no se ajustan a estos límites, deberán llevarse a cabo acciones correctivas conformes al punto 8.1.8.5.1, letra a).

8.1.8.4.2. Calibración de la PDP

Se calibrará una bomba de desplazamiento positivo (PDP) para determinar una ecuación de la relación entre la velocidad de flujo y la de la PDP que explique la fuga de flujo en las superficies de estanqueidad de la PDP como función de la presión de entrada en la PDP. Se determinarán los coeficientes únicos de la ecuación para cada velocidad de funcionamiento de la PDP. El caudalímetro de la PDP se calibrará como figura a continuación.

a) El sistema se conectará según se muestra en la figura 6.5.

b) Las fugas entre el caudalímetro de calibración y la PDP deberán ser inferiores al 0,3 % del flujo total en el punto de menor flujo calibrado; por ejemplo, en el punto con restricción de la presión más elevada y velocidad de PDP más baja.

c) Con la PDP en funcionamiento, se mantendrá en su entrada una temperatura constante equivalente a la media de la temperatura absoluta de entrada, T_{in}, con un margen del ±2 %.

d) Se ajustará la velocidad de la PDP al primer punto de velocidad que se pretenda calibrar.

e) Se ajustará la válvula reguladora del caudal a la abertura máxima.

▼B

f) Se hará funcionar la PDP durante un mínimo de 3 minutos para estabilizar el sistema. Mientras la PDP funciona de manera continua, se registrarán los valores medios correspondientes a un mínimo de 30 s de datos muestreados de cada una de las cantidades siguientes:

i) el caudal medio del caudalímetro de referencia, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

ii) la temperatura media en la entrada de la PDP, T_{in};

iii) la presión absoluta estática media en la entrada de la PDP, p_{in};

iv) la presión absoluta estática media en la salida de la PDP, p_{out};

v) la velocidad media de la PDP,n_{PDP}.

g) La válvula reguladora se cerrará gradualmente para disminuir la presión absoluta en la entrada de la PDP, p_{in}.

h) Las etapas del punto 8.1.8.4.2, letras f) y g) se repetirán hasta registrar los datos en un mínimo de seis posiciones de la válvula reguladora que reflejen toda la gama de posibles presiones de funcionamiento en la entrada de la PDP.

i) La PDP se calibrará a partir de los datos recogidos y las ecuaciones del anexo VII.

j) Las etapas f) a i) del presente punto se repetirán para cada velocidad de funcionamiento de la PDP.

k) Se aplicarán las ecuaciones del anexo VII, sección 3 (enfoque con base molar) o del anexo VII, sección 2 (enfoque con base másica) para determinar la ecuación del flujo de la PDP para los ensayos de emisiones.

l) Se verificará la calibración efectuando una verificación del CVS (con una verificación mediante la medición del contenido en propano) como se indica en el punto 8.1.8.5.

m) La PDP no podrá utilizarse por debajo de la presión de entrada más baja comprobada durante la calibración.

8.1.8.4.3. Calibración del CFV

Se calibrará un venturi de flujo crítico (CFV) para verificar su coeficiente de descarga, C_{d}, a la presión diferencial estática esperada más baja entre la entrada y la salida del CFV. El caudalímetro CFV se calibrará como figura a continuación.

a) el sistema se conectará según se muestra en la figura 6.5.

b) Se pondrá en marcha el soplador después del CFV.

c) Con el CFV en funcionamiento, se mantendrá en su entrada una temperatura constante equivalente a la media de la temperatura de entrada absoluta, T_{in}, con un margen del ±2 %.

d) Las fugas entre el caudalímetro de calibración y el CFV deberán ser inferiores al 0,3 % del flujo total con la restricción de la presión más elevada.

e) La válvula reguladora del caudal se ajustará a la abertura máxima. En lugar de utilizar una válvula reguladora del caudal, la presión después del CFV se podrá variar modificando la velocidad del soplador o introduciendo una fuga controlada. Nótese que algunos sopladores tienen limitaciones en condiciones sin carga.

▼B

f) Se hará funcionar el CFV durante un mínimo de 3 minutos para estabilizar el sistema. El CFV seguirá en funcionamiento y se registrarán los valores medios correspondientes a un mínimo de 30 s de datos muestreados de cada una de las cantidades siguientes:

i) el caudal medio del caudalímetro de referencia, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

ii) de manera opcional, el punto de rocío medio del aire de calibración, T_{dew}; en el anexo VII se recogen las hipótesis admisibles para la medición de las emisiones;

iii) la temperatura media en la entrada del venturi, T_{in}.

iv) la presión absoluta estática media en la entrada del venturi, p_{in}.

v) La presión diferencial estática media entre la entrada y la salida del CFV, Δp_{CFV}.

g) Se cerrará gradualmente la válvula reguladora para disminuir la presión absoluta en la entrada del CFV, p_{in}.

h) Se repetirán las etapas f) y g) de este punto hasta registrar los datos en un mínimo de diez posiciones de la válvula reguladora, de manera que se compruebe todo el intervalo práctico de Δp_{CFV} previsto durante el ensayo. Para calibrar con unas restricciones de presión lo más bajas posible no será necesario retirar los componentes de la calibración ni los componentes del CVS.

i) Se determinarán C_{d} y la relación de presión más baja permitida, r, según lo descrito en el anexo VII.

j) Para determinar el flujo del CFV durante un ensayo de emisiones, se utilizará C_{d}. El CFV no se utilizará por encima del valor más alto de r permitido, determinado en el anexo VII.

k) Se verificará la calibración efectuando una verificación del CVS (verificación mediante la medición del contenido en propano) como se indica en el punto 8.1.8.5.

l) Si el CVS está configurado para que varios CFV funcionen simultáneamente en paralelo, se calibrará mediante uno de los procedimientos que figuran a continuación.

i) Cada combinación de CFV se calibrará conforme a la presente sección y el anexo VII. El anexo VII incluye las instrucciones sobre el cálculo de caudales relativas a esta opción.

ii) Cada CFV se calibrará siguiendo las instrucciones de este punto y del anexo VII. El anexo VII incluye las instrucciones sobre el cálculo de caudales relativas a esta opción.

8.1.8.4.4. Calibración del SSV

Se calibrará un venturi subsónico (SSV) para determinar su coeficiente de calibración, C_{d}, para el intervalo de presiones de admisión previsto. El caudalímetro SSV se calibrará como sigue:

a) Se conectará el sistema según se muestra en la figura 6.5.

▼B

b) Se pondrá en marcha el soplador después del SSV.

c) Las fugas entre el caudalímetro de calibración y el SSV deberán ser inferiores al 0,3 % del flujo total con la restricción de la presión más elevada.

d) Con el SSV en funcionamiento, se mantendrá en su entrada una temperatura constante equivalente a la media de la temperatura de entrada absoluta, T_{in}, con un margen del ±2 %.

e) La válvula reguladora del caudal o el soplador de velocidad variable se ajustarán a un caudal mayor que el caudal superior previsto durante los ensayos. Los caudales no se extrapolarán más allá de los valores calibrados, por lo que se recomienda asegurarse de que el número de Reynolds, *Re*, en el cuello del SSV al caudal calibrado más elevado sea mayor que el *Re* máximo previsto durante los ensayos.

f) Se hará funcionar el SSV durante un mínimo de 3 minutos para estabilizar el sistema. El SSV continuará en funcionamiento y se registrarán los valores medios de los datos recogidos correspondientes a un mínimo de 30 s de cada una de las cantidades siguientes:

   i) el caudal medio del caudalímetro de referencia, $\overline{q}_{V\mathrm{ref}}$;

   ii) de manera opcional, el punto de rocío medio del aire de calibración, T_{dew}; el anexo VII incluye las hipótesis admisibles;

   iii) la temperatura media en la entrada del venturi, T_{in};

   iv) la presión absoluta estática media en la entrada del venturi, p_{in};

   v) la presión diferencial estática entre la presión estática a la entrada del venturi y la presión estática en el cuello del venturi, Δp_{SSV}.

g) Se cerrará gradualmente la válvula reguladora o se reducirá la velocidad del soplador para disminuir el caudal.

h) Se repetirán las etapas f) y g) del presente punto para registrar los datos correspondientes a un mínimo de diez caudales.

i) Se determinará una forma funcional de C_d en función de *Re* utilizando los datos recogidos y las ecuaciones del anexo VII.

j) Se comprobará la calibración mediante una verificación del CVS (verificación mediante la medición del contenido en propano) como se describe en el punto 8.1.8.5, utilizando la nueva ecuación de C_d en función de *Re*.

k) El SSV solo se usará entre los caudales mínimo y máximo calibrados.

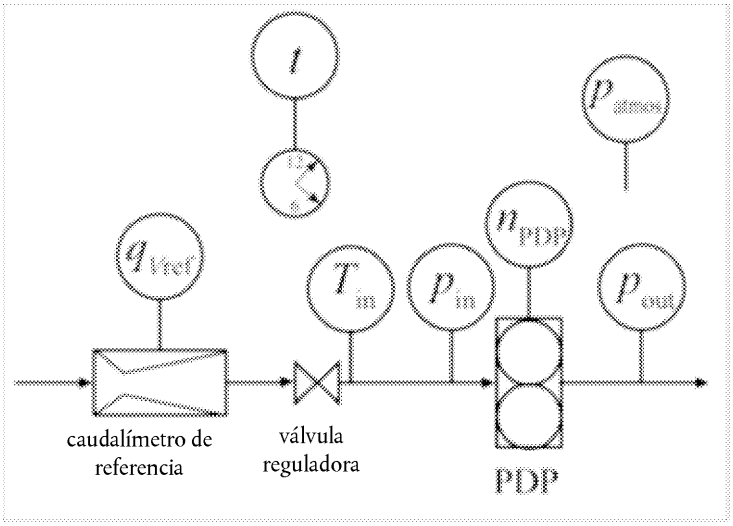
l) Se aplicarán las ecuaciones del anexo VII, sección 3 (enfoque con base molar) o del anexo VII, sección 2 (enfoque con base másica) para determinar el flujo de SSV durante un ensayo.

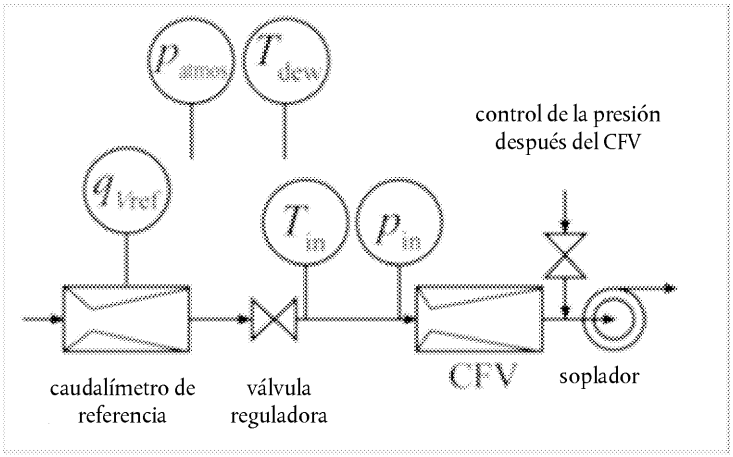
▼B

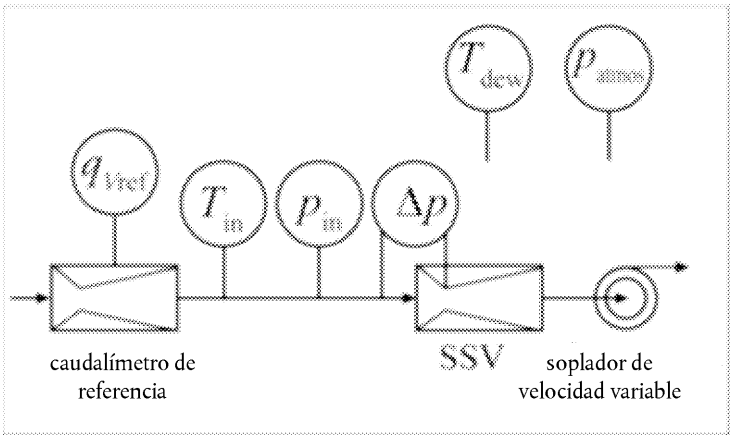
8.1.8.4.5. Calibración ultrasónica (reservado)

Figura 6.5

Diagramas esquemáticos de calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)







▼B

8.1.8.5. Verificación del CVS y el muestreo por lotes (verificación mediante la medición del contenido en propano)

8.1.8.5.1. Introducción

a) La medición del propano sirve como verificación del CVS para determinar si existen discrepancias en los valores medidos del flujo de gases de escape diluidos. Asimismo, la medición del propano sirve como verificación del muestreo por lotes para determinar si existen discrepancias en un sistema de muestreo por lotes que extrae una muestra de un CVS, como se describe en la letra f) de este punto. Aplicando buenas prácticas técnicas y prácticas seguras, esta verificación se podrá realizar con un gas diferente del propano, como el CO_2 o el CO. Un fallo de la verificación mediante la medición del contenido en propano puede obedecer a uno o más problemas que posiblemente requieran una acción correctiva, como se expone a continuación.

i) Calibración incorrecta del analizador; el analizador FID se recalibrará, reparará o sustituirá.

ii) Se realizarán comprobaciones de la estanqueidad en el túnel del CVS, las conexiones, los elementos de sujeción y el sistema de muestreo de HC con arreglo al punto 8.1.8.7.

iii) La verificación de muestras pobres se realizará con arreglo al punto 9.2.2.

▼M2

iv) La verificación de la contaminación por hidrocarburos en el sistema de muestras se efectuará conforme a lo descrito en el punto 7.3.1.3.

▼B

v) Cambio en la calibración del CVS. Se realizará una calibración *in situ* del caudalímetro del CVS conforme a lo descrito en el punto 8.1.8.4.

vi) Otros problemas con el hardware o el software de verificación del CVS o del muestreo. Se examinarán el sistema CVS y el hardware de verificación del CVS, así como el software, en busca de discrepancias.

b) La verificación mediante la medición del contenido en propano utiliza una masa de referencia o un caudal de C_3H_8 de referencia como gas trazador en un CVS. Si se utiliza un caudal de referencia, se habrá de explicar cualquier comportamiento no ideal del C_3H_8 en el caudalímetro de referencia. Véanse el anexo VII, sección 2 (enfoque con base másica) o el anexo VII, sección 3 (enfoque con base molar), en los que se indica cómo calibrar y utilizar ciertos caudalímetros. No se podrán aplicar hipótesis de gas ideal en el punto 8.1.8.5 ni en el anexo VII. La verificación mediante la medición del contenido en propano compara la masa calculada de C_3H_8 inyectado utilizando las mediciones de HC y las mediciones del caudal del CVS con el valor de referencia.

8.1.8.5.2. Método de introducción de una cantidad conocida de propano en el sistema CVS

La exactitud total del sistema de muestro CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras éste funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de conformidad con el anexo VII. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas indicadas a continuación.

a) La medición por medio de una técnica gravimétrica se efectuará como sigue: Se determinará la masa de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de ± 0,01 gramos. Durante cinco a diez minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en un ensayo de emisiones de escape normal, mientras se inyecta monóxido de carbono o propano en el sistema. La cantidad de gas puro introducida se determinará mediante el pesaje diferencial. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración) y se calculará la masa del gas.

▼B

b) La medición con un orificio de flujo crítico se efectuará como sigue: Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de flujo crítico. Si la presión de entrada es suficientemente alta, el caudal, que se regula mediante el orificio de flujo crítico, es independiente de la presión de salida del orificio (flujo crítico). El sistema CVS deberá funcionar como en un ensayo normal de emisiones de escape durante unos cinco a diez minutos aproximadamente. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración) y se calculará la masa del gas.

8.1.8.5.3. Preparación de la verificación mediante la medición del contenido en propano

La verificación mediante la medición del contenido en propano se preparará como se indica a continuación.

a) Si se utiliza una masa de referencia de C_3H_8 en lugar de un caudal de referencia, se obtendrá un cilindro cargado con C_3H_8. La masa del cilindro de referencia de C_3H_8 se determinará dentro de un margen del ±0,5 % de la cantidad de C_3H_8 que se espera utilizar.

b) Se seleccionarán los caudales adecuados para el CVS y el C_3H_8.

c) Se seleccionará un inyector de C_3H_8 en el CVS. La localización del inyector se seleccionará tan cercana como sea posible al lugar donde el sistema de gas de escape del motor se introduce en el CVS. El cilindro de C_3H_8 se conectará al sistema de inyección.

d) El CVS se pondrá en funcionamiento y se estabilizará.

e) Todos los intercambiadores de calor del sistema de muestreo se calentarán o se refrigerarán previamente.

f) Se permitirá que los componentes calentados o refrigerados, como los conductos de muestreo, los filtros, los enfriadores y las bombas, se estabilicen a su temperatura de funcionamiento.

g) Si procede, se efectuará una verificación de la estanqueidad en el lado del vacío del sistema de muestreo de HC, como se describe en el punto 8.1.8.7.

8.1.8.5.4. Preparación del sistema de muestreo de HC para la verificación mediante la medición del contenido en propano

►M2 La verificación de la estanqueidad en el lado del vacío del sistema de muestreo de HC se podrá realizar de conformidad con la letra g). Si se aplica este procedimiento, se podrá seguir el procedimiento relativo a la contaminación por HC establecido en el punto 7.3.1.3. ◄ Si la verificación de la estanqueidad en el lado del vacío no se realiza de acuerdo con la letra g), el sistema de muestreo de HC se pondrá a cero, se ajustará y se someterá a una verificación de la contaminación como se indica a continuación.

a) Se seleccionará la gama más baja de analizadores de HC capaz de medir la concentración de C_3H_8 prevista para los caudales del CVS y de C_3H_8.

b) El analizador de HC se pondrá a cero utilizando aire de cero introducido en el orificio del analizador.

c) Se ajusta el analizador de HC utilizando gas patrón C_3H_8 introducido en el puerto del analizador.

d) El aire de cero se derramará a la sonda de HC o a un rebosadero instalado entre la sonda de HC y el conducto de transferencia.

e) La concentración de HC estable del sistema de muestreo de HC se medirá mientras fluye un exceso de flujo de aire de cero. En el caso de la medición del HC por lotes, se llenará el contenedor de lotes (una bolsa, por ejemplo) y se medirá la concentración de HC del exceso de flujo.

▼B

f) Si la concentración de HC del exceso de flujo supera los 2 µmol/mol, el procedimiento no podrá seguir adelante hasta que se elimine la contaminación. Se determinará la fuente de contaminación y se adoptarán acciones correctivas, como la limpieza del sistema o la sustitución de las partes contaminadas.

g) Si la concentración del exceso de flujo de HC no supera los 2 µmol/mol, este valor se recogerá como x_{HCinit} y se utilizará para corregir la contaminación por HC como se describe en el anexo VII, sección 2 (enfoque con base másica) o en el anexo VII, sección 3 (enfoque con base molar).

8.1.8.5.5. Realización de la verificación mediante la medición del contenido en propano

a) La verificación mediante la medición del contenido en propano se preparará como se indica a continuación.

i) En el caso del muestreo de HC por lotes, se conectarán medios de almacenamiento limpios, como bolsas en las que se haya hecho el vacío.

ii) Los instrumentos de medición de HC funcionarán según las instrucciones de sus respectivos fabricantes.

iii) Si está prevista la corrección de las concentraciones de fondo del aire de dilución de los HC, se medirán y registrarán los HC de fondo del aire de dilución.

iv) Todos los dispositivos integrantes se pondrán a cero.

v) Se iniciará el muestreo y se pondrán en marcha todos los integradores del flujo.

vi) Se liberará el C_3H_8 al caudal seleccionado. En caso de que se utilice un caudal de referencia del C_3H_8, se iniciará la integración de este.

vii) Se seguirá liberando C_3H_8 hasta que la cantidad sea suficiente para garantizar una cuantificación exacta del C_3H_8 de referencia y el C_3H_8 medido.

viii) Se cerrará el cilindro de C_3H_8 y el muestreo continuará hasta que se hayan tomado en consideración los retrasos debidos al transporte de la muestra y la respuesta del analizador.

ix) Se detendrá el muestreo y se pararán todos los integradores.

b) En caso de que la medición se realice con un orificio de flujo crítico, para la verificación mediante la medición del contenido en propano se podrá aplicar el procedimiento siguiente como método alternativo al punto 8.1.8.5.5, letra a).

i) En el caso del muestreo de HC por lotes, se conectarán medios de almacenamiento limpios, como bolsas en las que se haya hecho el vacío.

ii) Los instrumentos de medición de HC funcionarán según las instrucciones de sus respectivos fabricantes.

iii) Si está prevista la corrección de las concentraciones de fondo de HC en el aire de dilución, se medirán y se registrarán los HC de fondo del aire de dilución.

iv) Se pondrán a cero todos los dispositivos integrantes.

v) Los contenidos del cilindro de referencia de C_3H_8 se liberarán al caudal seleccionado.

▼B

vi) Comenzará el muestreo y, tras confirmarse que la concentración de HC es estable, se pondrán en funcionamiento todos los integradores del flujo.

vii) Seguirá liberándose el contenido del cilindro hasta que se haya liberado suficiente C_3H_8 para garantizar una cuantificación exacta del C_3H_8 de referencia y el C_3H_8 medido.

viii) Se pararán todos los integradores.

ix) Se cerrará el cilindro de referencia de C_3H_8.

8.1.8.5.6. Evaluación de la verificación mediante la medición del contenido en propano

El procedimiento posterior al ensayo se realizará como sigue:

a) Si se ha utilizado el muestreo por lotes, las muestras por lotes se analizarán tan pronto como sea posible.

b) Tras el análisis de HC, se corregirán la contaminación y el fondo.

c) Se calculará la masa total de C_3H_8 sobre la base del CVS y de los datos de HC, como se describe en el anexo VII, a partir de la masa molar de C_3H_8, M_{C3H8}, en lugar de la masa molar efectiva de HC, M_{HC}.

d) Si se utiliza una masa de referencia (técnica gravimétrica), se determinará la masa de propano del cilindro con un margen del ±0,5 % y la masa de referencia de C_3H_8 se determinará restando la masa del cilindro de propano vacío de la masa del cilindro de propano lleno. Si se utiliza un orificio de flujo crítico (medición con orificio de flujo crítico) la masa de propano se determinará en términos del caudal multiplicado por el tiempo de ensayo.

e) La masa de C_3H_8 de referencia se restará de la masa calculada. Si esta diferencia es igual a la masa de referencia con un margen del ±3,0, el CVS superará la verificación.

8.1.8.5.7. Verificación del sistema secundario de dilución de partículas

Cuando la verificación mediante la medición del contenido en propano se tenga que repetir para verificar el sistema secundario de dilución de partículas, se aplicará, de a) a d), el procedimiento que figura a continuación.

a) Se configurará el sistema de muestreo de HC para extraer una muestra cerca del lugar donde se encuentran los medios de almacenamiento del equipo de muestreo por lotes (como el filtro de partículas). Si la presión absoluta en ese punto es demasiado reducida como para extraer una muestra de HC, se podrá tomar la muestra del gas de escape de la bomba del equipo de muestreo por lotes. Al tomar las muestras del gas de escape de la bomba se procederá con cautela, pues una fuga de la bomba después del caudalímetro del equipo de muestreo por lotes, que en otro caso sería aceptable, causaría un falso fracaso en la verificación mediante la medición del contenido en propano.

b) La verificación mediante la medición del contenido en propano se repetirá como se describe en este punto, pero tomando la muestra de HC del equipo de muestreo por lotes.

c) Se calculará la masa de C_3H_8 teniendo en cuenta cualquier dilución secundaria del equipo de muestreo por lotes.

d) Se restará la masa de C_3H_8 de referencia de la masa calculada. Si esta diferencia es igual a la masa de referencia con un margen del ± 5,0, el equipo de muestreo por lotes superará la verificación. En caso contrario, se adoptarán acciones correctivas.

▼M2

_____

▼B

8.1.8.6. Calibración periódica del flujo parcial de partículas y sistemas asociados de medición del gas de escape sin diluir.

8.1.8.6.1. Especificaciones para medir la diferencia de flujo

En los sistemas de dilución de flujo parcial, para extraer una muestra proporcional de gases de escape sin diluir reviste especial importancia la precisión del flujo de muestreo, q_{mp}, si este no se mide directamente, sino que se determina mediante medición diferencial del flujo, como se indica en la ecuación (6-20):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (6\text{-}20)$$

donde:

q_{mp} es el caudal másico de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial

q_{mdw} es el caudal másico del aire de dilución (en base húmeda)

q_{mdew} es el caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda

En ese caso, el error máximo de la diferencia hará que la exactitud de q_{mp} sea del ± 5 % cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

Para obtener unas precisiones de q_{mp} admisibles, podrá utilizarse cualquiera de los métodos siguientes:

a) la precisión absoluta de q_{mdew} y q_{mdw} es ± 0,2 %, lo que garantiza una precisión de q_{mp} de ≤ 5 % con una relación de dilución de 15; no obstante, se producirán errores mayores si la relación de dilución es superior;

b) la calibración de q_{mdw} en relación con q_{mdew} se realiza de forma que se obtengan las exactitudes de q_{mp} indicadas en la letra a); en el punto 8.1.8.6.2 se ofrecen los detalles al respecto;

c) la exactitud de q_{mp} se determina indirectamente a partir de la exactitud de la relación de dilución determinada mediante un gas trazador, por ejemplo, CO_2. Se requieren precisiones equivalentes a las del método de la letra a) para q_{mp};

d) la precisión absoluta de q_{mdew} y q_{mdw} es del ± 2 % del fondo de escala, el error máximo de la diferencia entre q_{mdew} y q_{mdw} no supera un 0,2 % y el error de linealidad no excede del ± 0,2 % del q_{mdew} más elevado observado durante la prueba.

8.1.8.6.2. Calibración de la medición del flujo diferencial

El sistema de dilución del flujo parcial para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir se calibrará periódicamente con un caudalímetro de precisión conforme a normas internacionales o nacionales. El caudalímetro o los instrumentos de medición de caudal se calibrarán siguiendo uno de los procedimientos que se describen a continuación, de modo que el caudal de la sonda de q_{mp} en el túnel cumpla los requisitos de exactitud del punto 8.1.8.6.1.

a) El caudalímetro para q_{mdw} estará conectado en serie al caudalímetro para q_{mdew}, y se calibrará la diferencia entre ambos en al menos cinco puntos de reglaje con valores de caudal equidistantes entre el valor q_{mdw} más bajo utilizado durante el ensayo y el valor q_{mdew} utilizado durante el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.

▼B

b) Se conecta en serie un dispositivo de flujo calibrado al caudalímetro de q_{mdew} y se verifica su precisión para el valor utilizado en el ensayo. El dispositivo de caudal calibrado se conectará en serie al caudalímetro de q_{mdw} y se verificará su precisión en al menos cinco posiciones de reglaje correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 15, en relación con el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo.

c) Se desconectará la línea de transferencia TL (véase la figura 6.7) del sistema de escape y se conectará a un dispositivo calibrado de medición de flujo con un intervalo adecuado para medir q_{mp}. El q_{mdew} se ajustará al valor utilizado durante el ensayo y q_{mdw} se ajustará secuencialmente a un mínimo de cinco valores correspondientes a relaciones de dilución entre 3 y 15. Como alternativa, se podrá establecer un recorrido especial de calibración del flujo que circunvale el túnel, pero de manera que el flujo de aire total y diluido pase a través de los medidores correspondientes como en el ensayo efectivo.

d) Se introducirá un gas trazador en la línea de transferencia TL del sistema de escape. Este gas trazador podrá ser un componente del gas de escape como, por ejemplo, CO_2 o NO_x. Tras su dilución en el túnel se medirá el gas trazador. Esta operación se realizará para cinco relaciones de dilución de entre 3 y 15. La exactitud del caudal de muestreo se determinará a partir de la relación de dilución r_d mediante la ecuación (6-21):

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (6\text{-}21)$$

Se tendrán en cuenta las precisiones de los analizadores de gas para garantizar la exactitud de q_{mp}.

8.1.8.6.3. Especificaciones para medir la diferencia de flujo

Es muy recomendable verificar el flujo de carbono utilizando el gas de escape real para detectar posibles problemas de medición y control y verificar el buen funcionamiento del sistema de flujo parcial. La verificación del flujo de carbono debería efectuarse al menos cada vez que se instale un motor nuevo o se introduzca un cambio significativo en la configuración de la celda de ensayo.

El motor funcionará a la carga de par y al régimen máximos o en cualquier modo estabilizado que genere al menos un 5 % de CO_2. El sistema de muestreo de flujo parcial funcionará con un factor de dilución de aproximadamente 15 a 1.

Si se procede a la verificación del flujo de carbono, se aplicará el procedimiento previsto en el anexo VII, apéndice 2. Los caudales de carbono se calcularán de acuerdo con ecuaciones del anexo VII, apéndice 2. Los distintos caudales de carbono no diferirán en más de un 5 %.

8.1.8.6.3.1. Verificación previa al ensayo

En las dos horas previas a la realización del ensayo se procederá a una verificación de la manera siguiente:

La exactitud de los caudalímetros se verificará siguiendo el mismo método utilizado para la calibración (véase el punto 8.1.8.6.2) en al menos dos puntos, incluyendo los valores de flujo q_{mdw} que correspondan a relaciones de dilución de entre 5 y 15 para el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo.

Si puede demostrarse, mediante los registros del procedimiento de calibración descrito en el punto 8.1.8.6.2, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

▼B

8.1.8.6.3.2. Determinación del tiempo de transformación

Los ajustes del sistema para la evaluación del tiempo de transformación serán exactamente los mismos que durante la medición en el ensayo. El tiempo de transformación, definido en el apéndice 5, punto 2.4 del presente anexo, y en la figura 6-11, se determinará mediante el método siguiente:

Se instalará en serie, estrechamente acoplado a la sonda, un caudalímetro de referencia independiente con un intervalo de medición adecuado para el caudal de la sonda. Este caudalímetro tendrá un tiempo de transformación inferior a 100 ms para el nivel de flujo utilizado en la medición del tiempo de respuesta, con una restricción de la presión del flujo suficientemente baja como para no afectar a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial conforme a las buenas prácticas técnicas. Se efectuará un cambio escalonado del flujo de gas de escape (o del flujo de aire si se calcula el flujo de gases de escape) que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, desde un flujo bajo hasta un mínimo del 90 % del fondo de escala. El detonante del cambio escalonado debería ser el mismo que el utilizado para iniciar el control anticipado en los ensayos reales. El estímulo escalonado del flujo de gases de escape y la respuesta del caudalímetro se registrarán con una frecuencia de muestreo de al menos 10 Hz.

A partir de esos datos, se determinará el tiempo de transformación del sistema de dilución de flujo parcial, es decir, el tiempo que transcurre desde que se activa el estímulo escalonado hasta que se alcanza el punto correspondiente al 50 % de la respuesta del caudalímetro. De manera similar, se determinarán los tiempos de transformación de la señal q_{mp} (es decir, el flujo de muestreo del gas de escape en el sistema de dilución de flujo parcial) y de la señal $q_{mew,i}$ (es decir, el caudal másico de gas de escape en base húmeda suministrado por el caudalímetro de gases de escape). Estas señales se utilizarán en las verificaciones de regresión que se realizan después de cada ensayo (véase el punto 8.2.1.2).

Se repetirá el cálculo para al menos cinco estímulos de subida y bajada y se calculará la media de los resultados. El tiempo de transformación interna (< 100 ms) del caudalímetro de referencia se restará de este valor. En caso de que se requiera un control anticipado, el valor anticipado del sistema de dilución de flujo parcial se aplicará de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.2.1.2.

8.1.8.7. Verificación de la estanqueidad en el lado del vacío

8.1.8.7.1. Ámbito y frecuencia

Inmediatamente después de la instalación inicial del sistema de muestreo, después de cualquier operación de mantenimiento importante, como el cambio de los prefiltros, y en las ocho horas previas a cada secuencia del ciclo de ensayo, se verificará que no existan fugas en el lado del vacío mediante uno de los ensayos de estanqueidad descritos en la presente sección. Esta verificación no es aplicable a ninguna porción de flujo total de un sistema de dilución CVS.

8.1.8.7.2. Principios de medición

Una fuga se puede detectar bien si se mide una pequeña cantidad de flujo cuando el flujo debería ser cero, bien si se detecta la dilución de una concentración conocida de gas patrón al pasar por el lado del vacío de un sistema de muestreo, o bien si se mide un aumento de la presión en un sistema al vacío.

8.1.8.7.3. Ensayo de fugas de flujo bajo

La verificación de las fugas de flujo bajo de un sistema de muestreo se realizará como sigue:

▼B

a) se sella el extremo de la sonda del sistema mediante una de las acciones siguientes:

i) taponando el extremo de la sonda.

ii) desconectando el conducto de transferencia de la sonda y se tapona.

iii) cerrando una válvula estanca instalada en línea entre la sonda y el conducto de transferencia.

b) se ponen en funcionamiento todas las bombas de vacío; una vez alcanzada la estabilización, se verifica que el flujo que atraviesa el lado de vacío del sistema de muestreo es inferior al 0,5 % del caudal en el uso normal del sistema; para un cálculo estimativo de los caudales en el uso normal del sistema se podrán emplear los flujos típicos de los analizadores y en derivación.

8.1.8.7.4. Ensayo de fugas durante la dilución del gas patrón

Para este ensayo se puede utilizar cualquier analizador de gases. Si se utiliza un FID, cualquier contaminación por HC en el sistema de muestreo se corregirá de acuerdo con el anexo VII, secciones 2 o 3, sobre determinación de HC. Se evitarán los resultados engañosos utilizando únicamente analizadores cuya repetibilidad sea del 0,5 % o superior a la concentración del gas patrón utilizada para el ensayo. La verificación de la estanqueidad en el lado del vacío se realizará como figura a continuación.

a) Se prepara un analizador de gases de la misma manera que se haría para el ensayo de emisiones.

b) Se suministra gas patrón al orificio del analizador y se verifica que la concentración de este gas se mida con la precisión y la repetibilidad previstas.

c) El gas patrón sobrante se dirige a uno de los siguientes lugares del sistema de muestreo:

i) al extremo de la sonda de muestreo.

ii) al extremo abierto del conducto de transferencia, tras desconectar el conducto de la sonda.

iii) a una llave de tres pasos instalada en línea entre la sonda y su conducto de transferencia.

d) Se verifica que la concentración medida de gas patrón sobrante sea igual a la concentración de gas patrón con un margen del ±0,5 %. Un valor medido inferior al previsto indica una fuga, pero un valor superior al previsto puede indicar un problema con el gas patrón o con el propio analizador. Un valor medido superior al previsto no indica una fuga.

8.1.8.7.5. Ensayo de fugas por caída de vacío

Para efectuar este ensayo se aplica un vacío al volumen del lado del vacío del sistema de muestreo y se observa la fuga del sistema como caída del vacío aplicado. También será necesario que el volumen del lado del vacío del sistema de muestreo coincida con su volumen verdadero con un margen del ±10 %. En este ensayo también se utilizarán instrumentos que cumplan las especificaciones de los puntos 8.1 y 9.4.

▼B

El ensayo de fugas por falso vacío se realizará como figura a continuación.

a) Se sella el extremo de la sonda del sistema tan cerca de la apertura de la sonda como sea posible, mediante una de las acciones siguientes:

   i) taponando el extremo de la sonda,

   ii) desconectando el conducto de transferencia de la sonda y se tapona,

   iii) cerrando una válvula estanca instalada en línea entre la sonda y el conducto de transferencia.

b) Se ponen en funcionamiento todas las bombas de vacío. Se crea un vacío representativo de las condiciones normales de funcionamiento. En caso de que se utilicen bolsas de muestreo, se recomienda que el procedimiento normal de bombeo de vacío de la bolsa de muestreo se repita dos veces para minimizar los posibles volúmenes ocluidos.

c) Las bombas de muestreo se apagan y se sella el sistema. La presión absoluta del gas ocluido y, de manera opcional, la temperatura absoluta del sistema, se miden y se registran. Se deja un tiempo suficiente para que las transiciones puedan asentarse y para que una fuga del 0,5 % cause un cambio de presión de al menos diez veces la resolución del transductor de presión. Se vuelve a registrar la presión y, de manera opcional, la temperatura.

d) Se calculan el caudal de fuga, basándose en un valor hipotético de cero para los volúmenes de las bolsas bombeadas al vacío y en valores conocidos del volumen del sistema de muestreo, las presiones inicial y final, las temperaturas, de manera opcional, y el tiempo transcurrido. Se verifica que el caudal de fuga por caída de vacío sea inferior al 0,5 % del caudal en uso normal del sistema mediante la ecuación (6-22):

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}}}{R} \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{(t_2 - t_1)} \qquad (6\text{-}22)$$

donde:

$q_{V\text{leak}}$ es la tasa de fuga por caída de vacío, mol/s

V_{vac} es el volumen geométrico del lado del vacío del sistema de muestreo, m_3

R es la constante de gases, J/(mol·K)

p_2 es la presión absoluta en el lado del vacío en el instante t_2, Pa

T_2 es la temperatura absoluta en el lado del vacío en el instante t_2, K

p_1 es la presión absoluta en el lado del vacío en el instante t_1, Pa

T_1 es la temperatura absoluta en el lado del vacío en el instante t_1, K

t_2 es el tiempo final del ensayo de verificación de fugas por caída del vacío, s

t_1 es el tiempo al inicio del ensayo de verificación de fugas por caída del vacío, s

▼B

8.1.9. Mediciones de CO y CO_2

8.1.9.1. Verificación de la interferencia de H_2O para analizadores NDIR de CO_2

8.1.9.1.1. Ámbito y frecuencia

Si se mide el CO_2 con un analizador NDIR, la cantidad de interferencia de H_2O se verificará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

▼M2

8.1.9.1.2. Principios de medición

El H_2O puede interferir con la respuesta de un analizador NDIR al CO_2. Si el analizador NDIR emplea algoritmos de compensación que utilicen mediciones de otros gases para realizar esta verificación de la interferencia, se efectuarán simultáneamente estas otras mediciones para verificar los algoritmos de compensación durante la verificación de la interferencia del analizador.

▼B

8.1.9.1.3. Requisitos del sistema

Un analizador NDIR de CO_2 tendrá una interferencia de H_2O con un margen de (0,0 ± 0,4) mmol/mol (de la concentración media de CO_2 prevista).

8.1.9.1.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como figura a continuación.

a) El analizador NDIR de CO se pone en marcha, funciona, se pone a cero y se ajusta de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones.

▼M2

b) Se crea un gas de ensayo humidificado haciendo borbotear en agua destilada, dentro de un recipiente precintado, aire de cero que cumpla las especificaciones establecidas en el punto 9.5.1. Si la mezcla no se pasa por un secador, se tendrá que controlar la temperatura del recipiente para generar un contenido de H_2O en el gas de ensayo que, como mínimo, sea tan elevado como el máximo esperado durante los ensayos. Si, durante los ensayos, la mezcla se pasa por un secador, se tendrá que controlar la temperatura del recipiente para generar un contenido de H_2O en el gas de ensayo que, como mínimo, sea tan elevado como el máximo esperado en la salida del secador, de conformidad con el punto 9.3.2.3.1.1.

▼B

c) La temperatura del gas de ensayo humidificado se mantendrá como mínimo 5 °K por encima de su punto de rocío después del recipiente.

d) Se introduce el gas de ensayo humidificado en el sistema de muestreo, después de cualquier secador de muestras que se utilice durante los ensayos.

e) La fracción molar de agua, x_{H2O}, del gas de ensayo humidificado se mide tan cerca como sea posible de la entrada del analizador. Por ejemplo, para calcular x_{H2O} se medirán el punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}.

f) Para evitar la condensación en conductos de transferencia, accesorios o válvulas desde el punto donde se mide x_{H2O} hasta el analizador, se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

g) Se deja pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el conducto de transferencia y tener en cuenta la respuesta del analizador.

▼B

h) Mientras el analizador esté midiendo la concentración de la muestra, se registrarán 30 s de datos muestreados. Se calcula la media aritmética de estos datos. El analizador superará la verificación de la interferencia si este valor se encuentra dentro de un margen de (0,0 ± 0,4) mmol/mol.

8.1.9.2. Verificación de la interferencia de CO_2 y H_2O para analizadores NDIR de CO

8.1.9.2.1. Ámbito y frecuencia

Si se mide el CO con un analizador NDIR, la cantidad de interferencia de H_2O se verificará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

8.1.9.2.2. Principios de medición

El H_2O y el CO_2 pueden interferir positivamente con un analizador NDIR causando una respuesta similar a la del CO. Si el analizador NDIR emplea algoritmos de compensación que utilicen mediciones de otros gases para realizar esta verificación de la interferencia, se efectuarán simultáneamente estas otras mediciones para verificar los algoritmos de compensación durante la verificación de la interferencia del analizador.

8.1.9.2.3. Requisitos del sistema

Un analizador NDIR de CO tendrá una interferencia combinada de H_2O y CO_2 con un margen del ±2 % de la concentración media de CO prevista.

8.1.9.2.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como figura a continuación.

a) El analizador NDIR de CO se pondrá en marcha, se hará funcionar, sepondrá a cero y se calibrará de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones.

▼M2

b) Se crea un gas de ensayo de CO_2 humidificado haciendo borbotear gas patrón de CO_2 en agua destilada dentro de un recipiente precintado. Si la mezcla no se pasa por un secador, se controlará la temperatura del recipiente para generar un contenido de H_2O en el gas de ensayo que, como mínimo, sea tan elevado como el máximo esperado durante los ensayos. Si, durante los ensayos, la mezcla se pasa por un secador, se controlará la temperatura del recipiente para generar un contenido de H_2O en el gas de ensayo que, como mínimo, sea tan elevado como el máximo esperado en la salida del secador, de conformidad con el punto 9.3.2.3.1.1. Se utilizará la concentración de un gas patrón de CO_2 que sea como mínimo tan elevada como la máxima esperada durante los ensayos.

▼B

c) Se introduce el gas de ensayo de CO_2 humidificado en el sistema de muestreo, después de cualquier secador de muestras que se utilice durante los ensayos.

d) La fracción molar de agua, x_{H2O}, del gas de ensayo humidificado se mide tan cerca como sea posible de la entrada del analizador. Por ejemplo, para calcular x_{H2O} se medirán el punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}.

e) Para evitar la condensación en los conductos de transferencia, accesorios o válvulas desde el punto donde se mide x_{H2O} hasta el analizador, se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

▼B

f) Se deja pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice.

g) Mientras el analizador esté midiendo la concentración de la muestra, se registrarán 30 s de sus resultados. Se calculará la media aritmética de estos datos.

h) El analizador superará la verificación de la interferencia si el resultado de la letra g) de este punto es conforme a la tolerancia indicada en el punto 8.1.9.2.3.

i) Los procedimientos de verificación de la interferencia de CO_2 y de H_2O también se pueden llevar a cabo por separado. Si los niveles de CO_2 y H_2O utilizados son superiores a los niveles máximos esperados durante los ensayos, cada valor de interferencia observado se reducirá multiplicando la interferencia observada por la relación entre el valor máximo de concentración esperado y el valor efectivo utilizado durante este procedimiento. Se pueden llevar a cabo procedimientos de verificación de la interferencia separados para concentraciones de H_2O (reduciendo hasta un contenido de 0,025 mol/mol H_2O) inferiores a los niveles máximos esperados durante los ensayos, pero la interferencia de H_2O observada se ampliará multiplicando la interferencia observada por la relación entre el valor de la concentración máxima esperada de H_2O y el valor efectivo utilizado en este procedimiento. La suma de los dos valores de interferencia modificados deberá ajustarse a la tolerancia prevista en el punto 8.1.9.2.3.

8.1.10. Medición de los hidrocarburos

8.1.10.1. Optimización y verificación del FID

8.1.10.1.1. Ámbito y frecuencia

En todos los analizadores FID, el FID se calibrará inmediatamente después de la instalación inicial. La calibración se repetirá según sea necesario aplicando las buenas prácticas técnicas. Para un FID que mida HC se procederá como sigue:

a) La respuesta del FID a los diferentes hidrocarburos se optimizará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante. La respuesta del FID al propileno y al tolueno estará entre 0,9 y 1,1 en relación con el propano.

b) El factor de respuesta del FID al metano (CH_4) se determinará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante, como se describe en el punto 8.1.10.1.4.

c) La respuesta al metano (CH_4) se verificará en un plazo máximo de 185 días antes del ensayo.

8.1.10.1.2. Calibración

Se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar un procedimiento de calibración que, por ejemplo, se podría basar en las instrucciones del fabricante del analizador FID y la frecuencia recomendada para calibrar el FID. Para la calibración de un FID se utilizarán gases de calibración C_3H_8 que cumplan las especificaciones del punto 9.5.1. La calibración se efectuará sobre una base de carbono 1 (C_1).

8.1.10.1.3. Optimización de la respuesta del FID de HC

Este procedimiento solo se aplica a analizadores FID que midan HC

▼B

a) Se respetarán las prescripciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas para el arranque inicial del instrumento y el ajuste básico de funcionamiento utilizando combustible FID y aire de cero. Los FID calentados se utilizarán dentro de sus intervalos de temperatura de funcionamiento. Se optimizará la respuesta del FID para cumplir el requisito de los factores de respuesta a los hidrocarburos y la verificación de la interferencia de oxígeno con arreglo al punto 8.1.10.1.1, letra a) y al punto 8.1.10.2 en el intervalo más habitual del analizador previsto para los ensayos de emisiones. Se podrá utilizar un intervalo superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, a fin de optimizar el FID con precisión, si el intervalo habitual del analizador es inferior al intervalo mínimo de optimización especificado por el fabricante del instrumento.

b) Los FID calentados se utilizarán dentro de sus intervalos de temperatura de funcionamiento. La respuesta del FID se optimizará en el intervalo más habitual del analizador previsto para los ensayos de emisiones. ►M2 Tras seleccionar el caudal de combustible y de aire del FID que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón. ◄

c) Para la optimización se seguirán los incisos i) a iv) o el procedimiento previsto por el fabricante del instrumento. Se podrán seguir los procedimientos indicados en el documento SAE nº 770141 para la optimización.

▼M2

i) La respuesta con un determinado flujo de combustible del FID se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la del gas de cero.

▼B

ii) El flujo de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. ►M2 Se registra la respuesta de ajuste y la respuesta cero para estos flujos de combustible. ◄

iii) La diferencia entre la respuesta de calibración y la respuesta cero se representará gráficamente y el flujo de carburante se ajustará al lado rico de la curva. Éste es el ajuste inicial del caudal, que quizás deba ser optimizado posteriormente en función de los resultados de los factores de respuesta a los hidrocarburos y de la verificación de la interferencia del oxígeno con arreglo a lo dispuesto en el punto 8.1.10.1.1, letra a) y el punto 8.1.10.2.

iv) Si la interferencia del oxígeno o los factores de respuesta a los hidrocarburos no se ajustan a las prescripciones siguientes, el flujo de aire se ajustará de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante, y se repetirán los puntos 8.1.10.1.1, letra a) y 8.1.10.2.

d) Se determinan los caudales y presiones óptimos del combustible FID y el aire del quemador, se extraen sendas muestras y se registran para futuras referencias.

8.1.10.1.4. Determinación del factor de respuesta del FID de HC al CH_4

Dado que los analizadores FID suelen tener respuestas diferentes al CH_4 y al C_3H_8, tras la optimización del FID se determinará cada factor de respuesta al CH_4 del analizador FID de HC, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$. El $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ más reciente medido con arreglo a las disposici ones de la presente sección se utilizará para la determinación

▼B

de HC que se describe en el anexo VII, sección 2 (enfoque con base másica) o en el anexo VII, sección 3 (enfoque con base molar) a fin de compensar la respuesta al CH_4. $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ se determinará como sigue:

a) se selecciona una concentración de gas patrón de C_3H_8 para ajustar el analizador antes de los ensayos de emisiones. Solo se seleccionan los gases patrón que cumplan las especificaciones del punto 9.5.1 y se registra la concentración de C_3H_8 del gas;

b) se selecciona un gas patrón de CH_4 que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1 y se registra la concentración de C_4H_8 del gas;

c) el analizador FID se hace funcionar según las instrucciones de su fabricante;

d) se confirma que el analizador FID ha sido calibrado con C_3H_8; la calibración se efectúa sobre una base de carbono 1 (C_1);

e) el FID se pone a cero con un gas de cero utilizado para los ensayos de emisiones;

f) se ajusta el FID con el gas patrón de C_3H_8 seleccionado;

g) el gas patrón CH_4 seleccionado de conformidad con la letra b) se introduce en el orificio de muestreo del analizador FID;

h) se estabiliza la respuesta del analizador; el tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el analizador y tener en cuenta su respuesta;

i) mientras el analizador mide la concentración de CH_4, se registran los datos extraídos a lo largo de 30 s y se calcula la media aritmética de estos valores;

j) la concentración media medida se divide por la concentración de ajuste registrada del gas de calibración de CH_4; el resultado es el factor de respuesta del analizador FID al CH_4, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$.

8.1.10.1.5. Verificación de la respuesta del FID de HC al metano (CH_4)

Si el valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ obtenido con arreglo al punto 8.1.10.1.4 está dentro de un margen del ±5,0 % de su valor determinado previamente más reciente, el FID de HC superará la verificación de la respuesta al metano.

a) En primer lugar, se verificará que las presiones y los caudales del combustible del FID, el aire del quemador y la muestra se encuentren dentro de un margen del ±0,5 % de sus respectivos valores registrados previamente más recientes, como se describe en el punto 8.1.10.1.3. En caso de que sea necesario ajustar los caudales, se determinará un nuevo $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ como se indica en el punto 8.1.10.1.4. Se verificará que el valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ determinado se encuentra dentro de la tolerancia especificada en este punto 8.1.10.1.5.

b) Si el valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ no se encuentra dentro de la tolerancia especificada en el presente punto 8.1.10.1.5, la respuesta del FID se volverá a optimizar según lo prescrito en el punto 8.1.10.1.3.

▼B

c) Se determinará un nuevo valor de $RF_{CH4[THC-FID]}$ como se indica en el punto 8.1.10.1.4. Este nuevo valor $RF_{CH4[THC-FID]}$ se utilizará en los cálculos para la determinación de HC que se describe en el anexo VII, sección 2 (enfoque con base másica) o en el anexo VII, sección 3 (enfoque con base molar).

8.1.10.2. Verificación no estequiométrica de la interferencia de O_2 en la medición con el FID de los gases de escape sin diluir

8.1.10.2.1. Ámbito y frecuencia

Si se utilizan analizadores FID para la medición de los gases de escape sin diluir, la cantidad de interferencia de O_2 en la respuesta del FID se verificará inmediatamente después de la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

8.1.10.2.2. Principios de medición

Los cambios de la concentración de O_2 en el gas de escape sin diluir pueden afectar a la respuesta del FID cambiando la temperatura de llama de este. El combustible FID, el aire del quemador y el flujo de muestreo se optimizarán para superar esta verificación. El funcionamiento del FID se verificará con los algoritmos de compensación de la interferencia de O_2 que se produzca durante el ensayo de emisiones.

8.1.10.2.3. Requisitos del sistema

Todo analizador FID utilizado durante los ensayos deberá superar la verificación de la interferencia de O_2 con el FID con arreglo al procedimiento previsto en la presente sección.

8.1.10.2.4. Procedimiento

La interferencia del O_2 con el FID se determinará como sigue, teniendo en cuenta que se podrán utilizar uno o más separadores de gases para crear las concentraciones de gas de referencia necesarias para efectuar la verificación.

a) Para ajustar los analizadores antes de los ensayos de emisiones se seleccionan tres gases patrón de referencia que cumplan las especificaciones del punto 9.5.1 y contengan una concentración de C_3H_8. ►M2 ———— ◄ Se seleccionan las tres concentraciones de equilibrio de manera que las concentraciones de O_2 y N_2 representen las concentraciones de O_2 mínima, máxima e intermedia previstas para los ensayos. Si el FID se ha calibrado con gas patrón equilibrado con la concentración media de oxígeno prevista, el requisito de utilizar la concentración media de O_2 se podrá obviar.

b) Se confirma que el analizador FID cumple todas las especificaciones del punto 8.1.10.1.

c) El analizador FID se pone en marcha y se hace funcionar de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones. Sea cual sea la fuente de aire del quemador del FID, para esta verificación se utiliza aire de cero como fuente de aire del quemador del FID.

d) Se pone a cero el analizador.

e) Se ajusta el analizador con un gas patrón que se utilice en los ensayos de emisiones.

▼B

f) Se comprueba la respuesta cero utilizando el gas de cero durante los ensayos de emisiones. Si la media de las respuestas cero de los datos de muestreo extraídos en 30 s está dentro de una tolerancia del ± 0,5 % del valor de referencia del gas patrón utilizado en la letra e) del presente punto, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente punto

g) Se comprueba la respuesta del analizador utilizando el gas patrón que presente la concentración mínima de O_2 prevista para los ensayos. La media de las respuestas de 30 s de datos de muestreo estabilizados se registra como $x_{O2minHC}$.

h) Se comprueba la respuesta cero del analizador FID con el gas de cero utilizado en los ensayos de emisiones. Si la media de las respuestas cero de los datos de muestreo estabilizados extraídos en 30 s está dentro de una tolerancia del ± 0,5 % del valor de referencia del gas patrón utilizado en la letra e) del presente punto, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente punto.

i) Se comprobará la respuesta del analizador utilizando el gas patrón que presente la concentración media de O_2 prevista para los ensayos. La respuesta media de 30 s de datos de muestreo estabilizados se registrará como $x_{O2avgHC}$.

j) Se comprueba la respuesta cero del analizador FID con el gas de cero utilizado en los ensayos de emisiones. Si la media de las respuestas cero de los datos de muestreo estabilizados extraídos en 30 s está dentro de una tolerancia del ± 0,5 % del valor de referencia del gas patrón utilizado en la letra e) del presente punto, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente punto.

k) Se comprueba la respuesta del analizador utilizando el gas patrón que presente la concentración máxima de O_2 prevista para los ensayos. La respuesta media de 30 s de datos de muestreo estabilizados se registra como $x_{O2maxHC}$.

l) Se comprueba la respuesta cero del analizador FID con el gas de cero utilizado en los ensayos de emisiones. Si la media de las respuestas cero de los datos de muestreo estabilizados extraídos en 30 s está dentro de una tolerancia de ± 0,5 % del valor de referencia del gas patrón utilizado en la letra e) del presente punto, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente punto.

m) Se calcula la diferencia porcentual entre $x_{O2maxHC}$ y la concentración de su gas de referencia. Se calcula la diferencia porcentual entre $x_{O2avgHC}$ y la concentración de su gas de referencia. Se calcula la diferencia porcentual entre $x_{O2minHC}$ y la concentración de su gas de referencia. Se determina la máxima de estas tres diferencias porcentuales, que será la interferencia de O_2.

n) Si la interferencia de O_2 se encuentra dentro de un margen de tolerancia de ± 3 %, el FID supera la verificación de la interferencia de O_2; en caso contrario, será necesario llevar a cabo uno o más de los procedimientos siguientes:

▼B

i) se repite la verificación para determinar si se ha cometido algún error durante el procedimiento;

ii) se seleccionan los gases de cero y los gases patrón de los ensayos de emisiones que contengan concentraciones superiores o inferiores de O_2 y se repite la verificación;

iii) se procede a ajustar el aire del quemador del FID, el combustible y los caudales de muestra; nótese que si estos caudales se ajustan para un FID de THC a fin de superar la verificación de la interferencia de O_2, habrá que regular el valor de RF_{CH4} para la próxima verificación del RF_{CH4}; tras el ajuste se repite la verificación de la interferencia de O_2 y se determina el valor de RF_{CH4};

iv) se repara o sustituye el FID y se repite la verificación de la interferencia de O_2.

8.1.10.3. Fracciones de penetración del separador no metánico (Reservado)

8.1.11. Mediciones de NO_x

8.1.11.1. Verificación de la amortiguación del CO_2 y el H_2O con CLD

8.1.11.1.1. Ámbito y frecuencia

Si se utiliza un analizador CLD (detector quimioluminiscente, en sus siglas en inglés) para medir NO_x, la cantidad de amortiguación del H_2O y el CO_2 se verificará tras la instalación del analizador CLD y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

8.1.11.1.2. Principios de medición

El H_2O y el CO_2 pueden interferir negativamente en la respuesta al NO_x del CLD amortiguando la colisión, lo que inhibe la reacción quimioluminiscente utilizada por el CLD para detectar NO_x. Este procedimiento y los cálculos previstos en el punto 8.1.11.2.3 determinan la amortiguación y modifican los resultados de la amortiguación hasta la máxima fracción molar de H_2O y la máxima concentración de CO_2 previstas en los ensayos de emisiones. En caso de que el analizador CLD aplique algoritmos de compensación de la amortiguación que utilicen instrumentos de medición de H_2O o CO_2, para evaluar la amortiguación estos instrumentos estarán activos y se habrán aplicado los algoritmos de compensación.

8.1.11.1.3. Requisitos del sistema

Para la medición del gas de escape diluido, el analizador CLD no superará una amortiguación de H_2O y CO_2 combinados de ± 2 %. Para la medición del gas de escape sin diluir, el analizador CLD no superará una amortiguación de H_2O y CO_2 combinados de ± 2,5 %. La amortiguación combinada es la suma de la amortiguación de CO_2 determinada como se indica en el punto 8.1.11.1.4 y la amortiguación de H_2O determinada como se indica en el punto 8.1.11.1.5. Si no se cumplen estos requisitos, se llevarán a cabo acciones correctivas para reparar o sustituir el analizador. Antes de llevar a cabo los ensayos de emisiones, se comprobará que las acciones correctivas hayan conseguido restablecer el buen funcionamiento del analizador.

8.1.11.1.4. Procedimiento de verificación de la amortiguación de CO_2

Para determinar la amortiguación de CO_2 utilizando un separador de gases que mezcle gases patrón binarios con gas de cero como diluyente y cumpla las especificaciones del punto 9.4.5.6 se podrá

▼B

seguir el método que figura a continuación o el método prescrito por el fabricante, o bien se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar un protocolo diferente.

a) Las conexiones necesarias serán de PTFE o de acero inoxidable.

b) El separador de gases se configurará de tal manera que se mezclen cantidades aproximadamente iguales de gases patrón y gases diluyentes.

c) Si el analizador CLD dispone de un modo de funcionamiento con el que solo detecta NO, en contraposición a los NO_x totales, dicho analizador se hará funcionar en el modo «solo NO».

d) Se utilizarán un gas patrón de CO_2 que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1 y una concentración que sea aproximadamente el doble de la concentración máxima de CO_2 prevista para los ensayos de emisiones.

e) Se utilizarán un gas patrón de NO que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1 y una concentración que sea aproximadamente el doble de la concentración máxima de NO prevista para los ensayos de emisiones. Se podrá utilizar una concentración superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.

f) El analizador CLD se pondrá a cero y se ajustará con gas patrón. El analizador CLD se ajustará con el gas patrón de NO considerado en la letra e) del presente punto mediante el separador de gases; se conectará el gas patrón de NO al orificio del separador de gases; se conectará un gas de cero al orificio del diluyente del separador de gases; se utilizará la misma mezcla nominal que en la letra b) del presente punto y la concentración de NO a la salida del separador de gases se utilizará para ajustar el analizador CLD. Se aplicarán las correcciones de las propiedades del gas según proceda para garantizar una separación exacta.

g) El gas patrón de CO_2 se conectará al orificio de ajuste del separador de gases.

h) El gas patrón de NO se conectará al orificio del diluyente del separador de gases.

i) Mientras el NO y el CO_2 pasan por el separador de gases, la salida de este se estabilizará. Se determinará la concentración de CO_2 desde la salida del separador de gases, aplicando las correcciones de las propiedades del gas según convenga para garantizar la precisión de la separación. Esta concentración, x_{CO2act}, se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del punto 8.1.11.2.3. Como alternativa al uso de un separador de gases, se podrán utilizar otros dispositivos simples de mezcla de gases. En este caso, se utilizará un analizador para determinar la concentración de CO_2. Si se utiliza un NDIR junto con un dispositivo simple de mezcla de gases, deberá cumplir los requisitos de esta sección y se ajustará con el gas patrón de CO_2 siguiendo las instrucciones que se dan a partir de la letra d) del presente punto. Se comprobará previamente la linealidad del analizador NDIR de todo el intervalo hasta dos veces la concentración máxima de CO_2 prevista en los ensayos.

▼B

j) Se medirá la concentración de NO después del separador de gases con el analizador CLD. Se dejará pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización podrá incluir el tiempo necesario para purgar el conducto de transferencia y tener en cuenta la respuesta del analizador. Mientras el analizador mide la concentración de la muestra, se registrará la salida del analizador durante 30 s y se calculará la media aritmética de estos datos, x_{NOmeas}. El valor de x_{NOmeas} se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del punto 8.1.11.2.3.

k) La concentración real de NO en la salida del separador de gases, x_{NOact}, se calculará, basándose en las concentraciones de gas patrón y x_{CO2act}, mediante la ecuación (6-24). El valor calculado se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación de la ecuación (6-23).

l) Los valores registrados con arreglo a los puntos 8.1.11.1.4 y 8.1.11.1.5 se utilizarán para calcular la amortiguación como se indica en el punto 8.1.11.2.3.

8.1.11.1.5. Procedimiento de verificación de la amortiguación de H_2O

Para determinar la amortiguación de H_2O se seguirá el método que figura a continuación o el método prescrito por el fabricante del instrumento, o bien se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar un protocolo diferente.

a) Las conexiones necesarias serán de PTFE o de acero inoxidable.

b) Si el analizador CLD dispone de un modo de funcionamiento con el que solo detecta NO, en contraposición a los NO_x totales, dicho analizador se hará funcionar en el modo «solo NO».

c) Se utilizará un gas patrón de NO que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1 y una concentración que sea aproximadamente la concentración máxima prevista para los ensayos de emisiones. Se podrá utilizar una concentración superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.

d) El analizador CLD se pondrá a cero y se ajustará con gas patrón. El analizador CLD se ajustará con el gas patrón de NO considerado en la letra c) del presente punto; la concentración de gas patrón se registrará como x_{NOdry} y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del punto 8.1.11.2.3.

▼M2

e) Se humidificará el gas patrón de NO haciéndolo borbotear en agua destilada en un recipiente precintado. Si, para esta verificación, la muestra de gas patrón de NO humidificado no pasa por un secador de muestras, se controlará que la temperatura del recipiente pueda generar un contenido de H_2O en el gas patrón aproximadamente igual a la fracción molar máxima de H_2O prevista en los ensayos de emisiones. En caso de que la muestra de gas patrón de NO humidificado no pase por un secador de muestras, los cálculos de verificación de la amortiguación del punto 8.1.11.2.3 modificarán la amortiguación de H_2O hasta alcanzar la fracción molar superior de H_2O prevista en los ensayos de emisiones. Si, para esta verificación, la muestra de gas

▼M2

patrón de NO humidificado pasa por un secador, se controlará que la temperatura del recipiente pueda generar un contenido de H_2O en el gas patrón que, como mínimo, sea tan elevado como el máximo esperado en la salida del secador, de conformidad con el punto 9.3.2.3.1.1. En este caso, los cálculos de verificación de la amortiguación del punto 8.1.11.2.3 no modificarán la amortiguación de H_2O medida.

▼B

f) El gas de ensayo de NO humidificado se introducirá en el sistema de muestreo; se podrá introducir antes o después del secador de muestras utilizado en los ensayos de emisiones. Dependiendo del punto de introducción, se seleccionará el método de cálculo que corresponda de la letra e) del presente punto. ►M2 Nótese que el secador de muestras deberá superar la verificación especificada en el punto 8.1.12. ◄

g) Se medirá la fracción molar del H_2O en el gas patrón de NO humidificado. En caso de que se use un secador de muestras, la fracción molar del H_2O en el gas patrón de NO humidificado se medirá después del secador, $x_{H2Omeas}$. Se recomienda medir el valor de $x_{H2Omeas}$ lo más cerca posible de la entrada del analizador CLD. El valor de $x_{H2Omeas}$ se calculará a partir de las mediciones del punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}.

h) Para evitar la condensación en los conductos de transferencia, accesorios o válvulas desde el punto donde se mide $x_{H2Omeas}$ hasta el analizador, se aplicarán las buenas prácticas técnicas. Se recomienda diseñar el sistema de manera que las temperaturas en la pared del conducto de transferencia, los accesorios y las válvulas, medidas desde el punto de medición de $x_{H2Omeas}$ hasta el analizador, estén como mínimo 5 K por encima del punto de rocío del gas de muestra local.

i) La concentración del gas patrón de NO humidificado se medirá con el analizador CLD. Se dejará pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización podrá incluir el tiempo necesario para purgar el conducto de transferencia y tener en cuenta la respuesta del analizador. Mientras el analizador mide la concentración de la muestra, se registrará la salida del analizador durante 30 s y se calculará la media aritmética de estos datos, x_{NOwet}, que se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del punto 8.1.11.2.3.

8.1.11.2. Cálculos de verificación de la amortiguación del CLD

Los cálculos de verificación de la amortiguación del CLD se realizarán como se indica en este punto.

8.1.11.2.1. Cantidad de agua prevista durante los ensayos

Se estimará la fracción molar máxima de agua prevista en los ensayos de emisiones, x_{H2Oexp}. Esta estimación se efectuará en el punto en el que se introdujo el gas patrón de NO humidificado con arreglo a la letra f) del punto 8.1.11.1.5. Al estimar la fracción molar máxima de agua esperada, se tendrán en cuenta el contenido máximo de agua en el aire de combustión, los productos de combustión del combustible y el aire de dilución (si procede). Si, en el ensayo de verificación, el gas patrón de NO humidificado se introduce en el sistema de muestreo antes del secador de muestras, no será necesario estimar la fracción molar máxima prevista de agua y el valor de x_{H2Oexp} se fijará igual al de $x_{H2Omeas}$.

▼B

8.1.11.2.2. Cantidad de CO_2 prevista durante los ensayos

Se estimará la concentración máxima de CO_2 prevista en los ensayos de emisiones, x_{CO2exp}. Esta estimación se realizará en el emplazamiento del sistema de muestreo donde se introduce la mezcla de gases patrón de NO y CO_2 de acuerdo con la letra j) del punto 8.1.11.1.4. Al estimar la concentración máxima de CO_2 prevista, se tendrá en cuenta el contenido máximo de CO_2 previsto de los productos de la combustión y el aire de dilución.

8.1.11.2.3. Cálculo de la amortiguación de H_2O y CO_2 combinados

La amortiguación de H_2O y CO_2 combinados se calculará mediante la ecuación (6-23):

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x_{NOwet}}{1 - x_{H2Omeas}}}{x_{NOdry}} \right) \cdot \frac{x_{H2Oexp}}{x_{H2Omeas}} + \left(\frac{x_{NOmeas}}{x_{NOact}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{CO2exp}}{x_{CO2act}} \right] \cdot 100\% \qquad (6\text{-}23)$$

donde:

quench = cantidad de amortiguación del CLD

x_{NOdry} es la concentración medida de NO antes del borboteador, con arreglo a la letra d) del punto 8.1.11.1.5

x_{NOwet} es la concentración medida de NO después del borboteador, con arreglo a la letra i) del punto 8.1.11.1.5

x_{H2Oexp} es la fracción molar máxima de agua prevista en los ensayos de emisiones, con arreglo al punto 8.1.11.2.1

$x_{H2Omeas}$ es la fracción molar de agua medida en la verificación de la amortiguación, con arreglo a la letra g) del punto 8.1.11.1.5

x_{NOmeas} es la concentración medida de NO cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón CO_2 con arreglo a la letra j) del punto 8.1.11.1.4.

x_{NOact} es la concentración real de NO cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón CO_2 con arreglo a la letra k) del punto 8.1.11.1.4., calculada mediante la ecuación (6-24)

x_{CO2exp} es la concentración máxima de CO_2 prevista en los ensayos de emisiones, con arreglo al punto 8.1.11.2.2

x_{CO2act} es la concentración real de CO_2 cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón CO_2 con arreglo a la letra i) del punto 8.1.11.1.4.

$$x_{NOact} = \left(1 - \frac{x_{CO2act}}{x_{CO2span}} \right) \cdot x_{NOspan} \qquad (6\text{-}24)$$

donde:

x_{NOspan} es el valor de la concentración de gas patrón de NO introducido en el separador de gases, con arreglo a la letra e) del punto 8.1.11.1.4

$x_{CO2span}$ es el valor de la concentración de gas patrón de CO_2 introducido en el separador de gases, con arreglo a la letra d) del punto 8.1.11.1.4

▼B

8.1.11.3. Verificación de la interferencia de HC y H_2O en el analizador NDUV

8.1.11.3.1. Ámbito y frecuencia

Si se mide el NO_x con un analizador NDUV, la cantidad de interferencia de H_2O e hidrocarburos se verificará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

8.1.11.3.2. Principios de medición

Los hidrocarburos y el H_2O pueden interferir positivamente con un analizador NDUV causando una respuesta similar a los NO_x. Si el analizador NDUV emplea algoritmos de compensación que utilicen mediciones de otros gases para realizar esta verificación de la interferencia, dichas mediciones se efectuarán simultáneamente, a fin de verificar los algoritmos durante la verificación de la interferencia del analizador.

8.1.11.3.3. Requisitos del sistema

Un analizador NDUV de NO_x tendrá una interferencia combinada de H_2O y HC con un margen de ±2 % de la concentración media de NO_x prevista.

8.1.11.3.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como figura a continuación.

a) El analizador NDUV de NO_x se pondrá en marcha, se hará funcionar, se pondrá a cero y se ajustará con arreglo a las instrucciones del fabricante del instrumento.

b) Se recomienda extraer gases de escape del motor para llevar a cabo esta verificación. Se utilizará un CLD que cumpla las especificaciones del punto 9.4 para cuantificar el NO_x del gas de escape. La respuesta del CLD se utilizará como valor de referencia. También se medirán los HC del gas de escape con un analizador FID que cumpla las especificaciones del punto 9.4. La respuesta del FID se utilizará como valor de referencia de los hidrocarburos.

c) En caso de que en los ensayos se utilice un secador de muestras, el gas de escape del motor se introducirá en el analizador NDUV antes del secador.

d) Se dejará pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización podrá incluir el tiempo necesario para purgar el conducto de transferencia y tener en cuenta la respuesta del analizador.

e) Mientras todos los analizadores están midiendo la concentración de la muestra, se registrarán los datos extraídos a lo largo de 30 s y se calculará la media aritmética de los tres analizadores.

f) La media del CLD se restará de la media del NDUV.

g) ►M2 Esta diferencia se multiplicará por la relación entre la concentración media esperada de HC y la concentración de HC medida durante la verificación. El analizador superará la verificación de la interferencia de este punto si este resultado se encuentra dentro de un margen de ± 2 % de la concentración de NO_x esperada al nivel del valor límite de emisiones, como se indica en la ecuación (6-25): ◄

$$|\overline{x}_{\mathrm{NOx,CLD,meas}} - \overline{x}_{\mathrm{NOx,NDUV,meas}}| \cdot \left(\frac{\overline{X}_{\mathrm{HC,exp}}}{\overline{X}_{\mathrm{HC,meas}}}\right) \leq 2\% \cdot (\overline{x}_{\mathrm{NOx,exp}}) \qquad (6\text{-}25)$$

▼B

donde:

$\bar{x}_{NOx,CLD,meas}$ es la concentración media de NO_x medida por el CLD [µmol/mol] o [ppm]

$\bar{x}_{NOx,NDUV,meas}$ es la concentración media de NO_x medida por el NDUV [µmol/mol] o [ppm]

$\bar{x}_{HC,meas}$ es la concentración media de HC medida [µmol/mol] o [ppm]

$\bar{x}_{HC,exp}$ es la concentración media de HC esperada en la norma [µmol/mol] o [ppm]

$\bar{x}_{NOx,exp}$ es la concentración media de NO_x esperada en la norma [µmol/mol] o [ppm]

8.1.11.4 Penetración del NO_2 en el secador de muestras

8.1.11.4.1. Ámbito y frecuencia

En caso de que se utilice un secador de muestras para secar una muestra antes de un instrumento de medición de NO_x, pero no se utilice un convertidor NO_2-NO antes del secador de muestras, esta verificación se realizará en relación con la penetración del NO_2 en el secador de muestras. Esta verificación se efectuará tras la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

8.1.11.4.2. Principios de medición

Los secadores de muestras eliminan el agua, que, de lo contrario, puede interferir con las mediciones de NO_x. No obstante, el agua líquida que permanezca en ►M2 un secador de muestras ◄ mal diseñado puede eliminar el NO_2 de la muestra. Por lo tanto, si se utiliza un secador de muestras sin un convertidor NO_2-NO antes, este podría eliminar el NO_2 de la muestra antes de la medición de los NO_x.

8.1.11.4.3. Requisitos del sistema

El secador de muestras permitirá medir al menos un 95 % del total de NO_2 a la concentración máxima esperada de NO_2.

8.1.11.4.4. Procedimiento

Para verificar el funcionamiento del secador de muestras se aplicará el procedimiento que figura a continuación.

a) Montaje del instrumento. Se seguirán las instrucciones de puesta en marcha y funcionamiento del fabricante del analizador y el secador de muestras. El analizador y el secador de muestras se ajustarán según convenga para optimizar el funcionamiento.

b) Montaje del equipo y recogida de datos.

   i) Los analizadores de gas de los NO_x totales se pondrán a cero y se ajustarán de la misma manera que antes de los ensayos de emisiones.

   ii) Se seleccionará el gas de calibración de NO_2 (gas de balance de aire seco) cuya concentración de NO_2 sea cercana al máximo esperado en los ensayos. Se podrá utilizar una concentración superior de conformidad con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO_2 es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.

▼B

iii) Este gas de calibración se verterá en la sonda del sistema de muestreo de gas o en el rebosadero. Se dejará el tiempo necesario para que la respuesta a los NO_x totales se estabilice, teniendo solamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento.

iv) Se calculará la media de los datos de NO_x total registrados en 30 s y se registrará este valor como x_{NOxref}.

v) Se detendrá el flujo del gas de calibración de NO_2.

vi) A continuación se saturará el sistema de muestreo vertiendo el producto del generador de punto de rocío, fijado a un punto de rocío de 323 K (50 °C), en la sonda del sistema de muestreo de gas o en el rebosadero. Se tomará una muestra del producto del generador de punto de rocío mediante el sistema de muestreo y el secador de muestras durante un mínimo de diez minutos, hasta que quepa suponer que el secador de muestras retira una cantidad constante de agua.

vii) Se volverá a ajustar de inmediato a fin de verter el gas de calibración de NO_2 utilizado para establecer x_{NOxref}. Se permitirá que la respuesta a los NO_x totales se estabilice, teniendo solamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento. Se calculará la media de los datos de NO_x totales registrados en 30 s y se registrará este valor como$_{NOxmeas}$.

viii) Se corregirá $x_{NOxmeas}$ para x_{NOxdry} sobre la base del vapor de agua residual que haya pasado por el secador de muestras a la temperatura y la presión de salida del secador.

c) Evaluación del funcionamiento. Si x_{NOxdry} es menor que el 95 % de x_{NOxref}, el secador de muestras se reparará o se sustituirá.

8.1.11.5. Conversión mediante convertidor NO_2-NO

8.1.11.5.1. Ámbito y frecuencia

Si se utiliza un analizador que mida únicamente NO para determinar los NO_x, antes del analizador se utilizará un convertidor NO_2-NO. Esta verificación se efectuará tras instalar el convertidor, después de cualquier operación de mantenimiento importante y en los 35 días previos a un ensayo de emisiones, y se repetirá con esta frecuencia para comprobar que la actividad catalítica del convertidor NO2-NO no se haya deteriorado.

8.1.11.5.2. Principios de medición

El convertidor NO_2-NO permite que un analizador que solo mida NO determine los NO_x totales convirtiendo el NO_2 del gas de escape en NO.

8.1.11.5.3. Requisitos del sistema

Un convertidor NO_2-NO permitirá medir al menos un 95 % del total de NO_2 a la concentración máxima esperada de NO_2.

8.1.11.5.4 Procedimiento

Para verificar el funcionamiento de un convertidor NO_2-NO se seguirá el procedimiento siguiente:

▼B

a) Para montar el instrumento, se seguirán las instrucciones de puesta en marcha y funcionamiento de los fabricantes del analizador y el convertidor NO_2-NO. El analizador y el convertidor se ajustarán según convenga para optimizar el funcionamiento.

b) Se conectará la entrada de un ozonizador a una fuente de aire de cero o de oxígeno, y la salida al orificio de una pieza en T de tres pasos. A otro orificio se conectará un gas patrón de NO, y al último, la entrada del convertidor NO_2-NO.

c) Para efectuar la verificación se seguirán estos pasos:

i) Se cierra el aire del ozonizador, se apaga el ozonizador, y el convertidor NO_2-NO se pone en modo derivación (es decir, en modo NO). Se espera hasta que alcance la estabilización, teniendo únicamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento.

ii) Se ajustan los flujos de NO y gas de cero de manera que la concentración de NO en el analizador sea cercana a la concentración pico de NO_x totales prevista en los ensayos. El contenido en NO_2 de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO Se registra la concentración de NO calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, y este valor se recogerá como x_{NOref}. Se podrá utilizar una concentración superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.

iii) Se abre el suministro de O_2 del ozonador y se ajusta el caudal de O_2 de manera que el NO indicado por el analizador sea aproximadamente un 10 % inferior a x_{NOref} Se registra la concentración de NO calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, y se registrará este valor como $x_{NO+O2mix}$.

iv) Se enciende el ozonizador y se ajusta la generación de ozono de manera que el NO medido por el analizador sea aproximadamente un 20 % del valor de x_{NOref}, mientras se mantiene como mínimo el 10 % del NO no reactado. La concentración de NO se registrará calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, y este valor se recogerá como x_{NOmeas}.

v) El analizador de NO se cambiará entonces al modo NO_x y se medirá el NO_x total. La concentración de NO_x se registra calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, y este valor se recogerá como $x_{NOxmeas}$.

vi) Se apaga el ozonizador, pero se mantiene el flujo de gas a través del sistema. El analizador de NO_x indicará el NO_x de la mexcla NO + O_2. Se registrará la concentración de NO_x calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, y este valor se recogerá como $x_{NOx+O2mix}$.

▼B

vii) Se desconecta el suministro de O_2. El analizador de NO_x indica los NO_x presentes en la mezcla original de NO en N_2. La concentración de NO_x se registrará calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, y este valor se recogerá como x_{NOxref}. Este valor no deberá superar en más del 5 % el valor de x_{NOref}.

d) Evaluación del funcionamiento. La eficiencia del convertidor de NO_x se calculará sustituyendo en la ecuación (6-26) las concentraciones obtenidas:

$$Efficiency[\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \times 100 \qquad (6\text{-}26)$$

e) Si el resultado es inferior al 95 %, el convertidor NO_2-NO deberá ser reparado o sustituido.

▼M2

8.1.12. Verificación del secador de muestras

Si se utiliza un sensor de humedad para el control continuo del punto de rocío en la salida del secador de muestras, esta verificación no es aplicable, siempre que se garantice que la humedad en la salida del secador es inferior a los valores mínimos utilizados para las verificaciones de amortiguación, interferencias y compensación.

Si para retirar el agua del gas de muestra se utiliza un secador de muestras, como se prevé en el punto 9.3.2.3.1, el funcionamiento del enfriador térmico se verificará inmediatamente después de la instalación y después de cualquier operación de mantenimiento importante. En el caso de los secadores de membrana osmótica, el funcionamiento se verificará inmediatamente después de la instalación, después de cualquier operación de mantenimiento importante y en un plazo de 35 días antes de los ensayos.

El agua puede inhibir la capacidad de un analizador de medir adecuadamente un componente del gas de escape, por lo que a veces se retira antes de que el gas de muestra llegue al analizador. Por ejemplo, el agua puede interferir negativamente con la respuesta del NO_x del CLD amortiguando la colisión, y positivamente con un analizador de NDIR (analizador de infrarrojos no dispersivo, en sus siglas en inglés) causando una respuesta similar al CO.

El secador de muestras cumplirá las especificaciones indicadas en el punto 9.3.2.3.1 en relación con el punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}, después del secador de membrana osmótica o el enfriador térmico.

Para determinar el comportamiento del secador de muestras se utilizará el siguiente método de verificación del secador de muestras, o bien se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar un nuevo protocolo:

i) las conexiones necesarias serán de politetrafluoretileno («PTFE») o de acero inoxidable,

ii) se humidificará N_2 o aire purificado haciéndolo borbotear en agua destilada en un recipiente precintado que humidifique el gas hasta el punto de rocío más alto estimado durante el muestreo de emisiones,

iii) se introducirá el gas humidificado antes del secador de muestras,

iv) la temperatura del gas humidificado después del recipiente se mantendrá al menos 5 K (5 °C) por encima de su punto de rocío,

▼M2

v) el punto de rocío, T_{dew}, y la presión, p_{total}, del gas humidificado se medirán lo más cerca posible de la entrada del secador de muestras, para verificar que el punto de rocío es el más elevado estimado durante el muestreo de emisiones,

vi) el punto de rocío, T_{dew}, y la presión, p_{total}, del gas humidificado se medirán lo más cerca posible de la entrada del secador de muestras,

vii) el secador de muestras supera la verificación si el resultado de la letra d), inciso vi), de esta sección es inferior al punto de rocío correspondiente a las especificaciones del secador de muestras determinado en el punto 9.3.2.3.1 más 2 K (2 °C) o si la fracción molar de la letra d), inciso vi), es inferior a la especificada para el correspondiente secador de muestras más 0,002 mol/mol o el 0,2 % del volumen. Nótese que, para esta verificación, el punto de rocío se expresa en temperatura absoluta, Kelvin.

———————

8.1.13. Mediciones de partículas

8.1.13.1. Verificaciones de la balanza de partículas y verificación del proceso de pesaje

8.1.13.1.1. Ámbito y frecuencia

En esta sección se describen tres verificaciones.

a) La verificación independiente del funcionamiento de la balanza de partículas en un máximo de 370 días antes del pesaje de cualquier filtro.

b) El cero y el ajuste de la balanza en las doce horas previas al pesaje de cualquier filtro.

c) La verificación de que la determinación de la masa de los filtros de referencia antes y después de la sesión de pesaje de un filtro es inferior a una tolerancia especificada.

8.1.13.1.2. Verificación independiente

El fabricante de la balanza (o un representante suyo que cuente con su aprobación) verificará el funcionamiento de la balanza en un máximo de 370 días antes de los ensayos, de conformidad con los procedimientos de auditoría interna.

8.1.13.1.3. Puesta a cero y ajuste

El funcionamiento de la balanza se verificará poniéndola a cero y ajustándola con un peso de calibración como mínimo; todos los pesos utilizados deberán cumplir las especificaciones del punto 9.5.2 para realizar esa verificación. Se seguirá un procedimiento manual o automatizado:

a) El procedimiento manual requiere que la balanza utilizada se ponga a cero y se ajuste con un peso como mínimo. En caso de que, al repetir el proceso de pesaje para mejorar la exactitud y la precisión de las mediciones de partículas, se obtengan valores medios normales, se seguirá el mismo procedimiento para verificar el funcionamiento de la balanza.

b) Se lleva a cabo un procedimiento automático con pesos de calibración interna que se usan automáticamente para verificar el funcionamiento de la balanza. Estos pesos de calibración interna deberán cumplir las especificaciones del punto 9.5.2 para realizar esa verificación.

▼M2

8.1.13.1.4. Pesaje de la muestra de referencia

Todos los valores de la masa medidos durante la sesión de pesaje se verificarán pesando los medios de muestreo de partículas de referencia (por ejemplo, filtros) antes y después de la sesión de pesaje. Una sesión de pesaje podrá ser tan corta como se desee, pero nunca superior a ochenta horas, y podrá incluir valores de la masa medidos antes del ensayo y después del ensayo. Las sucesivas determinaciones de la masa de los diferentes medios de muestreo de partículas de referencia deberán arrojar el mismo valor, dentro de un margen de ± 10 µg o de ± 10 % de la masa total de partículas esperada, el valor que sea más alto. En caso de que los sucesivos pesajes del filtro de muestreo de partículas incumplan ese criterio, se invalidarán todos los valores individuales de la masa medidos en el filtro de ensayo obtenidos entre las sucesivas determinaciones de la masa del filtro de referencia. Estos filtros se podrán volver a pesar en otra sesión de pesaje. Si un filtro posterior al ensayo queda invalidado, el intervalo de ensayo será nulo. Esa verificación se realizará como figura a continuación.

a) En el entorno de estabilización de partículas se mantendrán al menos dos muestras de medios de muestreo de partículas no utilizados. Estos medios se utilizarán como referencia. Se seleccionarán para su uso como referencia filtros no utilizados del mismo material y tamaño.

b) Las referencias se estabilizarán en el entorno de estabilización de partículas. Se considerará que las referencias se han estabilizado si han permanecido en el entorno de estabilización de partículas un mínimo de treinta minutos y el entorno de estabilización de partículas cumplía las especificaciones del punto 9.3.4.4 durante, como mínimo, los sesenta minutos anteriores.

c) La balanza se usará varias veces con una muestra de referencia sin registrar los valores.

d) La balanza se pondrá a cero y se ajustará. Se colocará en la balanza una masa de ensayo (por ejemplo, un peso de calibración) que a continuación se retirará para comprobar que la balanza recupera un valor de cero medido aceptable en el tiempo de estabilización normal.

e) Se pesará cada uno de los medios de referencia (por ejemplo, filtros) y se registrarán sus masas. Si se obtienen valores medios normales repitiendo el proceso de pesaje para mejorar la exactitud y la precisión de las masas de los medios de referencia (por ejemplo, filtros), se seguirá el mismo proceso para medir los valores medios de los medios de muestra (por ejemplo, filtros).

f) Se registrarán el punto de rocío, la temperatura ambiente y la presión atmosférica del entorno de la balanza.

g) Las condiciones ambientales registradas se utilizarán como resultados correctos en cuanto a la flotabilidad, como se describe en el punto 8.1.13.2. Se registrará la masa de cada referencia con corrección de la flotabilidad.

h) La masa de referencia corregida en función de la flotabilidad de cada medio de referencia (por ejemplo, filtros) se restará de la masa corregida en función de la flotabilidad previamente medida y registrada.

i) Si la masa de alguno de los filtros de referencia observados cambia más de lo permitido en la presente sección, se invalidarán todas las determinaciones de masas de partículas realizadas desde la última validación de la masa de los medios de referencia (por ejemplo, filtros). Si solo ha cambiado más de lo permitido una de las masas de los filtros y se puede identificar positivamente una causa especial de ese cambio que no haya afectado a otros filtros durante el proceso, los filtros de partículas de

▼M2

referencia se podrán descartar. De esta manera, la validación se puede considerar un éxito. En ese caso, al determinar el cumplimiento de la letra j) del presente punto, no se incluirán los medios de referencia contaminados, sino que se descartará y se sustituirá el filtro de referencia afectado.

j) En caso de que alguna de las masas de referencia cambie más de lo permitido con arreglo al punto 8.1.13.1.4, todos los resultados de las partículas determinados entre los dos momentos en los que se determinaron las masas de referencia quedarán invalidados. Si se descarta un método de muestreo de partículas de referencia con arreglo a la letra i) del presente punto, como mínimo deberá estar disponible la diferencia de una masa de referencia que cumpla los criterios del punto 8.1.13.1.4. En caso contrario, todos los resultados de las partículas determinados entre los dos momentos en los que se determinaron las masas de referencia quedarán invalidados.

8.1.13.2. Corrección de la flotabilidad del filtro de muestreo de partículas

8.1.13.2.1. Información general

El filtro de muestreo de partículas se corregirá en función de su flotabilidad en el aire. La corrección de la flotabilidad depende de la densidad del medio de muestreo, la densidad del aire y la densidad del peso de calibración utilizado para calibrar la balanza. Dicha corrección no afecta a la flotabilidad de las partículas propiamente dicha, pues en general solo entre el 0,01 % y el 0,10 % del peso total corresponde a la masa de las partículas. Una corrección de esta pequeña cantidad de la masa representaría, como máximo, un 0,010 %. Los valores corregidos en función de la flotabilidad son las masas de las taras de las muestras de partículas. Estos valores con corrección de la flotabilidad con vistas al pesaje del filtro antes del ensayo se restan posteriormente de los valores con corrección de la flotabilidad del pesaje posterior al ensayo del filtro correspondiente, a fin de determinar la masa de las partículas emitidas en el ensayo.

8.1.13.2.2. Densidad del filtro de muestreo de partículas

Los diferentes filtros de muestreo de partículas presentan densidades diferentes. Se utilizará la densidad conocida del medio de muestreo o la densidad de alguno de los medios de muestreo habituales, como sigue:

b) en el caso del vidrio borosilicatado con revestimiento de PTFE, se utilizará una densidad del medio de muestreo de 2 300 kg/m^3;

c) en el caso de los medios con membrana (película) de PTFE con un anillo de soporte integral de polimetilpenteno al que corresponda el 95 % de la masa del medio, se utilizará una densidad del medio de muestreo de 920 kg/m^3;

d) en el caso de los medios con membrana (película) de PTFE con un anillo de soporte integral de PTFE, se utilizará una densidad del medio de muestreo de 2 144 kg/m^3.

8.1.13.2.3. Densidad del aire

Dado que el entorno de la balanza de partículas se debe mantener estrictamente a una temperatura ambiente de 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) y un punto de rocío de 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C), la densidad del aire depende principalmente de la presión atmosférica. Por lo tanto, la corrección específica de la flotabilidad solo dependerá de la presión atmosférica.

8.1.13.2.4. Densidad del peso de calibración

Se utilizará la densidad declarada del material del peso metálico de calibración.

8.1.13.2.5. Cálculo de la corrección

Para corregir el filtro de muestreo de partículas en función de la flotabilidad se utilizará la ecuación (6-27):

▼M2

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \quad (6\text{-}27)$$

donde:

m_{cor} es la masa del filtro de muestreo de partículas corregida en función de la flotabilidad

m_{uncor} es la masa del filtro de muestreo de partículas sin corrección en función de la flotabilidad

ρ_{air} es la densidad del aire en el entorno de la balanza

ρ_{weight} es la densidad del peso de calibración utilizado en la balanza

ρ_{media} es la densidad del filtro de muestreo de partículas

con

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \quad (6\text{-}28)$$

donde:

p_{abs} es la presión absoluta en el entorno de la balanza

M_{mix} es la masa molar del aire en el entorno de la balanza

R es la constante molar de los gases

T_{amb} es la temperatura ambiente absoluta del entorno de la balanza

▼B

8.2. Validación del instrumento para el ensayo

8.2.1. Validación del control del flujo proporcional para el muestreo por lotes y relación de dilución mínima para el muestro de partículas por lotes

8.2.1.1. Criterios de proporcionalidad del CVS

8.2.1.1.1. Flujos proporcionales

Para cada par de caudalímetros, la muestra registrada y el caudal total o sus medias para 1 Hz se utilizarán con los cálculos estadísticos del anexo VII, apéndice 3. Se determinará el error típico de la estimación, (*SEE* en sus siglas en inglés), del caudal de muestreo respecto del caudal total. Para cada intervalo de ensayo se demostrará que el *SEE* es inferior o igual al 3,5 % del caudal de muestreo medio.

8.2.1.1.2. Flujos constantes

Para cada par de caudalímetros, la muestra registrada y el caudal total o sus medias para 1 Hz se utilizarán a fin de demostrar que cada caudal es constante dentro de un margen de ±2,5 % de sus medias o su caudal objetivo respectivos. En lugar de registrar el caudal correspondiente de cada tipo de medición, se podrá recurrir a las opciones siguientes.

a) Venturi de flujo crítico. Para el venturi de flujo crítico se utilizarán las condiciones registradas de entrada en el venturi o sus medias para 1 Hz. Se demostrará que la densidad del flujo a la entrada del venturi es constante dentro de un margen de ±2,5 % de la densidad media u objetivo en cada intervalo de ensayo. En

▼B

el caso de un venturi de flujo crítico CVS, esto se podrá probar mostrando que la temperatura absoluta en la entrada del venturi es constante dentro de un margen de ±4 % de la temperatura absoluta media u objetivo en cada intervalo de ensayo.

b) Bomba de desplazamiento positivo. Se utilizarán las condiciones registradas de entrada a la bomba o sus medias para 1 Hz. Se demostrará que la densidad del flujo a la entrada de la bomba es constante dentro de un margen de ±2,5 % de la densidad media u objetivo en cada intervalo de ensayo. En el caso de una bomba CVS, esto se podrá probar mostrando que la temperatura absoluta a la entrada de la bomba es constante dentro de un margen de ±2 % de la temperatura absoluta media u objetivo en cada intervalo de ensayo.

8.2.1.1.3. Demostración del muestreo proporcional

Para cada muestra por lotes proporcional, como es el caso de las bolsas de muestreo o el filtro de partículas, se demostrará que el muestreo proporcional se ha mantenido mediante uno de los métodos siguientes, señalando que se podrá omitir, en tanto que valores discrepantes, hasta el 5 % del total de los puntos de medición.

Aplicando buenas prácticas técnicas, se demostrará con un análisis de ingeniería que el sistema de control de flujo proporcional garantiza de manera inherente un muestreo proporcional en todas las circunstancias previstas en los ensayos. Por ejemplo, se podrán utilizar CFV tanto para el flujo de muestreo como para el flujo total, si se demuestra que siempre tienen las mismas presiones y temperaturas de entrada y que siempre funcionan en condiciones de flujo crítico.

Se utilizarán flujos medidos o calculados y/o las concentraciones de gases trazadores (p. ej., CO_2) para determinar la relación mínima de dilución de cada muestreo de partículas por lotes en el intervalo de ensayo.

8.2.1.2. Validación del sistema de dilución de flujo parcial

Para controlar el sistema de dilución de flujo parcial para extraer una muestra proporcional de gases de escape es necesaria una respuesta rápida del sistema, que se identificará por la prontitud del sistema de dilución de flujo parcial. El tiempo de transformación del sistema se determinará de conformidad con el procedimiento descrito en el punto 8.1.8.6.3.2. El control propiamente dicho del sistema de dilución de flujo parcial se basará en las condiciones actuales medidas. Si el tiempo combinado de transformación de la medición del flujo de gas de escape y el sistema de flujo parcial es inferior o igual a 0,3 s, se utilizará el control en línea. Si el tiempo de transformación es superior a 0,3 s, se utilizará un control previo basado en un periodo de ensayo grabado previamente. En ese caso, el tiempo de subida combinado será ≤ 1 s y el tiempo de retraso combinado será ≤ 10 s. El conjunto de la respuesta del sistema se diseñará de manera que se asegure una muestra representativa de las partículas, $q_{mp,i}$ (muestra de flujo de gas de escape en el sistema de dilución de flujo parcial), proporcional al caudal másico del gas de escape. Para determinar la proporcionalidad se efectuará un análisis de regresión de $q_{mp,i}$ en función de $q_{mew,i}$ (caudal másico del gas de escape en base húmeda.) con una frecuencia mínima de adquisición de datos de 5 Hz, cumpliendo los criterios siguientes:

a) el coeficiente de correlación r^2 de la regresión lineal entre $q_{mp,i}$ y $q_{mew,i}$ no será inferior a 0,95;

b) el error típico de estimación de $q_{mp,i}$ sobre $q_{mew,i}$ no superará el 5 % del valor máximo de q_{mp};

c) la intersección de la línea de regresión con q_{mp} no superará un ± 2 % del valor máximo de q_{mp}.

▼B

Si los tiempos de transformación combinados del sistema de muestreo de partículas, $t_{50,P}$, y de la señal del caudal másico del gas de escape, $t_{50,F}$, son > 0,3 s, será necesario un control anticipado. En ese caso, se realizará un ensayo previo y se utilizará la señal del caudal másico del gas de escape de dicho ensayo para controlar el flujo de muestreo que entra en el sistema de muestreo de partículas. Se consigue un control correcto del sistema de dilución de flujo parcial si la curva del tiempo de $q_{mew,\ pre}$ del ensayo previo, que controla el valor de q_{mp}, es desplazada un tiempo «anticipado» de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Para establecer la correlación entre $q_{mp,i}$ y $q_{mew,i}$ se utilizarán los datos registrados durante el ensayo real, con el tiempo $q_{mew,i}$ alineado mediante $t_{50,F}$ respecto de $q_{mp,i}$ ($t_{50,P}$ no contribuye a la alineación temporal). La diferencia de tiempo entre q_{mew} y q_{mp} equivale a la diferencia entre sus tiempos de transformación determinados de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.1.8.6.3.2.

8.2.2. Validación del intervalo del analizador de gases, validación y corrección de la desviación

8.2.2.1. Validación del intervalo

Si en algún momento del ensayo el analizador funciona por encima del 100 % de su intervalo, se procederá como sigue:

8.2.2.1.1. Muestreo por lotes

En el caso del muestreo por lotes, la muestra se volverá a analizar utilizando el intervalo más bajo del analizador que provoque una respuesta máxima del instrumento por debajo del 100 %. El resultado se considerará el intervalo más bajo en el cual el analizador funciona por debajo del 100 % de su intervalo en todo el ensayo.

8.2.2.1.2. Muestreo continuo

En el caso del muestreo continuo, se repetirá todo el ensayo en el intervalo inmediatamente superior del analizador. Si el analizador vuelve a funcionar por encima del 100 % de su intervalo, el ensayo volverá a repetirse con el rango inmediatamente superior. El ensayo se seguirá repitiendo hasta que el analizador funcione siempre a menos del 100 % de su intervalo durante todo el ensayo.

8.2.2.2. Validación y corrección de la desviación

Si la desviación se encuentra dentro de un margen de ±1 %, los datos pueden ser aceptados sin corrección o bien tras ser corregidos. Si la desviación es superior a ±1 %, se calcularán dos conjuntos de resultados de emisiones específicas del freno de cada contaminante con un valor límite específico del freno y para CO_2, o el ensayo se considerará nulo. Uno de los conjuntos se calculará utilizando los datos previos a la corrección de la desviación; el otro, tras corregir todos los datos de la desviación con arreglo al anexo VII, punto 2.6 y apéndice 1. La comparación se efectuará como porcentaje de los resultados sin corregir. La diferencia entre los valores de las emisiones específicas del freno sin corregir y corregidos deberá estar dentro de un margen de ±4 % del valor de las emisiones específicas del freno sin corregir o el valor límite de emisión, el mayor de ambos. En caso contrario, el ensayo se considerará nulo.

8.2.3. Acondicionamiento previo y pesaje de la tara de los medios de muestreo de partículas (p. ej., filtros)

Antes de un ensayo de emisiones, se procederá como se indica a continuación para preparar los medios de filtrado de la muestra de partículas y el equipo de medición de partículas.

▼B

8.2.3.1. Verificaciones periódicas

Se comprobará que el entorno de la balanza y el de estabilización de partículas superan las verificaciones periódicas del punto 8.1.12. El filtro de referencia se pesará justo antes de pesar los filtros de ensayo para establecer un punto de referencia adecuado (véanse los detalles del procedimiento en el punto 8.1.12.1). La verificación de la estabilidad de los filtros de referencia se realizará tras el periodo de estabilización posterior al ensayo, inmediatamente antes del pesaje posterior al ensayo.

8.2.3.2. Inspección visual

Los medios de filtrado de muestras no utilizados se someterán a una inspección visual en busca de defectos. Se descartarán los filtros defectuosos.

8.2.3.3. Toma de tierra

Para manejar los filtros de partículas se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el punto 9.3.4.

8.2.3.4. Medios de muestreo no utilizados

Los medios de muestreo no utilizados se colocarán en uno o más contenedores abiertos al entorno de estabilización de partículas. Los filtros utilizados se podrán colocar en la mitad inferior de una casete para filtros.

8.2.3.5. Estabilización

Los medios de muestreo se estabilizarán en el entorno de estabilización de partículas. Se considerará que un medio de muestreo no utilizado se ha estabilizado si ha permanecido un mínimo de treinta minutos en un entorno de estabilización de partículas que cumplía las especificaciones del punto 9.3.4. ►**M2** No obstante, si se prevé que la masa de partículas supere los 400 µg, el medio de muestreo deberá estabilizarse durante al menos sesenta minutos. ◄

8.2.3.6. Pesaje

El medio de muestreo se pesará de manera manual o automática, como sigue:

a) en el caso del pesaje automático, a la hora de preparar las muestras para ser pesadas se seguirán las instrucciones del fabricante del sistema; estas pueden incluir depositar las muestras en un contenedor especial;

b) en el caso del pesaje manual, se aplicarán las buenas prácticas técnicas;

c) de manera opcional, se permite el pesaje de sustitución (véase el punto 8.2.3.10);

d) una vez pesado un filtro, este se devolverá a la placa de Petri y se cubrirá.

8.2.3.7. Corrección de la flotabilidad

El peso medido se corregirá teniendo en cuenta la flotabilidad, como se describe en el punto 8.1.13.2.

8.2.3.8. Repetición

Se podrán repetir las mediciones de la masa del filtro para determinar su masa media, aplicando las buenas prácticas técnicas y excluyendo los valores discrepantes del cálculo de la media.

▼B

8.2.3.9. Pesaje de la tara

Los filtros no utilizados cuya tara se haya determinado se cargarán en casetes para filtros limpias. Las casetes cargadas se colocarán en un contenedor que se cubrirá o precintará y se llevará a la célula de ensayo para realizar el muestreo.

8.2.3.10. Pesaje de sustitución

El pesaje de sustitución es una opción que, si se utiliza, requiere la medición de un peso de referencia antes y después de cada pesaje de un medio de muestreo de partículas (p. ej., filtros). Aunque el pesaje de sustitución precisa más mediciones, corrige la posible desviación de cero de la balanza y solo se basa en la linealidad de la balanza en un intervalo reducido. Esto resulta especialmente adecuado cuando se cuantifican masas totales de partículas inferiores al 0,1 % de la masa del medio de muestreo. Sin embargo, puede no ser apropiado cuando las masas totales de las partículas superan el 1 % de la masa del medio de muestreo. Si se opta por el pesaje de sustitución, este se deberá utilizar tanto para el pesaje previo como para el posterior al ensayo y en ambos casos se utilizará el mismo peso de sustitución. Si la densidad del peso de sustitución es inferior a 2,0 g/cm^3, la masa del peso de sustitución se corregirá en función de la flotabilidad. Los pasos siguientes constituyen un ejemplo de pesaje de sustitución.

a) Se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el punto 9.3.4.6.

b) Antes de colocar un objeto en el platillo de la balanza, se minimizará su carga eléctrica estática mediante un neutralizador de electricidad estática, como se describe en el punto 9.3.4.6.

c) Se seleccionará un peso de sustitución que cumpla las especificaciones de los pesos de calibración del punto 9.5.2. El peso de sustitución también tendrá la misma densidad que el peso utilizado para ajustar la microbalanza y su masa será similar a la de un medio de muestreo no utilizado (p. ej., un filtro). Si se utilizan filtros, la masa del peso deberá ser de 80 a 100 mg para un filtro típico de 47 mm de diámetro.

d) El valor estable de la balanza se registrará y a continuación se retirará el peso de calibración.

e) Se pesará un medio de muestreo no utilizado (p. ej., un filtro nuevo) y se registrará el valor estable de la balanza, así como el punto de rocío del entorno de la balanza, la temperatura ambiente y la presión atmosférica.

f) Se volverá a pesar el peso de calibración y se registrará el valor estable de la balanza.

g) Se calculará la media aritmética de los dos valores del peso de calibración obtenidos, registrados inmediatamente antes y después de pesar la muestra no utilizada. Este valor medio se restará del valor de la muestra no utilizada, y a continuación se sumará la masa verdadera del peso de calibración declarada en el certificado del peso de calibración. Se registrará este resultado, que es el peso de tara de la muestra no utilizada sin corrección de la flotabilidad.

h) Se repetirán estos pasos del pesaje de sustitución para los restantes medios de muestreo no utilizados.

i) Una vez finalizado el pesaje, se seguirán las instrucciones recogidas en los puntos 8.2.3.7 a 8.2.3.9.

▼B

8.2.4. Acondicionamiento y pesaje de las partículas tras el ensayo

Los filtros de muestreo de partículas se colocarán en contenedores cerrados o precintados a fin de protegerlos de la contaminación ambiental. Los filtros cargados así protegidos se introducirán de nuevo en la cámara o sala de acondicionamiento de filtros de partículas. A continuación, los filtros de muestreo de partículas se acondicionarán y pesarán según lo indicado.

8.2.4.1. Verificación periódica

Se comprobará que los entornos de pesaje y de estabilización de partículas superan las verificaciones periódicas del punto 8.1.13.1. Una vez finalizados los ensayos, los filtros se devolverán al entorno de pesaje y de estabilización de las partículas, que deberá cumplir los requisitos relativos a las condiciones ambientales del punto 9.3.4.4. En caso contrario, los filtros de ensayo se dejarán cubiertos hasta que se cumplan unas condiciones adecuadas.

8.2.4.2. Retirada de los contenedores precintados

En el entorno de estabilización de las partículas, las muestras de partículas se han de retirar de los contenedores precintados. Los filtros se podrán retirar de sus casetes antes o después de la estabilización. Al retirar un filtro de una casete, la mitad superior de esta se separará de la inferior con la ayuda de un separador de casetes diseñado a tal fin.

8.2.4.3. Toma de tierra

Para manejar las muestras de partículas se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el punto 9.3.4.5.

8.2.4.4. Inspección visual

Las muestras de partículas recogidas y los medios de filtrado asociados se inspeccionarán visualmente. Si se sospecha que las condiciones del filtro o de la muestra de partículas recogidas han sido objeto de alguna negligencia, o que las partículas han podido estar en contacto con una superficie diferente de la del filtro, la muestra no se podrá utilizar para determinar emisiones de partículas. En caso de contacto con otra superficie, esta se limpiará antes de continuar.

8.2.4.5. Estabilización de las muestras de partículas

Para estabilizar las muestras de partículas, estas deberán estar colocadas en uno o más contenedores abiertos al entorno de estabilización de partículas descrito en el punto 9.3.4.3. Se considerará que una muestra de partículas se ha estabilizado si ha permanecido en el entorno de estabilización de partículas uno de los tiempos que figuran a continuación, durante el cuál el entorno de estabilización de partículas se ha mantendio conforme a las especificaciones del punto 9.3.4.3.

a) El filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de sesenta minutos antes del pesaje si se espera que la concentración total de las partículas en la superficie de un filtro supere los 0,353 μg/mm^2, suponiendo una carga de 400 μg en una superficie de filtración de 38 mm de diámetro.

b) El filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de treinta minutos antes del pesaje si se espera que la concentración total de las partículas en la superficie total de un filtro sea inferior a 0.353 μg/mm^2.

c) El filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de sesenta minutos antes del pesaje si la concentración total de las partículas en la superficie de un filtro es desconocida.

▼B

8.2.4.6. Determinación de la masa del filtro después del ensayo

Para determinar la masa del filtro después del ensayo se repetirán los procedimientos del punto 8.2.3 (puntos 8.2.3.6 a 8.2.3.9).

8.2.4.7. Masa total

La masa de la tara de cada filtro corregida en función de la flotabilidad se restará de la correspondiente masa posterior al ensayo corregida en función de la flotabilidad. El resultado es la masa total, m_{total}, que se utilizará en los cálculos de emisiones del anexo VII.

9. **Equipo de medición**

9.1. Características del dinamómetro para motores

9.1.1. Trabajo del eje

Se utilizará un dinamómetro para motores que posea las características adecuadas para efectuar el ciclo de ensayo aplicable, incluida la capacidad de satisfacer los criterios adecuados de validación del ciclo. Se podrán utilizar los dinamómetros siguientes:

a) dinamómetros de corriente inducida o de freno hidráulico;

b) dinamómetros de corriente alterna o de corriente continua;

c) uno o más dinamómetros.

9.1.2. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

Para las mediciones del par se utilizarán una célula de carga o un torsiómetro en línea.

En caso de utilizarse una célula de carga, la señal del par se transmitirá al eje del motor y se tendrá en cuenta la inercia del dinamómetro. El par efectivo del motor es el registrado en la célula de carga más el momento de inercia del freno multiplicado por la aceleración angular. El sistema de control debe realizar este cálculo en tiempo real.

9.1.3. Accesorios del motor

Se deberá tener en cuenta el trabajo de los accesorios del motor necesarios para alimentar, lubricar o calentar el motor, llevar el refrigerante al motor o hacer que funcionen los sistemas de postratamiento de los gases de escape, que se instalarán siguiendo las indicaciones del punto 6.3.

9.1.4. Montaje del motor y sistema de eje de transmisión de potencia (categoría NRSh)

Si es necesario para llevar a cabo un ensayo correcto de un motor de categoría NRSh, se usará el montaje del motor en el banco de pruebas y el sistema de ejes de transmisión de potencia para la conexión al sistema giratorio del dinamómetro especificado por el fabricante.

9.2. Procedimiento de dilución (si procede)

9.2.1. Condiciones diluyentes y concentraciones de fondo

Los componentes gaseosos se podrán medir sin diluir o diluidos; en cambio, por lo general, la medición de partículas precisará dilución. Esta podrá efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o de flujo total. Cuando se realice la dilución, los gases de escape se podrán diluir con aire ambiente, aire sintético o nitrógeno. En las mediciones de emisiones gaseosas, el diluyente se encontrará como mínimo a 288 K (15 °C). En el muestreo de partículas, la temperatura del diluyente será la especificada en el punto 9.2.2, en el caso del CVS, y en el punto 9.2.3, en el caso del PFD con relación de dilución variable. La capacidad de flujo del sistema de dilución será suficientemente grande para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de

▼B

muestreo. Si la humedad del aire es elevada, se permitirá la deshumidificación del aire de dilución antes de su entrada en el sistema de dilución. Tanto las paredes del túnel de dilución como la tubería de caudal sin diluir más abajo del túnel se podrán calentar o aislar para evitar que componentes que contienen agua se precipiten de una fase gaseosa a una fase líquida («condensación acuosa»).

Antes de mezclar un diluyente con gas de escape, se podrá preacondicionar aumentando o disminuyendo su temperatura o su humedad. Se podrán retirar componentes del diluyente para reducir sus concentraciones de fondo. Al retirar los componentes o tomar en consideración las concentraciones de fondo, se aplicarán las disposiciones que figuran a continuación.

a) Se podrán medir las concentraciones del componente en el diluyente y compensar sus efectos de fondo en los resultados del ensayo. Véanse en el anexo VII los cálculos de compensación de las concentraciones de fondo.

b) Para medir los gases y las partículas de fondo contaminantes están permitidos los cambios a los requisitos de las secciones 7.2, 9.3 y 9.4 siguientes:

   i) no será necesario llevar a cabo un muestreo proporcional;

   ii) podrán utilizarse sistemas de muestreo no calentados;

   iii) el muestreo continuo podrá utilizarse independientemente del uso del muestreo por lotes para las emisiones diluidas;

   iv) el muestreo por lotes podrá utilizarse independientemente del uso del muestreo continuo para las emisiones diluidas.

c) Para tener en cuenta las partículas de fondo existen las opciones siguientes:

▼M2

   i) para retirar las partículas de fondo, se filtrará el diluyente con filtros de aire para partículas de elevada eficacia (HEPA) con una especificación de la eficacia mínima de recogida del 99,97 % (véanse en el artículo 1, apartado 19, los procedimientos relativos a las eficacias de los filtros HEPA);

▼B

   ii) para corregir las partículas de fondo sin filtros HEPA, estas no deberán aportar más del 50 % de las partículas netas recogidas en el filtro de muestreo;

   iii) se permite la corrección de fondo de las partículas netas con filtros HEPA sin restricciones de presión.

9.2.2. Sistema de flujo total

Dilución del flujo total; muestreo de volumen constante (CVS). El flujo total del gas de escape sin diluir se diluirá en un túnel de dilución. Podrá conseguirse un flujo constante manteniendo la temperatura y la presión del caudalímetro dentro de los límites. Si el flujo no es constante, se medirá directamente para que sea posible el muestreo proporcional. El sistema se diseñará como figura a continuación (véase la figura 6.6).

a) Las superficies interiores del túnel utilizado serán de acero inoxidable. Todo el túnel de dilución estará conectado a tierra. De forma alternativa, se pueden utilizar materiales no conductores para las categorías de motores que no estén sujetas a límites de partículas ni de número de partículas.

▼B

b) El sistema de admisión de aire de dilución no reducirá artificialmente la contrapresión del gas de escape. La presión estática en el lugar donde el gas de escape sin diluir se introduce en el túnel se mantendrá dentro de un margen de ± 1,2 kPa de la presión atmosférica.

c) Para facilitar la mezcla, el gas de escape sin diluir se introducirá en el túnel dirigiéndolo hacia abajo a lo largo de la línea central del túnel. Se podrá introducir radialmente una fracción del aire de dilución desde la superficie interior del túnel para minimizar la interacción del gas de escape con las paredes del túnel.

d) Diluyente. Para el muestreo de partículas, la temperatura de los diluyentes (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno, como se indica en el punto 9.2.1) se mantendrá entre 293 K y 325 K (20 y 52 °C) muy cerca de la entrada en el túnel de dilución.

e) En el caso del flujo de gas de escape diluido, el número de Reynolds, *Re*, será como mínimo 4 000, donde *Re* depende del diámetro interior del túnel de dilución. *Re* se define en el anexo VII. La calidad de la mezcla se verificará mientras esta cruza una sonda de muestreo situada a lo largo del diámetro del túnel, vertical y horizontalmente. Si la respuesta del analizador indica una desviación superior a ± 2 % de la concentración media medida, se hará funcionar el CVS con un caudal más elevado o se instalará una placa o un orificio de mezcla para mejorar la mezcla.

f) Preacondicionamiento para la medición del flujo. El gas de escape diluido se podrá acondicionar antes de que se mida su caudal, a condición de que la medición se realice después de las sondas de muestreo de HC o partículas, como sigue:

   i) se podrán utilizar estabilizadores de flujo, amortiguadores de pulsos o ambos;

   ii) se podrá utilizar un filtro;

   iii) se podrá utilizar un intercambiador de calor para controlar la temperatura antes de cualquier caudalímetro, si bien se habrán de adoptar medidas para evitar la condensación acuosa.

g) Condensación acuosa. La condensación acuosa es una función de la humedad, la presión, la temperatura y las concentraciones de otros componentes, como el ácido sulfúrico. Estos parámetros varían en función de la humedad del aire de admisión, la humedad del aire de dilución, la relación entre aire y combustible y la composición del combustible, incluida la cantidad de hidrógeno y azufre contenida en el combustible.

   Para asegurarse de que se mide un flujo que corresponde a una concentración medida se evitará la condensación acuosa entre el lugar donde esté situada la sonda y la entrada del caudalímetro en el túnel de dilución, o bien se permitirá que se produzca concentración acuosa y se medirá la humedad a la entrada del caudalímetro. Para evitar la condensación acuosa, las paredes del túnel de dilución o la tubería de caudal sin diluir después del túnel se podrán calentar o aislar. La condensación acuosa se evitará a lo largo de todo el túnel de dilución. Ciertos componentes del gas de escape se podrán diluir o eliminar mediante la presencia de humedad.

▼M2

En el muestreo de partículas, el flujo ya proporcional procedente del CVS pasa por una dilución secundaria (o varias diluciones secundarias) para alcanzar la relación de dilución general que se muestra en la figura 6.7 y se menciona en el punto 9.2.3.2.

▼B

h) La relación de dilución general mínima se situará en el rango de 5:1 a 7:1 y para la fase de dilución primaria será de 2:1 como mínimo basándose en el caudal máximo de gases de escape del motor durante el ciclo de ensayo o el intervalo de ensayo.

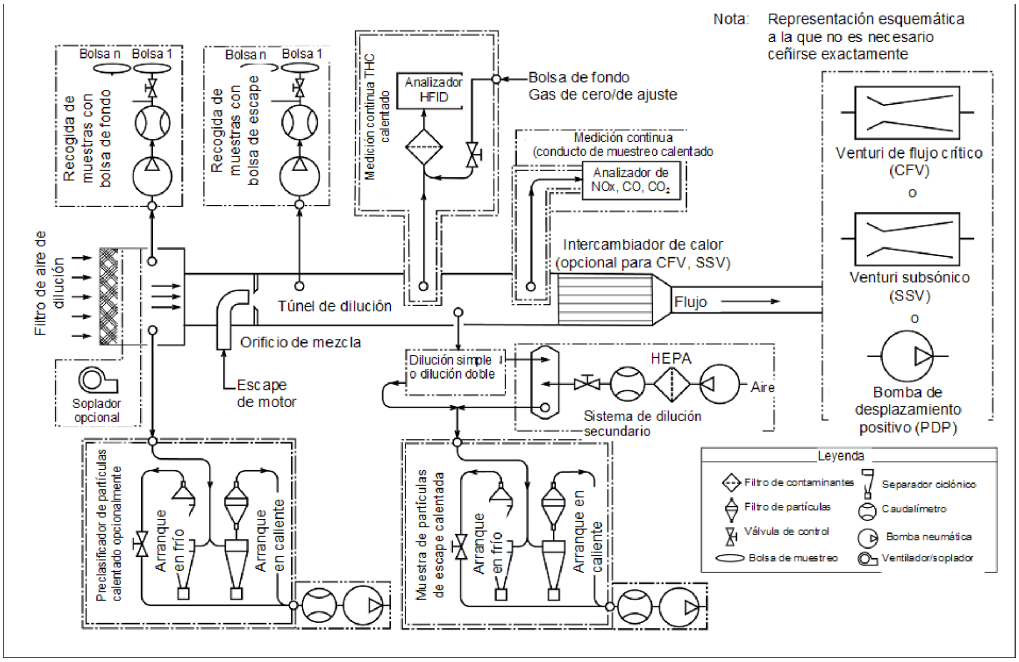
i) El tiempo global de permanencia en el sistema estará entre 0,5 y 5 segundos, medidos desde el punto de introducción del diluyente en los portafiltros.

j) El tiempo de residencia en el sistema de dilución secundario, si existe, será de 0,5 segundos como mínimo, medidos desde el punto de introducción del diluyente secundario en los portafiltros.

Para determinar la masa de partículas se requiere un sistema de muestreo de partículas, un filtro de muestreo de partículas, una balanza gravimétrica y una cámara de pesaje de temperatura y humedad controladas.

Figura 6.6

Ejemplos de configuraciones de muestreo con dilución del flujo total



9.2.3. Sistema de dilución de flujo parcial (PFD)

9.2.3.1. Descripción del sistema de flujo parcial

En la figura 6.7 se muestra el esquema de un sistema PFD. Se trata de un esquema sencillo que ilustra los principios de la extracción de muestras, la dilución y el muestreo de partículas. No significa que todos los componentes descritos en la figura sean necesarios para otros sistemas de muestreo posibles que satisfagan el objetivo de la extracción de muestras. Se admiten otras configuraciones que no se ajusten a este esquema, a condición de que sirvan al mismo fin de recogida de muestras, dilución y muestreo de partículas. ►**M2** También deben cumplir otros criterios como los establecidos en el punto 8.1.8.6 (Calibración periódica), el punto 8.2.1.2 (Validación) para un PFD de dilución variable y el punto 8.1.4.5, así como en el cuadro 6.5 (Verificación de la linealidad) y el punto 8.1.8.5.7 (Verificación) para un PFD de dilución constante. ◄

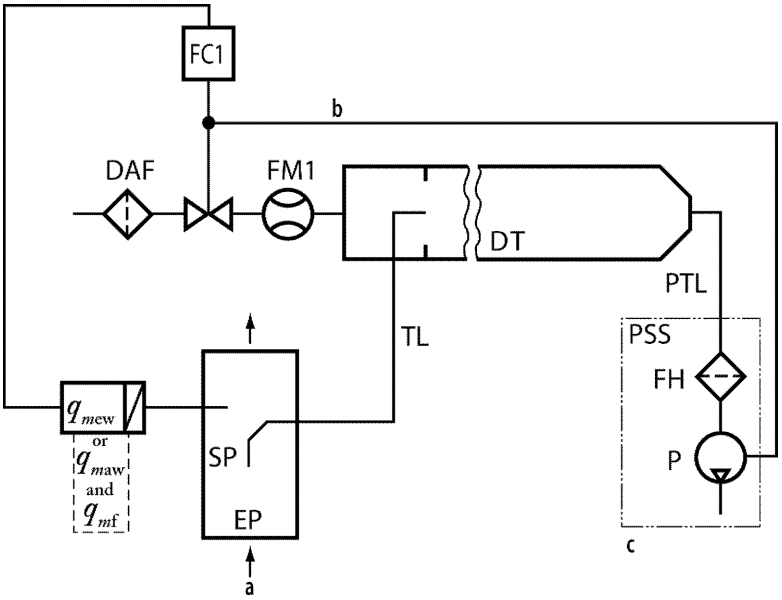
▼B

Como se muestra en la figura 6.7, el gas de escape sin diluir o el flujo primario diluido se transfieren del tubo de escape EP o del CVS, respectivamente, al túnel de dilución DT, a través de la sonda de muestreo SP y el conducto de transferencia, TL. El flujo total que circula por el túnel se regula con un regulador de flujo y la bomba de muestreo P del sistema de muestreo de partículas (PSS). En el muestreo proporcional de gas de escape sin diluir, el flujo de aire de dilución se controla mediante el regulador de flujo FC1, que puede utilizar q_{mew} (caudal másico de gas de escape en base húmeda) o q_{maw} (caudal másico de aire de admisión en base húmeda) y q_{mf} (caudal másico de combustible) como señales de mando para conseguir la división deseada del gas de escape. El flujo de muestreo que entra en el túnel de dilución DT es la diferencia entre el flujo total y el flujo de aire de dilución. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de flujo FM1, y el caudal total se mide con el dispositivo de medición de flujo del sistema de muestreo de partículas. La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales. En el muestreo con relación de dilución constante del gas de escape sin diluir o diluido respecto del flujo de gas de escape (p. ej., dilución secundaria para muestreo de partículas), por lo general el caudal de aire de dilución es constante y está controlado por el regulador de flujo FC1 o la bomba de aire de dilución.

El aire de dilución (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de partículas de elevada eficacia (HEPA).

Figura 6.7

Esquema del sistema de dilución de flujo parcial (muestreo total)



a = gas de escape del motor o flujo primario diluido

b = opcional

c = muestreo de partículas

Componentes de la figura 6.7

DAF: filtro de aire de dilución

DT: túnel de dilución o sistema de dilución secundario

EP: tubo de escape o sistema de dilución primario

▼B

FC1: Regulador de caudal

FH: Portafiltros

FM1: dispositivo de medición de flujo que mide el caudal de aire de dilución

P: Bomba de muestreo

PSS: sistema de muestreo de partículas

PTL: conducto de transferencia de partículas

SP: sonda de muestreo de gas de escape sin diluir o diluido

TL: conducto de transferencia

Caudales másicos aplicables solamente al muestreo proporcional de gases de escape sin diluir PFD:

q_{mew} es el caudal másico de gas de escape en base húmeda

q_{maw} es el caudal másico del aire de admisión en base húmeda

q_{mf} es el caudal másico del combustible

9.2.3.2. Dilución

La temperatura de los diluyentes (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno, como se indica en el punto 9.2.1) se mantendrá entre 293 K y 325 K (20 °C y 52 °C) muy cerca de la entrada del túnel de dilución.

Se permite deshumidificar el aire de dilución antes de que entre en el sistema de dilución. El sistema de dilución de flujo parcial deberá estar diseñado de tal manera que permita tomar una muestra proporcional de gas de escape sin diluir de la corriente del gas de escape del motor, respondiendo así a las variaciones en el caudal de los gases de escape, e introducir aire de dilución en dicha muestra para obtener en el filtro de ensayo la temperatura indicada en el punto 9.3.3.4.3. Para ello, es esencial determinar la relación de dilución de forma que se respeten los criterios de precisión establecidos en el punto 8.1.8.6.1.

Para asegurarse de que se mide un flujo que corresponde a una concentración medida se evitará la condensación acuosa entre el lugar donde esté situada la sonda y la entrada del caudalímetro en el túnel de dilución, o bien se permitirá que se produzca concentración acuosa y se medirá la humedad a la entrada del caudalímetro. El sistema PFD se podrá calentar o aislar para evitar la condensación acuosa. La condensación acuosa se evitará a lo largo de todo el túnel de dilución.

La relación de dilución mínima se situará en el rango de 5:1 a 7:1 basándose en el caudal máximo de gases de escape del motor durante el ciclo o el intervalo de ensayo.

El tiempo de residencia en el sistema estará comprendido entre 0,5 y 5 s, medidos desde el punto de introducción del diluyente en los portafiltros.

Para determinar la masa de partículas se requiere un sistema de muestreo de partículas, un filtro de muestreo de partículas, una balanza gravimétrica y una cámara de pesaje de temperatura y humedad controladas.

▼B

9.2.3.3. Aplicabilidad

También se podrá utilizar el sistema PFD para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir para cualquier muestreo por lotes o continuo de partículas y emisiones gaseosas durante cualquier ciclo de ensayo transitorio (NRTC y LSI-NRTC), cualquier ciclo de ensayo NRSC de modo discreto o cualquier ciclo de ensayo RMC.

▼M2

El sistema se podrá utilizar también con un gas de escape previamente diluido en el que ya se haya diluido un flujo proporcional con una relación de dilución constante (véase la figura 6.7). Esta es la manera de llevar a cabo la dilución secundaria a partir de un túnel CVS para conseguir la relación general de dilución necesaria para el muestreo de partículas.

▼B

9.2.3.4. Calibración

La calibración del PFD para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir se trata en el punto 8.1.8.6.

9.3. Procedimientos de muestreo

9.3.1. Características generales del muestreo

9.3.1.1. Diseño y construcción de la sonda

La sonda es el primer elemento del sistema de muestreo. La sonda se introduce en un caudal de gas de escape sin diluir o diluido para extraer una muestra, de manera que sus superficies interior y exterior estén en contacto con el gas de escape. La muestra pasa de la sonda al conducto de transferencia.

Las superficies interiores de las sondas de muestreo serán de acero inoxidable o, en el caso del muestreo de gases de escape sin diluir, de cualquier material no reactivo capaz de resistir las temperaturas de los gases de escape sin diluir. Las sondas de muestreo se colocarán en el lugar donde se mezclan los componentes para alcanzar su concentración de muestra media y donde la interferencia con otras sondas sea mínima. Se recomienda mantener todas las sondas libres de la influencia de capas límite, estelas y turbulencias, en particular cerca de la salida de un caudalímetro de gases de escape sin diluir donde pueda producirse una dilución accidental. La purga o la limpieza de una sonda no deberán influir en otra sonda durante los ensayos. Se podrá utilizar una única sonda para extraer muestras de varios componentes, a condición de que cumpla las especificaciones de cada componente.

9.3.1.1.1. Cámara de mezclado (categoría NRSh)

Con el consentimiento del fabricante, podrá utilizarse una cámara de mezclado para someter a ensayo motores de la categoría NRSh. La cámara de mezclado es un componente opcional de un sistema de muestreo de gas sin diluir y se encuentra en el sistema de escape entre el silenciador y la sonda de muestreo. La forma y las dimensiones de la cámara de mezclado y de los tubos anteriores y posteriores deberán ser capaces de proporcionar una muestra bien mezclada, homogénea, en el lugar donde se encuentra la sonda de muestreo, y de evitar que unas pulsaciones o resonancias fuertes de la cámara influyan en los resultados de las emisiones.

9.3.1.2. Conductos de transferencia

La longitud de los conductos de transferencia que transportan una muestra extraída desde una sonda a un analizador, un medio de almacenamiento o un sistema de dilución se minimizará situando los analizadores, medios de almacenamiento y sistemas de dilución lo más cerca posible de las sondas. Los tubos del conducto de transferencia tendrán el menor número de codos posible, y los codos que sean inevitables tendrán el mayor radio de curvatura posible.

▼B

9.3.1.3. Métodos de muestreo

En el muestreo continuo y por lotes del punto 7.2, son de aplicación las siguientes condiciones:

a) si la muestra se extrae de un caudal constante, el ritmo de extracción también será constante;

b) si la muestra se extrae de un caudal variable, el ritmo de extracción variará en proporción al caudal variable;

c) el muestreo proporcional se validará como se indica en el punto 8.2.1.

9.3.2. Muestreo de gases

9.3.2.1. Sondas de muestreo

Para el muestreo de emisiones gaseosas se utilizarán sondas de un solo orificio o de múltiples orificios. Las sondas se orientarán en cualquier dirección respecto del flujo de gases de escape sin diluir o diluido. En algunas sondas se controlarán las temperaturas de la muestra como sigue:

a) en las sondas que extraigan NO_x del gas de escape diluido, se controlará la temperatura de la pared de la sonda para evitar la condensación acuosa;

b) en las sondas que extraigan hidrocarburos del gas de escape diluido, se recomienda controlar la temperatura de la pared de la sonda y mantenerla aproximadamente a 191 °C para minimizar la contaminación.

9.3.2.1.1. Cámara de mezclado (categoría NRSh)

►M2 Si se utiliza de conformidad con el punto 9.3.1.1.1, el volumen interno de la cámara de mezclado no deberá ser inferior a diez veces la cilindrada individual del motor sometido a ensayo. ◄ La cámara de mezclado se acoplará lo más cerca posible del silenciador del motor y tendrá una temperatura de superficie interior de, como mínimo, 452 K (179 °C). El fabricante podrá especificar el diseño de la cámara de mezclado.

9.3.2.2. Conductos de transferencia

Se utilizarán conductos de transferencia con superficies interiores de acero inoxidable, PTFE, Viton™ o cualquier otro material que posea propiedades más adecuadas para el muestreo de emisiones. Se utilizará un material no reactivo capaz de resistir las temperaturas de los gases de escape. Se podrán usar filtros en línea si el filtro y su soporte cumplen los mismos requisitos de temperatura que los conductos de transferencia.

a) En el caso de los conductos de transferencia de NO_x antes de un convertidor NO_2-NO que cumpla la especificaciones del punto 8.1.11.5 o de un enfriador que cumpla las especificaciones del punto 8.1.11.4, se mantendrá una temperatura de muestra que impida la condensación acuosa.

▼M2

b) En el caso de los conductos de transferencia de THC, la pared mantendrá en todo el conducto una tolerancia térmica de (464 ± 11) K [(191 ± 11) ° C]. Si la muestra se toma del gas de escape sin diluir, se podrá conectar directamente a la sonda un conducto de transferencia aislado no calentado. La longitud y el aislamiento del conducto de transferencia se diseñarán de tal

▼M2

manera que la temperatura del gas de escape sin diluir se refrigere hasta alcanzar no menos de 191 °C medidos a la salida del conducto de transferencia. En el muestreo diluido se permitirá una zona de transición entre la sonda y el conducto de transferencia de hasta 0,92 m de longitud para la transición de la temperatura de pared a (464 ± 11) K [(191 ± 11) ° C].

▼B

9.3.2.3. Componentes de acondicionamiento de la muestra

9.3.2.3.1. Secadores de muestras

9.3.2.3.1.1. Requisitos

Los secadores de muestras podrán utilizarse para eliminar la humedad de la muestra a fin de disminuir los efectos del agua en las mediciones de las emisiones de gases. Los secadores de muestras deberán cumplir los requisitos establecidos en los puntos 9.3.2.3.1.1 y 9.3.2.3.1.2. En la ecuación (7-3) se utiliza un contenido en humedad del 0,8 % del volumen.

▼M2

En cuanto a la concentración de vapor de agua H_m más alta esperada, la técnica de eliminación del agua mantendrá la humedad en un ≤ 5 g de agua/kg de aire seco (o aproximadamente en el 0,8 % del volumen de H_2O), lo que equivale a un 100 % de humedad relativa a 277,1 K (3,9 °C) y 101,3 kPa. Esta especificación de humedad es equivalente a aproximadamente un 25 % de la humedad relativa a 298 K (25 °C) y 101,3 kPa. Esto podrá demostrarse por uno de los métodos siguientes:

a) midiendo la temperatura en la salida del secador de muestras; o bien

b) midiendo la humedad en un punto situado justo antes del analizador CLD; o bien

c) llevando a cabo el procedimiento de verificación del punto 8.1.12.

▼B

9.3.2.3.1.2. Tipos de secador de muestras permitidos y procedimiento de estimación del contenido en humedad después del secado

Puede utilizarse cualquiera de los tipos de secador de muestras descritos en el presente punto.

a) Si se utiliza un secador de membrana osmótica antes de un analizador de gases o un medio de almacenamiento, este deberá cumplir las especificaciones de temperatura del punto 9.3.2.2. Después de un secador de membrana osmótica se controlará el punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}. La cantidad de agua se calculará como se indica en el anexo VII utilizando los valores registrados continuamente de T_{dew} y p_{total} o los correspondientes valores pico observados durante un ensayo, o bien sus puntos de consigna de alarma. A falta de medición directa, la presión nominal p_{total} viene dada por la presión absoluta más baja del secador esperada en los ensayos.

b) En los motores de encendido por compresión no se podrá utilizar un enfriador térmico antes de un sistema de medición de THC. En caso de que se utilice un enfriador térmico antes de un convertidor NO_2-NO, o en un sistema de muestreo sin convertidor NO_2-NO, el enfriador deberá superar la prueba de la pérdida de NO_2 prevista en el punto 8.1.11.4. Después de un enfriador térmico se controlará el punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}. La cantidad de agua se calculará como se indica en el anexo VII utilizando los valores registrados continuamente de T_{dew} y p_{total} o los correspondientes valores pico observados dur ante un ensayo, o bien sus puntos de consigna de alarma. A

▼B

falta de medición directa, la presión nominal p_{total} viene dada por la presión absoluta más baja del enfriador térmico esperada en los ensayos. Si se puede suponer el grado de saturación del enfriador térmico, se podrá calcular T_{dew} sobre la base de la eficiencia del enfriador conocida y el control continuo de la temperatura del enfriador, $T_{chiller}$. En caso de que los valores de $T_{chiller}$ no se registren continuamente, su valor pico observado en un ensayo, o bien su valor de consigna de alarma, se podrán utilizar como valor constante para determinar una cantidad constante de agua de acuerdo con el anexo VII. Si se puede suponer que $T_{chiller}$ es igual a T_{dew}, se podrá utilizar $T_{chiller}$ en lugar de T_{dew} de conformidad con el anexo VII. Si se puede suponer una diferencia constante de la temperatura entre $T_{chiller}$ y T_{dew} debida a una cantidad conocida y fija de recalentamiento de la muestra entre la salida del enfriador y el lugar donde se mide la temperatura, en los cálculos de emisiones se podrá utilizar esta diferencia de temperatura. La validez de cualquiera de los supuestos asumidos en el presente punto se demostrará mediante un análisis técnico o mediante datos.

9.3.2.3.2. Bombas de muestreo

Se utilizarán bombas de muestreo antes de los analizadores o de los medios de almacenamiento de cualquier gas. Las superficies interiores de esas bombas de muestreo deberán ser de acero inoxidable, PTFE o cualquier otro material que posea propiedades más adecuadas para el muestreo de emisiones. En algunas bombas de muestreo se controlarán las temperaturas, como sigue:

a) si se utiliza una bomba de muestreo de NO_x antes de un convertidor NO_2-NO que cumpla la especificaciones del punto 8.1.11.5, o de un enfriador que cumpla las especificaciones del punto 8.1.11.4, esta se calentará para impedir la condensación acuosa;

b) si se utiliza una bomba de muestreo de THC antes de un analizador o un medio de almacenamiento de THC, las superficies interiores se tendrán que calentar hasta alcanzar una temperatura de 464 ± 11 K (191 ±11) ° C.

9.3.2.3.3. Lavadores de amoniaco

Pueden utilizarse lavadores de amoniaco para todos los sistemas de muestreo de gases a fin de evitar la interferencia de NH_3, la contaminación del convertidor NO_2-NO y los depósitos en el sistema de muestreo o en los analizadores. La instalación del lavador de amoniaco se llevará a cabo con arreglo a las recomendaciones del fabricante.

9.3.2.4. Medios de almacenamiento de muestras

En el caso del muestreo con bolsa, los volúmenes de gas se almacenarán en contenedores suficientemente limpios, estancos e impermeables a los gases. Se aplicarán las buenas prácticas técnicas para determinar los umbrales aceptables de limpieza y permeación de los medios de almacenamiento. Para limpiar un contenedor, este se podrá purgar y vaciar repetidamente y se podrá calentar. Se utilizará un contenedor flexible (como una bolsa) dentro de un entorno de temperatura controlada, o un contenedor rígido de temperatura controlada que inicialmente se habrá vaciado o que tenga un volumen que se pueda desplazar, como un pistón y un cilindro. Se utilizarán contenedores que cumplan las especificaciones del siguiente cuadro 6.6.

▼B

Cuadro 6.6

Materiales del contenedor para muestreo de gases por lotes

CO, CO_2, O_2, CH_4, C_2H_6, C_3H_8, NO, NO_2 (1)	polifluoruro de vinilo (PVF) (2), por ejemplo Tedlar™, fluoruro de polivinilideno (2), por ejemplo, Kynar™, politetrafluoretileno (3), por ejemplo, Teflon™, o acero inoxidable (3)
HC	politetrafluoretileno (4) o acero inoxidable (4)

(1) A condición de que se impida la condensación acuosa en el contenedor.
(2) Hasta 313 K (40 °C).
(3) Hasta 475 K (202 °C).
(4) A 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.3. Muestreo de partículas

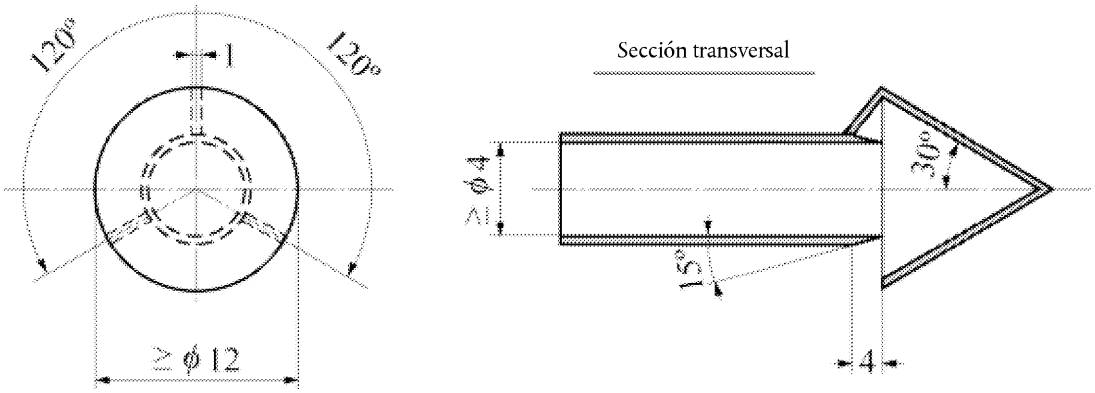
9.3.3.1. Sondas de muestreo

Se utilizarán sondas de partículas con un único orificio en el extremo. Las sondas de partículas se orientarán directamente al caudal de subida.

La sonda de partículas se protegerá con una campana que se ajuste a los requisitos de la figura 6.8. En tal caso, no se utilizará el preclasificador descrito en el punto 9.3.3.3.

Figura 6.8

Esquema de una sonda de muestreo con preclasificador de campana



9.3.3.2. Conductos de transferencia

Se recomienda utilizar conductos de transferencia aislados o calentados, o un cerramiento calentado, a fin de minimizar las diferencias de temperatura entre los conductos de transferencia y los componentes del gas de escape. Se utilizarán conductos de transferencia que sean inertes respecto de las partículas y conductores de la electricidad en las superficies interiores. Se recomienda utilizar conductos de transferencia de partículas de acero inoxidable. Se exigirá que cualquier otro material que se utilice presente las mismas características para el muestreo que el acero inoxidable. La superficie interior de los conductos de transferencia de partículas estará conectada a tierra.

9.3.3.3. Preclasificador

Se permite el uso de un preclasificador para retirar las partículas de gran diámetro instalado en el sistema de dilución, inmediatamente antes del portafiltro. Solo se permite un preclasificador. En caso de que se utilice una sonda de campana (véase la figura 6.8), se prohíbe el uso de un preclasificador.

▼B

El preclasificador de partículas podrá ser un impactador inercial o un separador ciclónico. Será de acero inoxidable. El preclasificador deberá retener al menos el 50 % de las partículas de diámetro aerodinámico de 10 μm y no más del 1 % de las partículas de diámetro aerodinámico de 1 μm del intervalo de caudales para el que se use. La salida del preclasificador se configurará para evitar cualquier filtro de muestreo de partículas, de manera que el flujo del preclasificador se estabilice antes del inicio de los ensayos. El filtro de muestreo de partículas se colocará en los 75 cm siguientes a la salida del preclasificador.

9.3.3.4. Filtro de muestras

El filtro utilizado para el muestreo del gas de escape diluido deberá cumplir los requisitos establecidos en los puntos 9.3.3.4.1 a 9.3.3.4.4 durante la secuencia de ensayo.

9.3.3.4.1. Características de los filtros

Todos los tipos de filtros deberán tener una eficiencia de recogida de al menos un 99,7 %. Las mediciones del filtro de muestreo facilitadas por el fabricante, reflejadas en su producto, podrán utilizarse para responder a este requisito. El material filtrante será:

a) fluorocarburo (PTFE) revestido de fibra de vidrio, o bien

b) membrana de fluorocarburo (PTFE).

Si se espera que la masa neta de las partículas del filtro supere los 400 μg, se podrá utilizar un filtro con una eficiencia de recogida mínima inicial del 98 %.

9.3.3.4.2. Tamaño de los filtros

El diámetro del filtro nominal será de 46,50 mm ± 0,6 mm (como mínimo 37 mm de diámetro de la superficie eficaz). Podrán utilizarse filtros de mayor diámetro, previo acuerdo de la autoridad de homologación. Se recomienda proporcionalidad entre el filtro y la superficie eficaz.

9.3.3.4.3. Dilución y control de la temperatura de las muestras de partículas

Las muestras de partículas se diluirán como mínimo una vez antes de los conductos de transferencia en el caso de un sistema CVS, y después en el caso de un sistema PFD (véase el punto 9.3.3.2, relativo a los conductos de transferencia). ►M2 Se controlará que la temperatura de la muestra se sitúe dentro de un margen de tolerancia de 320 ± 5 K (47 ± 5 °C), medida en cualquier punto situado a un máximo de 200 mm antes o 200 mm después de los medios de filtrado de partículas. ◄ En principio, la muestra de partículas se calentará o enfriará por efecto de las condiciones de dilución, como se explica en la letra a) del punto 9.2.1.

9.3.3.4.4. Velocidad de entrada en el filtro

La velocidad de entrada en el filtro estará comprendida entre 0,90 y 1,00 m/s, sin que este intervalo sea superado por más del 5 % de los valores de flujo registrados. Si la masa total de las partículas supera los 400 μg, se podrá reducir la velocidad de entrada en el filtro. La velocidad de entrada se calculará dividiendo el caudal volumétrico de la muestra a la presión anterior al filtro y la temperatura de la superficie del mismo por la superficie expuesta de este. Si la disminución de la presión a través del equipo de muestreo de partículas hasta el filtro es inferior a 2 kPa, se considerará que la presión de entrada es la presión del sistema de conductos de gases de escape o el túnel CVS.

▼B

9.3.3.4.5. Portafiltros

Para minimizar la deposición de partículas turbulenta y depositar las partículas de manera homogénea en un filtro, se utilizará un cono divergente de 12,5° (a partir del centro) en la transición entre el diámetro interior de la línea de transferencia y el diámetro expuesto de la superficie frontal del filtro. Para esta transición se utilizará acero inoxidable.

9.3.4. Estabilización de las partículas y entornos de pesaje para el análisis gravimétrico

9.3.4.1. Entorno para el análisis gravimétrico

En esta sección se describen los dos entornos necesarios para estabilizar y pesar las partículas con vistas al análisis gravimétrico: el entorno de estabilización de partículas, en el que se guardan los filtros antes del pesaje y el entorno de pesaje, donde se coloca la balanza. Los dos entornos podrán ubicarse en un mismo espacio.

Tanto el entorno de estabilización como el de pesaje se mantendrán libres de contaminantes ambientales, como polvo, aerosoles o materiales semivolátiles que puedan contaminar las muestras de partículas.

9.3.4.2. Limpieza

Se verificará la limpieza del entorno de estabilización de partículas mediante filtros de referencia, como se describe en el punto 8.1.12.1.4.

9.3.4.3. Temperatura de la cámara

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionan y pesan los filtros de partículas deberá mantenerse a 295 K ± 1 K (22 °C ± 1 °C) durante todo el proceso de acondicionamiento y pesaje de los filtros. La humedad deberá mantenerse en un punto de rocío de 282,5 K ± 1 K (9,5 °C ± 1 °C) y una humedad relativa de 45 % ± 8 %. En caso de que los entornos de estabilización y pesaje estén separados, la temperatura del entorno de estabilización se mantendrá dentro de un margen de tolerancia de 295 ± 3 K (22 °C ± 3 °C).

9.3.4.4. Verificación de las condiciones ambientales

Cuando se utilicen instrumentos de verificación que cumplan las especificaciones establecidas en el punto 9.4, se verificarán las condiciones ambientales que figuran a continuación.

a) Se registrarán el punto de rocío y la temperatura ambiente. Estos valores se utilizarán para determinar si los entornos de estabilización y pesaje se han mantenido dentro de las tolerancias especificadas en el punto 9.3.4.3 durante un mínimo de sesenta minutos antes del pesaje de los filtros.

b) En el entorno de pesaje, la presión atmosférica se registrará continuamente. Una alternativa aceptable es usar un barómetro que mida la presión atmosférica fuera del entorno de pesaje, siempre y cuando se pueda asegurar que la presión atmosférica en la balanza sea siempre igual a la presión atmosférica compartida con un margen de tolerancia de ±100 Pa. Cuando se pese cada muestra de partículas se facilitará un medio para registrar la presión atmosférica más reciente. ►M2 Este valor se utilizará para calcular la corrección de la flotabilidad del filtro de muestreo de partículas del punto 8.1.13.2. ◄

9.3.4.5. Instalación de la balanza

Al instalar la balanza, se adoptarán las medidas siguientes:

a) se instalará en una plataforma que la aísle del ruido exterior y de las vibraciones externas;

▼B

b) se protegerá de las corrientes de aire convectivas con una pantalla antiestática conectada a tierra.

9.3.4.6. Carga eléctrica estática

La carga eléctrica estática del entorno de la balanza se reducirá al mínimo, como sigue:

a) la balanza estará conectada a tierra;

b) si las muestras de partículas son manipuladas manualmente, se utilizarán pinzas de acero inoxidable;

c) las pinzas estarán conectadas a tierra con una tira para conexión a masa, o el operador llevará una de tales tiras que comparta la puesta a masa común con la balanza;

d) se utilizará un neutralizador de electricidad estática que comparta la puesta a masa con la balanza para eliminar la carga estática de las muestras de partículas.

9.4. Instrumentos de medición

9.4.1. Introducción

9.4.1.1. Ámbito de aplicación

En este punto se especifican los instrumentos de medición y los requisitos asociados del sistema relacionados con los ensayos de emisiones. Ello incluye los instrumentos de laboratorio necesarios para medir los parámetros del motor, las condiciones ambientales, los parámetros relacionados con el flujo y las concentraciones de las emisiones (sin diluir o diluidas).

9.4.1.2. Tipos de instrumentos

Cualquier instrumento mencionado en este Reglamento se utilizará de acuerdo con las indicaciones del mismo (véanse en el cuadro 6.5 las cantidades de medición facilitadas por dichos instrumentos). Cuando un instrumento mencionado en este Reglamento se use sin seguir indicaciones, o cuando se use otro instrumento en su lugar, serán de aplicación los requisitos de las disposiciones sobre equivalencia recogidos en el punto 5.1.1. ►M2 Si para una medición determinada se especifica más de un instrumento, uno de ellos será identificado por la autoridad de homologación, previa solicitud, como referencia para mostrar que un procedimiento alternativo es equivalente al procedimiento especificado. ◄

9.4.1.3. Sistemas redundantes

►M2 Se podrán utilizar datos de diferentes instrumentos descritos en este punto para calcular los resultados de un solo ensayo con la aprobación previa de la autoridad de homologación. ◄ Se registrarán los resultados de todas las mediciones y se conservarán los datos brutos. Este requisito es de aplicación tanto si las mediciones se utilizan realmente en los cálculos como en caso contrario.

9.4.2. Registro y control de los datos

El sistema de ensayo será capaz de actualizar los datos, registrarlos y controlar los sistemas relacionados con la demanda del operador, el dinamómetro, el equipo de muestreo y los instrumentos de medición. Se utilizarán sistemas de adquisición y control de datos que puedan registrar a las frecuencias mínimas especificadas, como se muestra en el cuadro 6.7 (no aplicable a los ensayos NRSC de modo discreto).

▼B

Cuadro 6.7

Frecuencias mínimas de registro y control de los datos

Punto del protocolo de ensayo aplicable	Valores medidos	Mando mínimo y frecuencia de control	Frecuencia mínima de registro
7.6	Régimen y par durante la cartografía escalonada del motor	1 Hz	1 valor medio por fase
7.6	Regímenes y pares durante la cartografía por barrido del motor	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.8.3	Regímenes y pares de referencia y de retorno del ciclo de funcionamiento transitorio (NRTC y LSI-NRTC)	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.8.2	Regímenes y pares de referencia y de retorno de los ciclos de funcionamiento NRSC de modo discreto y RMC	1 Hz	1 Hz
7.3	Analizadores continuos de concentraciones de gases sin diluir	N. A.	1 Hz
7.3	Analizadores continuos de concentraciones de gases diluidos	N. A.	1 Hz
7.3	Concentraciones por lote de los analizadores de gas de escape sin diluir o diluidos	N. A.	1 valor medio por intervalo de ensayo
7.6 8.2.1	Caudal de gas de escape diluido de un CVS con un intercambiador de calor antes de la medición del flujo	N. A.	1 Hz
7.6 8.2.1	Caudal de gas de escape diluido de un CVS sin intercambiador de calor antes de la medición del flujo	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.6 8.2.1	Aire de admisión o caudal de gas de escape (para medición transitoria)	N. A.	Medias para 1 Hz
7.6 8.2.1	Aire de dilución si se controla activamente	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.6 8.2.1	Flujo de muestreo de un CVS con intercambiador de calor	1 Hz	1 Hz
7.6 8.2.1	Flujo de muestreo de un CVS sin intercambiador de calor	5 Hz	Medias para 1 Hz

9.4.3. Especificaciones de funcionamiento de los instrumentos de medición

9.4.3.1. Descripción general

El conjunto del sistema de ensayo deberá cumplir todos los criterios aplicables de calibración, verificación y validación de ensayos previstos en el punto 8.1, incluidos los requisitos de la verificación de la linealidad recogidos en los puntos 8.1.4 y 8.2 Los instrumentos deberán cumplir las especificaciones del cuadro 6.7 en todos los intervalos que se vayan a utilizar en los ensayos. Además, se conservará toda la documentación recibida de los fabricantes del instrumento que demuestre el cumplimiento de las especificaciones del cuadro 6.7.

▼B

9.4.3.2. Requisitos de los componentes

En el cuadro 6.8 se recogen las especificaciones de los transductores de par, régimen y presión, los sensores de temperatura y punto de rocío y otros instrumentos. El sistema general de medición de la cantidad física y/o química dada deberá superar la verificación de la linealidad del punto 8.1.4. En cuanto a las mediciones de emisiones gaseosas, se podrán utilizar analizadores cuyos algoritmos de compensación sean funciones de otros componentes gaseosos medidos y de las propiedades del combustible utilizado para el ensayo específico del motor. Todo algoritmo de compensación deberá compensar sin afectar a ninguna ganancia (es decir, sin distorsión).

Cuadro 6.8

Especificaciones de funcionamiento recomendadas para los instrumentos de medición

Instrumentos de medición	Símbolo de la cantidad medida	Sistema completo Tiempo de subida	Registro Frecuencia de actualización	Precisión [a]	Repetibilidad [a]
Transductor del régimen del motor	n	1 s	Medias para 1 Hz	2,0 % de pt. o 0,5 % de max	1,0 % de pt. o 0,25 % de max
Transductor del par motor	T	1 s	Medias para 1 Hz	2,0 % de pt. o 1,0 % de max	1,0 % de pt. o 0,5 % de max
Caudalímetro (totalizador de combustible)		5 s (N. A.)	1 Hz (N. A.)	2,0 % de pt. o 1,5 % de max	1,0 % de pt. o 0,75 % de max
Medidor del gas de escape diluido total (CVS) (con intercambiador de calor antes del medidor)		1 s (5 s)	Medias para 1 Hz (1 Hz)	2,0 % de pt. o 1,5 % de max	1,0 % de pt. o 0,75 % de max
Caudalímetros de aire de dilución, aire de admisión, gas de escape y muestras		1 s	Medias para 1 Hz de muestras de 5 Hz	2,5 % de pt. o 1,5 % de max	1,25 % de pt. o 0,75 % de max
Analizador continuo de gas de escape sin diluir	x	5 s	2 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Analizador continuo de gas de escape diluido	x	5 s	1 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Analizador de gas continuo	x	5 s	1 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Analizador de gas por lotes	x	N. A.	N. A.	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición

▼B

Instrumentos de medición	Símbolo de la cantidad medida	Sistema completo Tiempo de subida	Registro Frecuencia de actualización	Precisión (a)	Repetibilidad (a)
Balanza de partículas gravimétrica	m_{PM}	N. A.	N. A.	Véase 9.4.11	0,5 µg
Balanza de partículas inercial	m_{PM}	5 s	1 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición

(a) La precisión y la repetibilidad se determinan con los mismos datos recogidos, como se indica en el punto 9.4.3, y se basan en valores absolutos. Se entiende por «pt.» el valor medio global esperado en el límite de las emisiones; «máx.» se refiere al valor de pico esperado en el límite de las emisiones a lo largo del ciclo de ensayo, no al máximo del intervalo del instrumento; «de la medición» se refiere a la media real medida durante el ciclo de ensayo.

9.4.4. Medición de los parámetros del motor y las condiciones ambientales

9.4.4.1. Sensores de régimen y par

9.4.4.1.1. Aplicación

Los instrumentos de medición de las entradas y salidas de trabajo durante el funcionamiento del motor deberán cumplir las especificaciones recogidas en este punto. Se recomienda utilizar sensores, transductores y medidores que cumplan las especificaciones del cuadro 6.8. Los sistemas generales de medición de entradas y salidas de trabajo deberán superar las verificaciones de la linealidad del punto 8.1.4.

9.4.4.1.2. Trabajo del eje

El trabajo y la potencia se calcularán a partir de los resultados de los transductores de régimen y par con arreglo al punto 9.4.4.1. Los sistemas generales de medición de régimen y par deberán superar la calibración y las verificaciones de los puntos 8.1.7 y 8.1.4.

El par inducido por la inercia de los componentes de aceleración y deceleración conectados al volante, como el eje motor y el rotor del dinamómetro, se compensarán según convenga, aplicando las buenas prácticas técnicas.

9.4.4.2. Transductores de presión, sensores de temperatura y sensores del punto de rocío

Los sistemas generales de medición de la presión, la temperatura y el punto de rocío deberán superar la calibración del punto 8.1.7.

Los transductores de presión se situarán en un entorno de temperatura controlada o compensarán los cambios de temperatura a lo largo de su intervalo de funcionamiento esperado. Los materiales del transductor serán compatibles con el fluido que se esté midiendo.

9.4.5. Mediciones relacionadas con el flujo

En cualquier tipo de caudalímetro (de combustible, aire de admisión, gas de escape sin diluir, gas de escape diluido, muestras) se acondicionará el flujo según convenga para evitar estelas, turbulencias, flujos circulantes o pulsaciones de flujo que puedan afectar a la precisión o la repetibilidad del instrumento. En algunos medidores, esto se conseguirá utilizando un conducto recto de longitud suficiente (por ejemplo, una longitud igual a 10 diámetros de la tubería, como mínimo) o bien mediante el uso de codos, aletas de enderezamiento o placas perforadas (o amortiguadores neumáticos de pulsaciones, en el caso del caudalímetro de combustible), especialmente concebidos para establecer un perfil de velocidad regular y previsible antes del instrumento.

▼B

9.4.5.1. Caudalímetro de combustible

El sistema general de medición del flujo de combustible deberá superar la calibración del punto 8.1.8.1. En toda medición del flujo se tendrá en cuenta el combustible que rodee el motor o que vuelva del motor al depósito de combustible.

9.4.5.2. Caudalímetro de aire de admisión

El sistema general de medición del flujo de aire de admisión deberá ajustarse a la calibración del punto 8.1.8.2.

9.4.5.3. Caudalímetro de gas de escape sin diluir

9.4.5.3.1. Requisitos de los componentes

El sistema general de medición del flujo de gas de escape sin diluir deberá cumplir los requisitos de linealidad del punto 8.1.4. Todo caudalímetro de gas de escape sin diluir estará diseñado para compensar adecuadamente los cambios de los estados termodinámicos, de fluido y de composición del gas de escape sin diluir.

9.4.5.3.2. Tiempo de respuesta del caudalímetro

►M2 Para controlar un sistema de dilución de flujo parcial con el fin de extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir, será necesario un tiempo de respuesta del caudalímetro más breve que el indicado en el cuadro 6.8. ◄ En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial con control en línea, el tiempo de respuesta del caudalímetro deberá cumplir las especificaciones del punto 8.2.1.2.

9.4.5.3.3. Refrigeración de los gases de escape

Este punto no se aplica a la refrigeración de los gases de escape debido al diseño del motor, incluidos, entre otros, los turbocompresores o los colectores de escape refrigerados por agua.

Se permite la refrigeración del gas de escape antes del caudalímetro con las restricciones que figuran a continuación.

a) La muestra de partículas no se extraerá después de la refrigeración.

b) Si la refrigeración provoca que las temperaturas del gas de escape superiores a 475 K (202 °C) desciendan por debajo de 453 K (180 °C), la muestra de HC no se extraerá después de la refrigeración.

c) Si la refrigeración provoca condensación acuosa, la muestra de NO_x no se extraerá después de la refrigeración, salvo que el refrigerante supere la verificación del punto 8.1.11.4.

d) Si la refrigeración provoca condensación acuosa antes de que el flujo llegue a un caudalímetro, el punto de rocío, T_{dew} y la presión p_{total} se medirán en la entrada del caudalímetro. Estos valores se utilizarán en los cálculos de emisiones con arreglo al anexo VII.

9.4.5.4. Caudalímetros de aire de dilución y gas de escape diluido

9.4.5.4.1. Aplicación

Los caudales instantáneos de gas de escape diluido o el flujo total de gas de escape diluido a lo largo de un intervalo de ensayo se determinarán mediante un caudalímetro de gas de escape diluido. Los caudales de gas de escape sin diluir o el flujo total de gas de escape sin diluir a lo largo de un intervalo de ensayo se podrán calcular a partir de la diferencia entre un caudalímetro de gas de escape diluido y un medidor de aire de dilución.

▼B

9.4.5.4.2. Requisitos de los componentes

El sistema general de medición del flujo de gas de escape diluido deberá ajustarse a la calibración y las verificaciones previstas en los puntos 8.1.8.4 y 8.1.8.5. Se podrán utilizar los medidores que figuran a continuación.

a) En el caso del muestreo de volumen constante (CVS) del flujo total de gas de escape diluido, se podrán utilizar un venturi de flujo crítico (CFV) o múltiples venturis de flujo crítico dispuestos en paralelo, una bomba de desplazamiento positivo (PDP), un venturi subsónico (SSV), o un caudalímetro ultrasónico (UFM). Combinados con un intercambiador de calor situado antes, un CFV o una PDP también funcionarán como reguladores pasivos del flujo manteniendo constante la temperatura del gas de escape diluido en un sistema CVS.

b) En el caso del sistema de dilución de flujo parcial (PFD), se podrá utilizar una combinación de cualquier caudalímetro con cualquier sistema de control activo del flujo para mantener el muestreo proporcional de los componentes de los gases de escape. Para mantener un muestreo proporcional se podrá controlar el flujo total de gas de escape, uno o más flujos de muestreo o una combinación de ambos.

En el caso de cualquier otro sistema de dilución, se podrá utilizar un elemento de flujo laminar, un caudalímetro ultrasónico, un venturi subsónico, un venturi de flujo crítico o múltiples venturis de flujo crítico dispuestos en paralelo, un medidor de desplazamiento positivo, un medidor de masa térmica, un tubo de Pitot promedio o un anemómetro de hilo caliente.

9.4.5.4.3. Refrigeración de los gases de escape

Se podrá enfriar el gas de escape diluido antes del caudalímetro, a condición de que se respeten las disposiciones que figuran a continuación.

a) La muestra de partículas no se extraerá después de la refrigeración.

b) Si la refrigeración provoca que las temperaturas del gas de escape superiores a 475 K (202 °C) desciendan por debajo de 453 K (180 °C), la muestra de HC no se extraerá después de la refrigeración.

c) Si el enfrla refrigeración provoca condensación acuosa, la muestra de NO_x no se extraerá después de la refrigeración salvo que el refrigerante supere la verificación de rendimiento del punto 8.1.11.4.

d) Si la refrigeración provoca condensación acuosa antes de que el flujo llegue a un caudalímetro, el punto de rocío, T_{dew} y la presión p_{total} se medirán en la entrada del caudalímetro. Estos valores se utilizarán en los cálculos de emisiones con arreglo al anexo VII.

9.4.5.5. Caudalímetro de muestras para muestreo por lotes

Se utilizará un caudalímetro de muestras para determinar el caudal de muestreo o el flujo total del que se tomen muestras en un sistema de muestreo por lotes a lo largo de un intervalo de ensayo. La diferencia entre dos caudalímetros se puede utilizar para calcular el flujo de muestreo en un túnel de dilución, por ejemplo para la medición de las partículas en la dilución de flujo parcial y la medición de las partículas en el flujo de dilución secundario. Las especificaciones relativas a la medición del flujo diferencial para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir se establecen en el punto 8.1.8.6.1, y las relativas a la calibración de la medición del flujo diferencial, en el punto 8.1.8.6.2.

El sistema general del caudalímetro de muestras deberá someterse a los requisitos de calibración del punto 8.1.8.

▼B

9.4.5.6. Separador de gas

Se podrá utilizar un separador de gases para mezclar gases de calibración.

Se utilizará un separador de gases que mezcle los gases con arreglo a las especificaciones del punto 9.5.1 y a las concentraciones previstas durante los ensayos. Se podrán usar separadores de gases de flujo crítico, de tubo capilar o de medidor de masa térmica. Para garantizar la correcta separación de los gases, se aplicarán según convenga las correcciones de la viscosidad (si no lo hace el software interno del separador de gases). El sistema de separación de gases deberá superar la verificación de la linealidad prevista en el punto 8.1.4.5. Otra posibilidad es verificar el mezclador con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo, utilizando gas NO con un detector quimioluminiscente. El fondo de escala del instrumento se ajustará con el gas patrón directamente conectado al mismo. El separador de gas se verificará en las posiciones de reglaje que se hayan utilizado y el valor nominal se comparará con la concentración medida del instrumento.

9.4.6. Mediciones de CO y CO_2

Tanto en el muestreo por lotes como en el continuo, para medir las concentraciones de CO y CO_2 en los gases de escape sin diluir o diluidos se utilizará un analizador de infrarrojos no dispersivo (NDIR).

▼M2

El sistema basado en el NDIR deberá ajustarse a la calibración y las verificaciones previstas en el punto 8.1.9.1 u 8.1.9.2, según proceda.

▼B

9.4.7. Medición de los hidrocarburos

9.4.7.1. Detector de ionización de llama

9.4.7.1.1. Aplicación

Tanto en el muestreo por lotes como en el continuo, para medir las concentraciones de hidrocarburos en los gases de escape sin diluir o diluidos se utilizará un detector de ionización de llama calentado (HFID). Las concentraciones de hidrocarburos se determinarán sobre una base de carbono 1 (C_1). Los analizadores FID calentados mantendrán todas las superficies expuestas a emisiones a una temperatura de 464 ± 11 K (191 ± 11 °C). Como alternativa, para los motores alimentados con GN y LPG y los motores de encendido por chispa, el analizador de hidrocarburos podrá ser de tipo detector de ionización de llama (FID) sin calentar.

9.4.7.1.2. Requisitos de los componentes

El sistema basado en FID para medir THC deberá ajustarse a todas las verificaciones relativas a la medición de hidrocarburos previstas en el punto 8.1.10.

9.4.7.1.3. Combustible FID y aire del quemador

El combustible FID y el aire del quemador deberán cumplir las especificaciones del punto 9.5.1. El combustible FID y el aire del quemador no se deberán mezclar antes de entrar en el analizador FID, a fin de garantizar que este funciona con una llama de difusión, y no con una llama premezclada.

9.4.7.1.4. Reservado

9.4.7.1.5. Reservado

9.4.7.2. Reservado

9.4.8. Mediciones de NO_x

▼B

Para la medición de los NO_x se especifican dos instrumentos de medida; puede utilizarse cualquiera de ellos a condición de que cumpla los criterios establecidos en los puntos 9.4.8.1. o 9.4.8.2., respectivamente. Se utilizará el detector quimioluminiscente como procedimiento de referencia para la comparación con cualquier procedimiento alternativo de medición previsto en el punto 5.1.1.

9.4.8.1. Detector quimioluminiscente

9.4.8.1.1. Aplicación

Se utilizará un detector quimioluminiscente (CLD) acoplado a un convertidor NO_2-NO para medir la concentración de NO_x en el gas de escape sin diluir o diluido, tanto en el muestreo por lotes como en el continuo.

9.4.8.1.2. Requisitos de los componentes

El sistema basado en el CLD deberá superar la verificación de la amortiguación prevista en el punto 8.1.11.1. Se podrá utilizar un CLD calentado o no calentado, y un CLD que funcione con presión atmosférica o en vacío.

9.4.8.1.3. Convertidor NO_2-NO

Antes del CLD se colocará un convertidor NO_2-NO interno o externo que haya superado la verificación del punto 8.1.11.5 y que esté configurado con una derivación para facilitar esta verificación.

9.4.8.1.4. Efectos de la humedad

Todas las temperaturas del CLD se mantendrán, para evitar la condensación acuosa. Para retirar la humedad de una muestra antes de un CLD, se utilizará una de las configuraciones siguientes:

a) un CLD conectado después de un secador o enfriador a su vez situado después de un convertidor NO_2-NO que supere la verificación del punto 8.1.11.5;

b) un CLD conectado después de un secador o enfriador térmico que supere la verificación del punto 8.1.11.4.

9.4.8.1.5. Tiempo de respuesta

Para mejorar el tiempo de respuesta del CLD se podrá utilizar un CLD calentado.

9.4.8.2. Analizador de ultravioletas no dispersivo

9.4.8.2.1. Aplicación

Tanto en el muestreo por lotes como en el continuo, para medir la concentración de NO_x en los gases de escape sin diluir o diluidos se utilizará un analizador de ultravioletas no dispersivo (NDUV).

9.4.8.2.2. Requisitos de los componentes

El sistema basado en el NDUV deberá superar las verificaciones previstas en el punto 8.1.11.3.

9.4.8.2.3. Convertidor NO_2-NO

En caso de que el analizador NDUV solo mida NO, antes del analizador NDUV se colocará un convertidor NO_2-NO externo o interno que haya superado la verificación prevista en el punto 8.1.11.5. El convertidor se configurará con una derivación de caudal para facilitar esta verificación.

▼B

9.4.8.2.4. Efectos de la humedad

La temperatura del NDUV se mantendrá, para evitar la condensación acuosa, salvo que se utilice una de las configuraciones siguientes:

a) un NDUV conectado después de un secador o enfriador a su vez situado después de un convertidor NO_2-NO que supere la verificación del punto 8.1.11.5;

b) un NDUV conectado después de un secador o un enfriador térmico que supere la verificación del punto 8.1.11.4.

9.4.9. Mediciones de O_2

Se utilizará un analizador de detección paramagnética (PMD) o magnetoneumática (MPD) para medir la concentración de O_2 en el gas de escape sin diluir o diluido, tanto en el muestreo por lotes como en el continuo.

9.4.10. Mediciones de la relación aire/combustible

En el caso del muestreo continuo, se podrá utilizar un analizador de óxido de circonio (ZrO_2) para medir la relación aire/combustible en el gas de escape sin diluir. Las mediciones de O_2 con mediciones de aire de admisión o flujo de combustible se podrán utilizar para calcular el caudal del gas de escape con arreglo al anexo VII.

9.4.11. Mediciones de partículas con balanza gravimétrica

Se utilizará una balanza para pesar las partículas netas recogidas en el medio de filtro de muestreo.

El requisito mínimo de resolución de la balanza será igual o inferior a la repetibilidad de 0,5 microgramos recomendados en el cuadro 6.8. Si la balanza utiliza pesos de calibración interna para el ajuste y las verificaciones de la linealidad rutinarios, los pesos de calibración deberán cumplir las especificaciones del punto 9.5.2.

La balanza se configurará de manera que el tiempo de reposo y la estabilidad sean óptimos en su ubicación.

9.4.12. Mediciones de amoniaco (NH_3)

▼M2

Podrá utilizarse un analizador de infrarrojo por transformadas de Fourier (FTIR), un NDUV o un analizador láser infrarrojo de conformidad con el apéndice 4.

▼B

9.5. Gases analíticos y normas relativas a la masa

9.5.1. Gases analíticos

Los gases analíticos deberán cumplir las especificaciones sobre precisión y pureza de la presente sección.

9.5.1.1. Especificaciones de los gases

Se aplicarán a los gases las prescripciones que figuran a continuación.

a) Se utilizarán gases purificados para mezclar con los gases de calibración y para ajustar los instrumentos de medida a fin de obtener una respuesta cero a un patrón de calibración cero. Se utilizarán gases cuya contaminación no supere los valores siguientes en el cilindro de gas o en la salida del generador de gas de cero.

▼M2

i) Contaminación del 2 %, medida respecto de la concentración media esperada al nivel del valor límite de emisiones. Por ejemplo, si se espera una concentración de CO de 100,0 µmol/mol, se permitirá el uso de un gas de cero cuya contaminación de CO sea inferior o igual a 2 000 µmol/mol.

▼B

ii) Contaminación especificada en el cuadro 6.9, aplicable a las mediciones de gas de escape sin diluir o diluido.

iii) Contaminación especificada en el cuadro 6.10, aplicable a las mediciones de gas de escape sin diluir.

Cuadro 6.9

Límites de la contaminación aplicables a las mediciones de gas de escape sin diluir o diluido [µmol/mol = ppm]

Componente	THC (equivalentes de C_1)	N_2 purificado (a)
THC (equivalentes de C_1)	≤ 0,05 µmol/mol	≤ 0,05 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
▼M2 CO_2	≤ 10 µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
▼B O_2	de 0,205 a 0,215 mol/mol	≤ 2 µmol/mol
NO_x	≤ 0,02 µmol/mol	≤ 0,02 µmol/mol

(a) No es necesario que estos niveles de pureza sean trazables con arreglo a normas reconocidas nacional o internacionalmente.

Cuadro 6.10

Límites de la contaminación aplicables a las mediciones de gas de escape sin diluir [µmol/mol = ppm]

Componente	Aire sintético purificado (a)	*N_2 purificado* [a]
THC (equivalentes de C_1)	≤ 1 µmol/mol'	≤ 1 µmol/mol'
CO	≤ 1 µmol/mol'	≤ 1 µmol/mol'
CO_2	≤ 400 µmol/mol	≤ 400 µmol/mol
O_2	de 0,18 a 0,21 mol/mol	—
NO_x	≤ 0,1 µmol/mol	≤ 0,1 µmol/mol

(a) No es necesario que estos niveles de pureza sean trazables con arreglo a normas reconocidas nacional o internacionalmente.

b) Los gases utilizados con el analizador FID cumplirán las prescripciones siguientes:

i) se utilizará combustible FID con una concentración de H_2 de (0,39 a 0,41) mol/mol, y el resto de He o N_2; la mezcla no contendrá más de 0,05 µmol/mol de THC;

▼B

ii) el aire del quemador FID cumplirá las especificaciones relativas al aire purificado recogidas en la letra a) del presente punto;

iii) gas de cero del FID; los detectores de ionización de llama se pondrán a cero con gas purificado que cumpla las especificaciones de la letra a) del presente punto, excepto que la concentración de O_2 del gas purificado podrá adoptar cualquier valor.

iv) gas patrón propano del FID; el FID de THC se ajustará y calibrará con concentraciones de ajuste de propano, C_3H_8; la calibración se efectuará sobre una base de carbono 1 (C_1).

v) Reservado

c) Se utilizarán las siguientes mezclas de gases, con gases trazables con un margen del ±1,0 % del valor real de las normas internacionales y/o nacionales reconocidas u otras normas de gases aprobadas:

▼M2

i) CH_4, dilución con aire sintético purificado y/o N_2 (según convenga);

▼B

ii) reservado

iii) C_3H_8, dilución con aire sintético purificado y/o N_2 (según convenga);

iv) CO, dilución con N_2 purificado;

v) CO_2, dilución con N_2 purificado;

vi) CO, dilución con N_2 purificado;

vii) NO_2, dilución con aire sintético purificado;

viii) O_2, dilución con N_2 purificado;

ix) C_3H_8, CO, CO_2, NO, dilución con N_2 purificado,

x) C_3H_8, CH_4, CO, CO_2, NO, dilución con N_2 purificado.

d) Se podrán usar gases de especies diferentes de las enumeradas en la letra c) de este punto (como el metanol en aire, que se podrá utilizar para determinar los factores de respuesta), a condición de que sean trazables con un margen del ±3,0 % del valor real de las normas internacionales y/o nacionales reconocidas y cumplan los requisitos de estabilidad del punto 9.5.1.2.

e) Se podrán generar gases de calibración propios mediante un dispositivo de mezclas de precisión, como un separador de gases, para diluir los gases con N_2 purificado o aire sintético purificado. Si los separadores de gases cumplen las especificaciones del punto 9.4.5.6 y los gases que se mezclen cumplen los requisitos de las letras a) y c) del presente punto, se considerará que las mezclas resultantes cumplen los requisitos del punto 9.5.1.1.

9.5.1.2. Concentración y fecha de caducidad

Se registrará la concentración de todo gas de calibración normalizado y de la fecha de caducidad especificada por el proveedor del gas.

a) No se podrá utilizar ningún gas de calibración normalizado después de su fecha de caducidad, salvo que sea de aplicación la letra b) del presente punto.

▼B

b) Los gases de calibración se podrán volver a etiquetar y a utilizar tras su fecha de caducidad con la aprobación previa de la autoridad de homologación.

9.5.1.3. Transferencia de gases

Los gases se transferirán desde su origen a los analizadores mediante dispositivos específicamente diseñados para controlar y transferir estos gases.

▼M2

_____

▼B

9.5.2. Normas relativas a la masa

Se utilizarán pesos de calibración de la balanza de partículas certificados como trazables con las normas internacionales y/o nacionales reconocidas, con un margen de incertidumbre del 0,1 %. Los pesos de calibración podrán estar certificados por cualquier laboratorio de calibración cuyas normas sean conformes a las internacionales y/o nacionales. Deberá comprobarse que el peso de calibración más bajo no sea superior a diez veces la masa de un medio de muestreo de partículas no utilizado. El informe de calibración recogerá también la densidad de los pesos.

▼B

Apéndice 1

Equipo de recuento del número de partículas en las emisiones

1. **Procedimiento del ensayo de mediciones**

1.1. Muestreo

El número de partículas emitidas se medirá mediante muestreo continuo con un sistema de dilución de flujo parcial, tal como se describe en el punto 9.2.3. del presente anexo, o con un sistema de dilución de flujo total, tal como se describe en el punto 9.2.2. del presente anexo.

1.1.1. Filtrado del diluyente

El diluyente utilizado en la primera y, en su caso, en la segunda dilución del gas de escape en el sistema de dilución se hará pasar por filtros que cumplan los requisitos aplicables a los filtros absolutos (HEPA) definidos en el artículo 1, punto 19. El diluyente puede limpiarse también con carbón vegetal antes de pasar por el filtro HEPA para reducir y estabilizar las concentraciones de hidrocarburos que contiene. Se recomienda colocar un filtro adicional de partículas gruesas antes del filtro HEPA y después del punto de limpieza con carbón vegetal, si se utiliza.

1.2. Compensación del flujo de muestreo del número de partículas: sistemas de dilución de flujo total

Para compensar el caudal másico extraído del sistema de dilución para el muestreo del número de partículas, dicho caudal másico extraído (filtrado) se devolverá al sistema de dilución. Otra posibilidad es corregir matemáticamente el caudal másico total en el sistema de dilución de acuerdo con el caudal de muestreo del número de partículas extraído. Si el caudal másico total extraído del sistema de dilución para la suma del muestreo del número de partículas y el muestreo de la masa de partículas es inferior a un 0,5 % del flujo del gas de escape total diluido en el túnel de dilución (med), podrá ignorarse la corrección o la devolución del flujo.

1.3. Compensación del flujo de muestreo del número de partículas: sistemas de dilución de flujo parcial

1.3.1. En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial, se tendrá en cuenta el caudal másico extraído del sistema de dilución para el muestreo del número de partículas a la hora de controlar la proporcionalidad de muestreo. Para ello, se reintroducirá el flujo de muestreo del número de partículas en el sistema de dilución antes del dispositivo de medición del flujo o se hará una corrección matemática, tal como se explica en el punto 1.3.2. En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo total, el flujo másico extraído para el muestreo del número de partículas se corregirá también en el cálculo de la masa de partículas, tal como se indica en el punto 1.3.3.

1.3.2. El caudal másico instantáneo del gas de escape que entra en el sistema de dilución (qmp), utilizado para controlar la proporcionalidad del muestreo, se corregirá siguiendo uno de los métodos siguientes.

a) En el caso de que se descarte el flujo de muestreo del número de partículas extraído, la ecuación (6-20) del punto 8.1.8.6.1. del presente anexo será sustituida por la ecuación (6-29):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad (6\text{-}29)$$

▼B

donde:

q_{mdew} es el caudal másico del gas de escape diluido, en kg/s

q_{mdw} es el caudal másico instantáneo del aire de dilución, en kg/s

q_{ex} es el caudal másico del muestreo del número de partículas, en kg/s.

La señal q_{ex} enviada al controlador del sistema de flujo parcial tendrá una precisión de ± 0,1 % del q_{mdew} en todo momento y debería ser enviada con una frecuencia mínima de 1 Hz.

b) En el caso de que se descarte total o parcialmente el flujo de muestreo del número de partículas extraído, pero se vuelva a introducir un flujo equivalente en el sistema de dilución antes del dispositivo de medición del flujo, la ecuación (6-20) del punto 8.1.8.6.1 del presente anexo se sustituirá por la ecuación (6-30):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad (6\text{-}30)$$

donde:

q_{mdew} es el caudal másico del gas de escape diluido, en kg/s

q_{mdw} es el caudal másico instantáneo del aire de dilución, en kg/s

q_{ex} es el caudal másico del muestreo del número de partículas, en kg/s.

q_{sw} es el caudal másico reintroducido en el túnel de dilución para compensar la extracción de la muestra del número de partículas, en kg/s.

La diferencia entre q_{ex} y q_{sw} que se envía al controlador del sistema de flujo parcial tendrá una precisión de ± 0,1 % del q_{mdew} en todo momento. La señal o las señales deberían ser enviadas con una frecuencia mínima de 1 Hz.

1.3.3. Corrección de la medición de la masa de partículas

Cuando se extrae el flujo de muestreo del número de partículas de un sistema de dilución de flujo parcial de muestreo total, la masa de partículas (m_{PM}) calculada en el punto 2.3.1.1 del anexo VII será corregida de la manera siguiente para tener en cuenta el flujo extraído. Esta corrección es necesaria incluso cuando el flujo extraído filtrado vuelve a introducirse en los sistemas de dilución de flujo parcial, como indica la ecuación (6-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \quad (6\text{-}31)$$

donde:

m_{PM} es la masa de partículas determinada de conformidad con las disposiciones del punto 2.3.1.1. del anexo VII, en g/ensayo

m_{sed} es la masa total del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg

m_{ex} es la masa total del gas de escape diluido extraído del túnel de dilución para el muestreo del número de partículas, en kg.

1.3.4. Proporcionalidad del muestreo de dilución de flujo parcial

►M2 A efectos del recuento del número de partículas, se utiliza el caudal másico del gas de escape, determinado por cualquiera de los métodos descritos en los puntos 2.1.6.1 a 2.1.6.4 del anexo VII, para controlar el sistema de dilución de flujo parcial y tomar una muestra proporcional al caudal másico del gas de escape. ◄ La calidad de la proporcionalidad se verificará mediante un análisis de regresión entre la muestra y el flujo del gas de escape de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.2.1.2 del presente anexo.

1.3.5. Cálculo del número de partículas

En el apéndice 5 del anexo VII se establecen la determinación y el cálculo del número de partículas.

▼B

2. **Equipo de medición**

2.1. Especificación

2.1.1. Descripción del sistema

2.1.1.1. El sistema de muestreo de partículas consistirá en una sonda o punto de muestreo en el que se extrae una muestra de un flujo mezclado homogéneamente en un sistema de dilución, tal como se describe en los puntos 9.2.2. o 9.2.3. del presente anexo, un eliminador de partículas volátiles (VPR) situado antes de un contador de partículas (PNC) y un tubo de transferencia adecuado.

2.1.1.2. Se recomienda colocar un preclasificador del tamaño de las partículas (por ejemplo, ciclón, impactador, etc.) antes de la entrada del eliminador de partículas volátiles. No obstante, una sonda de muestreo que actúe como dispositivo adecuado de clasificación del tamaño, como muestra la figura 6.8, es una alternativa aceptable a un preclasificador del tamaño de las partículas. En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, puede aceptarse la utilización del mismo preclasificador para tomar la muestra de la masa de partículas y la muestra del número de partículas; esta última se extraerá del sistema de dilución después del preclasificador. También se pueden utilizar preclasificadores separados y extraer la muestra del número de partículas del sistema de dilución antes del preclasificador de la masa de partículas.

2.1.2. Requisitos generales

2.1.2.1. El punto de muestreo de partículas estará situado dentro del sistema de dilución.

La punta de sonda de muestreo o el punto de muestreo de partículas y el tubo de transferencia de partículas juntos forman el sistema de transferencia de partículas (PTS). El PTS lleva la muestra desde el túnel de dilución hasta la entrada del eliminador de partículas volátiles. El sistema de transferencia de partículas deberá cumplir las condiciones que figuran a continuación.

En el caso de los sistemas de dilución de flujo total y de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo fraccionado (tal como se describen en el punto 9.2.3. del presente anexo), la sonda de muestreo estará instalada cerca del eje central del túnel, a una distancia después del punto de entrada del gas equivalente a entre 10 y 20 veces el diámetro del túnel, orientada a contracorriente en el túnel del flujo de gas y con el eje de la punta paralelo al del túnel de dilución. La sonda de muestreo estará posicionada dentro del tracto de dilución de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente/gas de escape.

En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo total (tal como se describen en el punto 9.2.3 del presente anexo), el punto o la sonda de muestreo de partículas se situará en el tubo de transferencia de partículas, antes del soporte del filtro de partículas, del dispositivo de medición del flujo y de cualquier punto de muestreo / bifurcación de derivación. La sonda o el punto de muestreo estarán posicionados de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente / gas de escape. La sonda de muestreo de partículas deberá estar dimensionada de tal manera que no interfiera con el funcionamiento del sistema de dilución de flujo parcial.

El gas de muestreo que pasa por el sistema de transferencia de partículas deberá cumplir las condiciones siguientes:

a) en el caso de sistemas de dilución de flujo total, el flujo tendrá un número de Reynolds (Re) < 1 700;

b) en el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, el flujo tendrá un número de Reynolds (Re) < 1 700 en el tubo de transferencia de partículas, es decir, después de la sonda o el punto de muestreo;

▼B

c) el tiempo de residencia en el sistema de transferencia de partículas será de ≤ 3 segundos;

d) se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del sistema de transferencia de partículas si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm;

e) el tubo de salida que conduce la muestra diluida desde el eliminador de partículas volátiles a la entrada del contador de partículas tendrá las propiedades siguientes:

f) el diámetro interno será ≥ 4 mm;

g) el tiempo de residencia del flujo del gas de muestreo que pasa por el tubo de salida será de ≤ 0,8 segundos;

h) se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del tubo de salida si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm.

2.1.2.2. El eliminador de partículas volátiles comprenderá dispositivos de dilución de la muestra y eliminación de las partículas volátiles.

2.1.2.3. Todos los elementos del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el contador de partículas, que estén en contacto con gas de escape sin diluir y diluido, deberán estar diseñados de tal modo que se reduzca al mínimo la deposición de las partículas. Todos los elementos estarán fabricados con materiales conductores de electricidad que no reaccionen con los componentes del gas de escape, y estarán conectados a tierra para evitar efectos electrostáticos.

2.1.2.4. El sistema de muestreo de partículas será conforme con las buenas prácticas de muestreo de aerosoles y, a tal efecto, se evitarán los codos en ángulos agudos y los cambios bruscos de sección, se utilizarán superficies internas lisas y se reducirá al mínimo la longitud de la línea de muestreo. Se permitirán cambios de sección graduales.

2.1.3. Requisitos específicos

2.1.3.1. La muestra de partículas no pasará por una bomba antes de pasar por el contador de partículas.

2.1.3.2. Se recomienda utilizar un preclasificador de muestras.

2.1.3.3. La unidad de preacondicionamiento de la muestra tendrá las funciones que figuran a continuación.

2.1.3.3.1. Será capaz de diluir la muestra en una o varias fases para alcanzar una concentración de partículas inferior al umbral superior del modo único de recuento de partículas del contador de partículas y una temperatura del gas inferior a 308 K (35 °C) en la entrada del mencionado contador.

2.1.3.3.2. Incluirá una fase de dilución inicial calentada que produzca una muestra a una temperatura ≥ 423 K (150 °C) y ≤ 673 K (400 °C), y cuyo factor de dilución sea, como mínimo, de 10.

2.1.3.3.3. ►M2 Controlará las fases calentadas a unas temperaturas nominales de funcionamiento constantes, dentro del intervalo especificado en el punto 2.1.3.3.2, con una tolerancia de ± 10 K (± 10 °C) e indicará si las fases calentadas se encuentran a las temperaturas de funcionamiento adecuadas. ◄

2.1.3.3.4. Alcanzará un factor de reducción de la concentración de partículas [f_r (d_i)], tal como se define en el punto 2.2.2.2, de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica, como máximo un 30 % y un 20 % superior, respectivamente, y un 5 % inferior, como máximo, al correspondiente a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica en todo el eliminador de partículas volátiles.

▼B

2.1.3.3.5. Superará también un 99,0 % de vaporización de las partículas de 30 nm de tetracontano (CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$), con una concentración de entrada ≥ a 10000 cm^{-3}, mediante calentamiento y reducción de las presiones parciales del tetracontano.

2.1.3.4. El contador de partículas desempeñará las funciones siguientes.

2.1.3.4.1. Funcionará en condiciones de flujo total.

2.1.3.4.2. Tendrá una precisión de contaje de ± 10 % en el intervalo de 1 cm^{-3} hasta el umbral superior del modo de contaje único del contador de partículas respecto a un patrón trazable. En concentraciones inferiores a 100 cm^{-3} podrá ser necesario efectuar mediciones promediadas durante extensos períodos de muestreo para demostrar la precisión del contador de partículas con un elevado grado de confianza estadística.

2.1.3.4.3. Tendrá una legibilidad de al menos 0,1 partículas cm^{-3} en concentraciones inferiores a 100 cm^{-3}.

2.1.3.4.4. Tendrá una respuesta lineal a las concentraciones de partículas en todo el intervalo de medición en el modo de contaje único de partículas.

2.1.3.4.5. Tendrá una frecuencia de envío de datos igual o superior a 0,5 Hz.

2.1.3.4.6. Tendrá un tiempo de respuesta en el intervalo de concentración medido inferior a 5 segundos.

2.1.3.4.7. Incorporará una función de corrección de la coincidencia de un máximo del 10 %, y podrá hacer uso de un factor de calibración interno, determinado en el punto 2.2.1.3, pero no hará uso de ningún otro algoritmo para corregir o definir la eficacia de contaje.

2.1.3.4.8. Tendrá eficacias de contaje de partículas de 23 nm (± 1 nm) y 41 nm (± 1 nm) de diámetro de movilidad eléctrica del 50 % (± 12 %) y > 90 %, respectivamente. Estas eficacias de recuento podrán alcanzarse por medios internos (por ejemplo, control del diseño del instrumento) o externos (por ejemplo, preclasificación del tamaño).

2.1.3.4.9. Si el contador de partículas (PNC) utiliza un líquido de trabajo, este se sustituirá con la frecuencia especificada por su fabricante.

2.1.3.5. Cuando no se mantengan a un nivel constante conocido en el punto en el que se controla el caudal del contador de partículas, la presión y/o la temperatura se medirán y se notificarán en la entrada del mencionado contador a efectos de corrección de las mediciones de la concentración de partículas de acuerdo con las condiciones estándar.

2.1.3.6. La suma del tiempo de residencia en el sistema de transferencia de partículas (PTS), el eliminador de partículas volátiles (VPR) y el tubo de salida (OT), más el tiempo de respuesta del contador de partículas, no excederá de 20 segundos.

2.1.3.7. El tiempo de transformación de todo el sistema de muestreo del número de partículas (PTS, VPR, OT y PNC) se determinará mediante la conmutación del aerosol directamente en la entrada del sistema de transferencia de partículas. La conmutación del aerosol se realizará en menos de 0,1 segundos. El aerosol utilizado en este ensayo provocará un cambio de concentración de al menos un 60 % del fondo de escala.

Se registrará la curva de concentración. Para alinear el tiempo de las señales de la concentración de partículas y del flujo del gas de escape, se entenderá por tiempo de transformación el que transcurre desde el cambio (t_0) hasta que la respuesta alcanza un 50 % del valor final indicado (t_{50}).

▼B

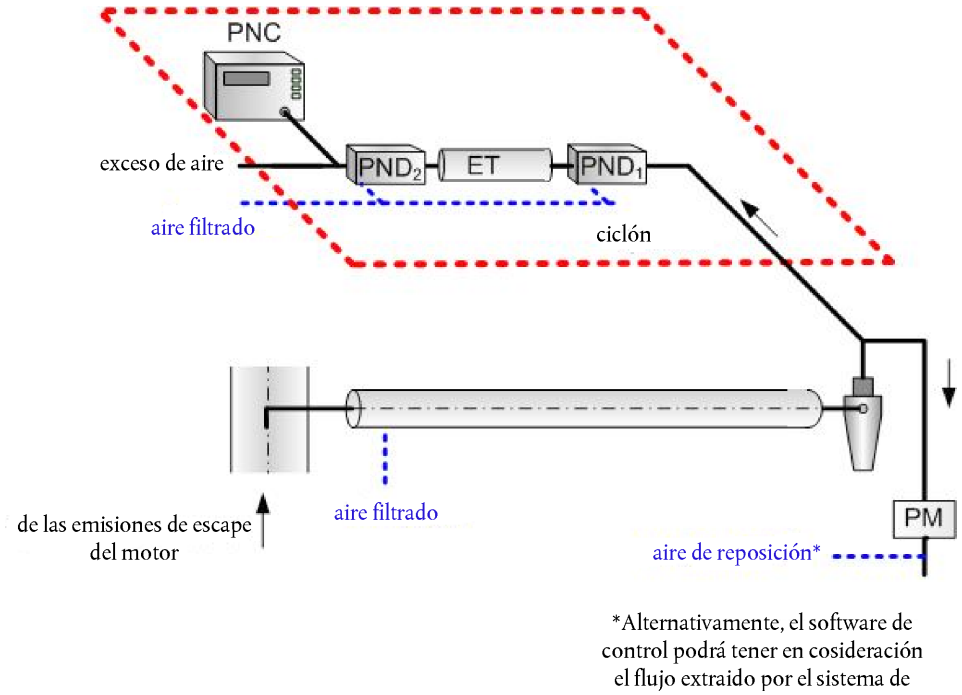
2.1.4. Descripción de los sistemas recomendados

Este punto describe la práctica recomendada para medir el número de partículas. No obstante, será aceptable cualquier sistema que cumpla las especificaciones de rendimiento indicadas en los puntos 2.1.2 y 2.1.3.

Las figuras 6.9 y 6.10 son dibujos esquemáticos de las configuraciones del sistema de muestreo de partículas recomendadas para los sistemas de dilución de flujo parcial y de flujo total, respectivamente.

Figura 6.9

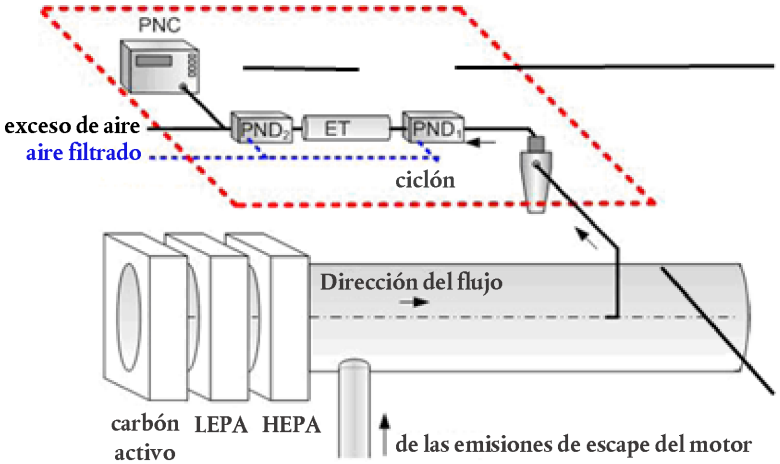
Esquema del sistema de muestreo de partículas recomendado: muestreo de flujo parcial



▼M2

Figura 6.10

Esquema del sistema de muestreo de partículas recomendado: muestreo de flujo total



▼B

2.1.4.1. Descripción del sistema de muestreo

El sistema de muestreo de partículas constará de una punta de sonda de muestreo o un punto de muestreo de partículas en el sistema de dilución, un tubo de transferencia de partículas, un preclasificador de partículas y un eliminador de partículas volátiles situado antes del contador de partículas. El eliminador de partículas volátiles comprenderá dispositivos de dilución de la muestra (diluidores del número de partículas: DNP_1 y DNP_2) y de evaporación de las partículas (tubo de evaporación, TE). La sonda o el punto de muestreo del flujo del gas de ensayo se dispondrá de tal manera dentro del tracto de dilución que se tome una muestra del flujo de gas representativa de una mezcla de diluyente/gas de escape homogénea. La suma del tiempo de residencia en el sistema y el tiempo de respuesta del contador de partículas no excederá de 20 segundos.

2.1.4.2. Sistema de transferencia de partículas

La punta de sonda o el punto de muestreo de partículas y el tubo de transferencia de partículas juntos forman el sistema de transferencia de partículas. Este último lleva la muestra desde el túnel de dilución hasta la entrada del primer diluidor del número de partículas. El sistema de transferencia de partículas deberá cumplir las condiciones que figuran a continuación.

En el caso de los sistemas de dilución de flujo total y de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo fraccionado (tal como se describen en el punto 9.2.3 del presente anexo), la sonda de muestreo estará instalada cerca del eje central del túnel, a una distancia después del punto de entrada del gas equivalente a entre 10 y 20 veces el diámetro del túnel, orientada a contracorriente en el túnel del flujo de gas y con el eje de la punta paralelo al del túnel de dilución. La sonda de muestreo estará posicionada dentro del tracto de dilución de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente/gas de escape.

En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo total (tal como se describen en el punto 9.2.3 del presente anexo), el punto de muestreo de partículas se situará en el tubo de transferencia de partículas, antes del soporte del filtro de partículas, del dispositivo de medición del flujo y de cualquier punto de muestreo / bifurcación de derivación. La sonda o el punto de muestreo estarán posicionados de tal manera que la muestra se tome de una mezcla homogénea de diluyente / gas de escape.

El gas de muestreo que pasa por el sistema de transferencia de partículas deberá cumplir las condiciones siguientes:

tendrá un número de Reynols (Re) < 700;

el tiempo de residencia en el sistema de transferencia de partículas será ≤ 3 segundos;

se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del sistema de transferencia de partículas si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica.

El tubo de salida que conduce la muestra diluida desde el eliminador de partículas volátiles a la entrada del contador de partículas tendrá las propiedades siguientes:

el diámetro interno será ≥ 4 mm;

el tiempo de residencia del flujo del gas de muestreo que pasa por el tubo de salida será $\leq 0{,}8$ segundos;

▼B

se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del tubo de salida si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica.

2.1.4.3. Preclasificador de partículas

El preclasificador de partículas recomendado estará situado antes del eliminador de partículas volátiles. El diámetro de las partículas para un punto de corte del 50 % del preclasificador será de entre 2,5 μm y 10 μm en el caudal volumétrico seleccionado para el muestreo del número de partículas. El preclasificador permitirá que al menos el 99 % de la concentración másica de partículas de 1 μm que entren en él pasen por su salida al flujo volumétrico seleccionado para el muestreo del número de partículas. En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, puede aceptarse la utilización del mismo preclasificador para tomar la muestra de la masa de partículas y la muestra del número de partículas; esta última se extraerá del sistema de dilución después del preclasificador. También se pueden utilizar preclasificadores separados y extraer la muestra del número de partículas del sistema de dilución antes del preclasificador de la masa de partículas.

2.1.4.4. Eliminador de partículas volátiles

El eliminador de partículas volátiles comprenderá un diluidor del número de partículas (DNP_1), un tubo de evaporación y un segundo diluidor del número de partículas (DNP_2) en serie. Esta función de dilución consiste en reducir la concentración de partículas de la muestra que entra en la unidad de medición de la concentración de partículas hasta un nivel inferior al umbral superior del modo de recuento único del contador de partículas, y suprimir la nucleación en la muestra. El eliminador de partículas volátiles indicará si el DNP_1 y el tubo de evaporación se encuentran a las temperaturas de funcionamiento adecuadas.

El eliminador de partículas volátiles superará un 99,0 % de vaporización de las partículas de 30 nm de tetracontano (CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$), con una concentración de entrada ≥ a 10 000 cm^{-3}, mediante calentamiento y reducción de las presiones parciales del tetracontano. Asimismo, alcanzará un factor de reducción de la concentración de partículas (f_r) de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica, que sea como máximo un 30 % y un 20 % superior, respectivamente, y un 5 % inferior al correspondiente a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica en todo el eliminador de partículas volátiles.

2.1.4.4.1. Primer dispositivo de dilución del número de partículas (DNP_1)

El primer dispositivo de dilución del número de partículas estará diseñado específicamente para diluir la concentración del número de partículas y funcionar a una temperatura (de pared) de entre 423 K y 673 K (150 °C y 400 °C). El punto de referencia de la temperatura de pared deberá mantenerse a una temperatura de funcionamiento nominal constante, dentro de ese intervalo, con una tolerancia de ± 10 °C, y no superar la temperatura de pared del tubo de evaporación (punto 2.1.4.4.2). El diluyente debe suministrarse con aire de dilución filtrado con un filtro HEPA y debe poder mantener un factor de dilución entre 10 y 200.

2.1.4.4.2. Tubo de evaporación

En toda la longitud del tubo de evaporación se controlará una temperatura de pared superior o igual a la del primer dispositivo de dilución del número de partículas y la pared se mantendrá a una temperatura de funcionamiento nominal de entre 300 °C y 400 °C, con una tolerancia de ± 10 °C.

▼B

2.1.4.4.3. Segundo dispositivo de dilución del número de partículas (DNP2)

El DNP_2 estará diseñado específicamente para diluir la concentración del número de partículas. El diluyente se suministrará con aire de dilución filtrado con un filtro HEPA y deberá poder mantener un factor de dilución entre 10 y 30. El factor de dilución del DNP_2 se seleccionará en el intervalo de 10 a 15 de tal manera que la concentración del número de partículas después del segundo diluyente sea inferior al umbral superior del modo de contaje único de partículas del contador de partículas y la temperatura del gas antes de la entrada en el contador sea < de 35 ºC.

2.1.4.5. Contador de partículas

El contador de partículas cumplirá los requisitos establecidos en el punto 2.1.3.4.

2.2. Calibración/validación del sistema de muestreo de partículas ([1])

2.2.1. Calibración del contador de partículas

2.2.1.1 El servicio técnico se asegurará de la existencia de un certificado de calibración del contador de partículas que demuestre su conformidad con un patrón trazable en los doce meses previos al ensayo de emisiones.

2.2.1.2. Asimismo, deberá recalibrarse el contador de partículas y emitirse un nuevo certificado de calibración después de cualquier mantenimiento importante.

2.2.1.3. La calibración deberá estar certificada de acuerdo con un método de calibración normalizado:

a) mediante comparación de la respuesta del contador de partículas con el de un electrómetro de aerosol calibrado en el muestreo simultáneo de partículas de calibración clasificadas electrostáticamente, o bien

b) mediante comparación de la respuesta del contador de partículas que está siendo calibrado con la respuesta de un segundo contador que ha sido calibrado directamente según el método anterior.

En el caso del electrómetro, la calibración se llevará a cabo utilizando al menos seis concentraciones estándar separadas de la manera más uniforme posible en el intervalo de medición del contador de partículas. Estos puntos incluirán un punto de concentración nominal cero alcanzado mediante la utilización de filtros HEPA como mínimo de clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada de cada instrumento. Si no se aplica un factor de calibración al contador de partículas que se está calibrando, las concentraciones medidas deberán situarse dentro de un margen de ± 10 % de la concentración estándar para cada concentración utilizada, salvo para el punto cero. De lo contrario, deberá rechazarse el contador de partículas. Se calculará y registrará el gradiente de una regresión lineal de los dos conjuntos de datos. Se aplicará al contador de partículas que se está calibrando un factor de calibración recíprocamente equivalente al gradiente. La linealidad de la respuesta se determinará calculando el cuadrado del coeficiente de correlación del momento del producto de Pearson (R^2) de los dos conjuntos de datos y será igual o superior a 0,97. Al calcular el gradiente y R^2, la regresión lineal se hará pasar por el origen (concentración cero en ambos instrumentos).

([1]) En la siguiente dirección se ofrecen ejemplos de métodos de calibración/validación: www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp

▼B

En el caso del contador de partículas, la calibración se llevará a cabo utilizando al menos seis concentraciones estándar en el intervalo de medición del contador. Al menos tres puntos tendrán concentraciones inferiores a 1 000 cm^{-3} y las concentraciones restantes estarán espaciadas linealmente entre 1 000 cm^{-3} y el intervalo máximo del contador de partículas en modo de recuento único de partículas. Estos puntos incluirán un punto de concentración nominal cero alcanzado mediante la utilización de filtros HEPA como mínimo de clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada de cada instrumento. Si no se aplica un factor de calibración al contador de partículas que se está calibrando, las concentraciones medidas deberán situarse dentro de un margen de ± 10 % de la concentración estándar para cada concentración, salvo para el punto cero. De lo contrario, deberá rechazarse el contador de partículas. Se calculará y registrará el gradiente de una regresión lineal de los dos conjuntos de datos. Se aplicará al contador de partículas que se está calibrando un factor de calibración recíprocamente equivalente al gradiente. La linealidad de la respuesta se determinará calculando el cuadrado del coeficiente de correlación del momento del producto de Pearson (R^2) de los dos conjuntos de datos y será igual o superior a 0,97. Al calcular el gradiente y R^2, la regresión lineal se hará pasar por el origen (concentración cero en ambos instrumentos).

2.2.1.4. La calibración incluirá también una comprobación, de acuerdo con los requisitos del punto 2.1.3.4.8, sobre la eficacia de detección del contador de partículas con partículas de 23 nm de diámetro de movilidad eléctrica. No es necesario efectuar una comprobación de la eficacia de recuento con partículas de 41 nm.

2.2.2. Calibración/validación del eliminador de partículas volátiles

2.2.2.1. En el caso de una unidad nueva y después de todo mantenimiento importante, será necesario efectuar una calibración de los factores de reducción de la concentración de partículas del eliminador de partículas volátiles en todo su intervalo de parámetros de dilución, a las temperaturas nominales de funcionamiento del aparato establecidas. El requisito de validación periódica del factor de reducción de la concentración de partículas del eliminador de partículas volátiles se limita a una comprobación de un único parámetro, generalmente del utilizado para la medición en vehículos móviles no de carretera dotados de filtros de partículas. El servicio técnico se asegurará de la existencia de un certificado de calibración o de validación del eliminador de partículas volátiles en los seis meses previos al ensayo de emisiones. Si el eliminador de partículas volátiles incorpora alarmas de control de la temperatura, será admisible un intervalo de validación de doce meses.

El eliminador de partículas volátiles se caracterizará por un factor de reducción de la concentración de partículas sólidas de 30 nm, 50 nm y 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica. Los factores de reducción de la concentración de partículas (f_r (d)) de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica serán como máximo un 30 % y un 20 % superiores, respectivamente, y un 5 % inferiores a los correspondientes a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica. A efectos de validación, el factor medio de reducción de la concentración de partículas se encontrará dentro de un intervalo de ± 10 % del factor medio de reducción de la concentración de partículas ($\overline{f}_r$) determinado durante la calibración primaria del eliminador de partículas volátiles.

2.2.2.2. El aerosol de ensayo utilizado en estas mediciones constará de partículas sólidas de 30 nm, 50 nm y 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica y una concentración mínima de 5 000 partículas cm^{-3} en la entrada del eliminador de partículas volátiles. Las concentraciones de partículas se medirán antes y después de los componentes.

▼B

El factor de reducción de la concentración de partículas para cada tamaño de partícula [f_r (d_i)] se calculará ediante la ecuación (6-32):

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad (6\text{-}32)$$

donde:

$N_{in}(d_i)$ es la concentración del número de partículas antes del componente en el caso de las partículas de diámetro d_i

$N_{out}(d_i)$ es la concentración del número de partículas después del componente en el caso de las partículas de diámetro d_i

d_i es el diámetro de movilidad eléctrica de las partículas (30 nm, 50 nm o 100 nm)

$N_{in}(d_i)$ y $N_{out}(d_i)$ se corregirán de acuerdo con las mismas condiciones.

La reducción media de la concentración de partículas ($\overline{f}_r$) en un parámetro de dilución determinado se calculará mediante la ecuación (6-33):

$$\overline{f}_r = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad (6\text{-}33)$$

Se recomienda calibrar y validar el eliminador de partículas volátiles como una unidad completa.

2.2.2.3. El servicio técnico se asegurará de la existencia de un certificado de validación del eliminador de partículas volátiles que demuestre su eficacia en los seis meses previos al ensayo de emisiones. Si el eliminador de partículas volátiles incorpora alarmas de control de la temperatura, será admisible un intervalo de validación de doce meses. El eliminador de partículas volátiles demostrará eliminar más de un 99,0 % de partículas de tetracontano (CH_3 $(CH_2)_{38}CH_3$) de un mínimo de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica con una concentración de entrada ≥ 10000 cm^{-3} cuando funciona en su posición de dilución mínima y a la temperatura de funcionamiento recomendada por los fabricantes.

2.2.3. Procedimientos de control del sistema de recuento de partículas

2.2.3.1. Antes de cada ensayo, el contador de partículas indicará una concentración medida inferior a 0,5 partículas cm^{-3} tras colocar un filtro HEPA de, como mínimo, clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada de todo el sistema de muestreo de partículas (eliminador de partículas volátiles y contador de partículas).

2.2.3.2. El control mensual del flujo introducido en el contador de partículas con un caudalímetro calibrado indicará un valor medido dentro de un margen del 5 % del caudal másico nominal del contador de partículas.

2.2.3.3. Cada día, tras la aplicación de un filtro HEPA de, como mínimo, clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada del contador de partículas, este indicará una concentración ≤ 0,2 cm^{-3}. Tras quitar el filtro HEPA, el contador de partículas mostrará un aumento de las concentraciones medidas de al menos 100 partículas cm^{-3} al ser sometido a aire ambiente, y volverá a indicar concentraciones ≤ 0,2 cm^{-3} tras colocar de nuevo el mencionado filtro.

2.2.3.4. Antes del inicio de cada ensayo, se confirmará que el sistema de medición indica que el eventual tubo de evaporación ha alcanzado su temperatura de funcionamiento adecuada.

2.2.3.5. Antes del inicio de cada ensayo, se comprobará que el sistema de medición indique que el diluidor DNP_1 ha alcanzado su temperatura de funcionamiento adecuada.

▼B

Apéndice 2

Especificaciones de instalación de los equipos y accesorios

Número	Equipos y accesorios	Instalado para el ensayo de emisiones
1	Sistema de admisión	
	Colector de admisión	Sí
	Sistema de control de las emisiones del cárter	Sí
	Flujómetro de aire	Sí
	Filtro de aire	Sí [a]
	Silenciador de admisión	Sí [a]
2	Sistema de escape	
	Sistemas de postratamiento de los gases de escape	Sí
	Colector de escape	Sí
	Tubos de conexión	Sí [b]
	Silenciador	Sí [b]
	Tubo de escape	Sí [b]
	Freno de escape	No [c]
	Dispositivo de sobrealimentación	Sí
3	Bomba de alimentación de combustible	Sí [d]
4	Equipamiento de inyección de combustible	
	Prefiltro	Sí
	Filtro	Sí
	Bomba	Sí
5	Tubo de alta presión	Sí
	Inyector	Sí
	Unidad de control electrónico, sensores, etc.	Sí
	Regulador/sistema de control	Sí
	Tope automático de plena carga de la cremallera de control en función de las condiciones atmosféricas	Sí
6	Equipo de refrigeración por líquido	
	Radiador	No
	Ventilador	No
	Carenado del ventilador	No
	Bomba de agua	Sí [e]
	Termostato	Sí [f]
7	Refrigeración por aire	
	Carenado	No [g]
	Ventilador o soplador	No [g]
	Dispositivo termorregulador	No

▼B

Número	Equipos y accesorios	Instalado para el ensayo de emisiones
8	Equipamiento de sobrealimentación	
	Accionamiento por compresor o directamente por el motor, o por el sistema de gas de escape	Sí
	Refrigerador del aire de sobrealimentación	Sí (g) (h)
	Bomba del refrigerante o ventilador (accionados por el motor)	No (g)
	Dispositivo regulador del flujo de refrigerante	Sí
9	Ventilador auxiliar del banco de pruebas	Sí, en caso necesario
10	Dispositivo anticontaminación	Sí
11	Equipamiento de arranque	Sí, o equipamiento del banco de pruebas (i)
12	Bomba de aceite lubricante	Sí
13	Determinados elementos auxiliares cuya definición está ligada al funcionamiento de la máquina móvil no de carretera y que pueden ir montados en el motor deberán retirarse para realizar el ensayo. Se da, a modo de ejemplo, la lista no exhaustiva siguiente: i) compresor de aire para los frenos ii) compresor de la dirección asistida iii) compresor de la suspensión iv) sistema de aire acondicionado	No

(a) Se instalará el sistema de admisión completo previsto para la aplicación de que se trate:
i) cuando exista riesgo de efecto apreciable en la potencia del motor;
ii) cuando el fabricante así lo indique.
En otros casos podrá usarse un sistema equivalente, pero habrá que comprobar que la presión de admisión no difiera en más de 100 Pa del límite superior especificado por el fabricante para un filtro de aire limpio.

(b) Se instalará el sistema de escape completo previsto para la aplicación de que se trate:
i) cuando exista riesgo de efecto apreciable en la potencia del motor;
ii) cuando el fabricante así lo indique.
En otros casos podrá usarse un sistema equivalente, siempre que la presión medida no difiera en más de 1 000 Pa del límite superior especificado por el fabricante.

(c) Si el motor lleva un freno de escape incorporado, la válvula de mariposa se fijará en su posición de apertura total.

(d) Si es necesario, la presión de alimentación de combustible podrá ajustarse para reproducir la presión existente en esa aplicación particular del motor (sobre todo cuando se utilice un sistema de «retorno de combustible»).

(e) La circulación del líquido refrigerante se realizará únicamente por medio de la bomba de agua del motor. La refrigeración del líquido podrá producirse en un circuito externo, de manera que la pérdida de presión de este circuito y la presión en la entrada de la bomba se mantengan sustancialmente iguales a las del sistema de refrigeración del motor.

(f) El termostato podrá fijarse en la posición de apertura total.

(g) Cuando el ventilador de refrigeración o el soplador estén instalados para el ensayo, la potencia absorbida se añadirá a los resultados, excepto en el caso de los ventiladores de motores refrigerados por aire montados directamente en el cigüeñal. La potencia del ventilador o soplador se determinará a los regímenes utilizados para el ensayo mediante cálculo a partir de las características estándar o mediante ensayos prácticos.

(h) Los motores con refrigerador del aire de sobrealimentación se someterán a ensayo con refrigeración por líquido o por aire, pero, si el fabricante lo prefiere, podrá utilizarse un banco de pruebas en lugar del refrigerador por aire. En todos los casos, la medición de la potencia a cada velocidad se efectuará con la misma caída de presión máxima y la misma caída de temperatura mínima del aire del motor a través del refrigerador del aire de sobrealimentación en el banco de pruebas que las especificadas por el fabricante.

(i) La potencia de los sistemas eléctricos o de otros sistemas de arranque se obtendrá a partir del banco de pruebas.

▼B

Apéndice 3

Verificación de la difusión de la señal de par mediante una unidad de control electrónico

1. **Introducción**

La finalidad del presente apéndice es fijar los requisitos de verificación en caso de que el fabricante haya previsto utilizar la difusión de la señal de par mediante una unidad de control electrónico (ECU) de los motores provistos de equipamiento a tal efecto, para la realización de ensayos de control durante el servicio con arreglo al Reglamento Delegado (UE) 2016/655 de la Comisión sobre vigilancia de las emisiones de los motores en servicio.

La base para el par neto equivaldrá al par neto sin corregir suministrado por el motor, incluidos el equipo y los accesorios que deben incluirse para un ensayo de emisiones conforme al apéndice 2.

2. **Señal de par emitida por la ECU**

Con el motor instalado en el banco de pruebas para establecer la cartografía del motor, se facilitarán formas para leer la señal de par emitida por la ECU con arreglo a los requisitos del anexo I, apéndice 6, del Reglamento Delegado (UE) 2017/655 de la Comisión sobre vigilancia de las emisiones de los motores en servicio.

3. **Procedimiento de verificación**

Cuando se lleve a cabo el procedimiento de cartografía con arreglo a la sección 7.6.2 del presente anexo, las lecturas del par medido por el dinamómetro y el par emitido por la ECU se harán al mismo tiempo en un mínimo de tres puntos de la curva de par. Al menos una de las lecturas deberá realizarse en un punto de la curva en el que el par no sea inferior al 98 % del valor máximo.

►M2 El par difundido por la ECU se aceptará sin corrección si, en cada punto en que se hayan efectuado mediciones, el factor calculado mediante la división del valor del par del dinamómetro por el valor del par emitido por la ECU no es inferior a 0,93 (es decir, una diferencia máxima del 7 %). ◄ En este caso, se hará constar en el certificado de homologación que el par difundido por la ECU se ha verificado sin corrección. Si el factor en uno o más puntos de ensayo es inferior a 0,93, la media del factor de corrección se determinará a partir de cada uno de los puntos en los que tuvieron lugar lecturas registradas en el certificado de homologación de tipo. Si un factor se registra en el certificado de homologación de tipo, se aplicará al par difundido por la ECU durante la realización de ensayos de control durante el servicio con arreglo al Reglamento Delegado (UE) 2017/655 sobre vigilancia de las emisiones de los motores en servicio.

▼B

Apéndice 4

Procedimiento aplicable a la medición del amoniaco

1. El presente apéndice describe el procedimiento para la medición del amoniaco (NH_3). En el caso de analizadores no lineales se permitirá el uso de circuitos de linealización.

2. Para la medición del NH_3 se especifican tres principios de medición; puede utilizarse cualquiera de ellos a condición de que cumpla los criterios establecidos en los puntos 2.1, 2.2 o 2.3, respectivamente. No se permitirán los desecadores de gas para la medición del NH_3.

2.1. Analizador de infrarrojo por transformadas de Fourier (en lo sucesivo, «FTIR»)

2.1.1. Principio de medición

El FTIR emplea el principio de espectroscopia infrarroja de banda ancha. Permite la medición simultánea de los componentes de los gases de escape cuyos espectros normalizados están disponibles en el instrumento. El espectro de absorción (intensidad / longitud de onda) se calcula a partir del interferograma medido (intensidad/tiempo) mediante el método de transformadas de Fourier.

2.1.2. Instalación y muestreo

El FTIR se instalará de acuerdo con las instrucciones del fabricante del instrumento. Se seleccionará la longitud de onda del NH_3 para la evaluación. La trayectoria de muestra (línea de muestreo, prefiltros y válvulas) será de acero inoxidable o de PTFE y se calentará a puntos de funcionamiento entre 383 K (110 °C) y 464 K (191 °C) para minimizar las pérdidas de NH_3 y los instrumentos de muestreo. Además, la línea de muestreo debe ser lo más corta posible.

2.1.3. Interferencia cruzada

La resolución espectral de la longitud de onda del NH_3 no rebasará 0,5 cm^{-1} para minimizar la interferencia cruzada de otros gases presentes en el gas de escape.

2.2. Analizador no dispersivo por absorción en los ultravioletas (NDUV, en sus siglas en inglés)

2.2.1. Principio de medición

El NDUV se basa en un principio puramente físico; no son necesarios ni gases ni equipos auxiliares. El principal elemento del fotómetro es una lámpara de descarga sin electrodos. Produce una radiación sólidamente estructurada en el intervalo ultravioleta, que permite la medición de varios componentes, como el NH_3.

El sistema fotométrico presenta un doble haz en modo tiempo creado para producir una medición y un haz de referencia mediante una técnica de correlación de filtros.

A fin de conseguir una estabilidad elevada de la señal de medición, el doble haz en modo tiempo se combina con un doble haz en modo espacio. El tratamiento de las señales del detector fomenta un índice de deriva de puntos cero prácticamente insignificante.

En el modo de calibrado del analizador, se inclina una cubeta de cuarzo sellada hacia la trayectoria del haz para obtener un valor de calibración exacto, ya que cualquier pérdida de reflexión y absorción de las aperturas de células queda compensada. Dado que el relleno de gas de la cubeta es muy estable, este método de calibrado se traduce en una considerable estabilidad a largo plazo del fotómetro.

▼B

2.2.2. Instalación

El analizador se instalará en un armario utilizando un muestreo extractivo de conformidad con las instrucciones de los fabricantes del instrumento. El analizador deberá ubicarse en un lugar capaz de soportar el peso especificado por el fabricante.

La trayectoria de muestra (línea de muestreo, prefiltros y válvulas) será de acero inoxidable o de PTFE y se calentará a puntos de funcionamiento entre 383 K (110 °C) y 464 K (191 °C).

Además, la línea de muestreo debe ser lo más corta posible. Se minimizará la influencia de la temperatura y la presión del gas de escape, el entorno de instalación y las vibraciones en la medición.

El analizador de gases estará protegido de las variaciones de temperatura, calor y frío, así como de las corrientes de aire fuertes, la concentración de polvo, una atmósfera corrosiva y las vibraciones. Deberá preverse una ventilación adecuada para evitar la acumulación de calor. La totalidad de la superficie se utilizará para disipar las pérdidas de calor.

2.2.3. Sensibilidad transversal

Se elegirá una gama espectral adecuada a fin de minimizar las interferencias transversales de los gases de acompañamiento. El SO_2, el NO_2 y el NO son componentes típicos que causan sensibilidades transversales en la medición del NH_3.

También pueden aplicarse otros métodos para reducir la sensibilidad transversal:

a) uso de filtros de interferencia;

b) compensación de la sensibilidad transversal mediante la medición de los componentes de la sensibilidad transversal y el uso de la señal de medición para la compensación.

2.3. Analizador de láser infrarrojo

2.3.1. Principio de medición

Un láser infrarrojo, como el láser de diodo ajustable (TDL, en sus siglas en inglés) o el láser de cascada cuántica (QCL en sus siglas en inglés) pueden emitir una luz coherente en la zona infrarroja de onda corta o de onda media respectivamente, donde los compuestos nitrogenados con NH_3 incluido presentan una absorción fuerte. Esta tecnología láser puede proporcionar un espectro infrarrojo cercano o infrarrojo medio de modo pulsado de alta resolución y onda corta. Por consiguiente, los analizadores de láser infrarrojo pueden reducir las interferencias provocadas por la superposición de los espectros de los componentes en los gases de escape del motor.

2.3.2. Instalación

Se instalará el analizador bien directamente en el tubo de escape (*in situ*) o bien en un armario de analizador utilizando un muestreo extractivo de conformidad con las instrucciones de los fabricantes del instrumento. Si se instala en un armario de analizador, la trayectoria de muestra (línea de muestreo, prefiltros y válvulas) será de acero inoxidable o de PTFE y se calentará a puntos de funcionamiento entre 383 K (110 °C) y 464 K (191 °C) para minimizar las pérdidas de NH_3 y los instrumentos de muestreo. Además, la línea de muestreo debe ser lo más corta posible.

Se minimizará la influencia de la temperatura y la presión de los gases de escape, el entorno de instalación y las vibraciones en la medición o, de lo contrario, se utilizarán técnicas de compensación.

▼B

Si procede, el aire del recubrimiento utilizado en conjunción con la medición *in situ* para proteger el instrumento no deberá afectar a la concentración de ningún componente del gas de escape medida después del dispositivo o, de lo contrario, el muestreo de otros componentes del gas de escape deberá hacerse antes del dispositivo.

2.3.3. Verificación de la interferencia de los analizadores de infrarrojo por láser de NH_3 (interferencia transversal)

2.3.3.1. Ámbito y frecuencia

Si se mide el NH_3 con un analizador de infrarrojos láser, la cantidad de interferencia se verificará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

2.3.3.2. Principios de medición para la verificación de la interferencia

Los gases de interferencia pueden interferir positivamente con determinados analizadores de infrarrojos láser, causando una respuesta similar al NH_3. Si el analizador emplea algoritmos de compensación que utilizan mediciones de otros gases para realizar esta verificación de la interferencia, estas otras mediciones se efectuarán simultáneamente para verificar los algoritmos de compensación durante la verificación de la interferencia del analizador.

Se aplicarán las buenas prácticas técnicas para determinar los gases de interferencia del analizador de infrarrojos láser. Nótese que las sustancias de interferencia, con excepción de H_2O, dependen de la banda de absorción de infrarrojos NH_3 elegida por el fabricante del instrumento. Se determinará la banda de absorción de infrarrojos NH_3 para cada analizador. Se aplicarán las buenas prácticas técnicas en relación con cada banda de absorción de infrarrojos NH_3 para determinar los gases de interferencia que deben utilizarse en la verificación.

3. Procedimiento del ensayo de emisiones

3.1. Comprobación de los analizadores

Antes del ensayo de emisiones, se seleccionará el rango del analizador. Se autorizarán los analizadores de emisiones con una función de selección automática o manual del rango de medición. Durante el ciclo de ensayo no se cambiará el rango de los analizadores.

Se determinarán la respuesta al cero y la respuesta al punto final en caso de que lo dispuesto en el punto 3.4.2 no sea aplicable al instrumento. Para la respuesta patrón se utilizará un gas NH_3 que cumpla las especificaciones del punto 4.2.7. Está permitido el uso de celdas de referencia que contengan gas patrón NH_3.

3.2. Recogida de los datos pertinentes sobre emisiones

Al inicio de la secuencia de ensayo, se iniciará simultáneamente la recogida de los datos de NH_3. La concentración de NH_3 se medirá de forma continua y se almacenará, con al menos 1 Hz, en un sistema informático.

3.3. Operaciones después del ensayo

Cuando se haya concluido el ensayo, el muestreo proseguirá hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema. Solo se exigirá la determinación de la desviación del analizador de conformidad con el punto 3.4.1. si la información contemplada en el punto 3.4.2 no está disponible.

3.4. Desviación del analizador

3.4.1. Las respuestas de puesta a cero y al punto final del analizador se determinarán lo antes posible, a más tardar a los treinta minutos de haber finalizado el ciclo de ensayo o durante el periodo de estabilización térmica. La diferencia entre los resultados antes y después del ensayo deberá ser inferior al 2 % del fondo de escala.

▼B

3.4.2. No se requiere la determinación de la desviación del analizador en las situaciones siguientes:

a) si la desviación del punto cero y el punto final especificada por el fabricante del instrumento en los puntos 4.2.3 y 4.2.4 cumple los requisitos del punto 3.4.1;

b) si el intervalo de tiempo de la desviación del punto cero y el punto final especificado por el fabricante del instrumento en los puntos 4.2.3 y 4.2.4 supera la duración del ensayo.

4. Verificación y especificaciones del analizador

4.1. Requisitos de linealidad

El analizador cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en el cuadro 6.5 del presente anexo. La verificación de la linealidad con arreglo al punto 8.1.4 del presente anexo se llevará a cabo al menos con la frecuencia mínima que figura en el cuadro 6.4 del presente anexo. Con la autorización previa de la autoridad de homologación, se permitirán menos de diez puntos de referencia, siempre que se pueda demostrar una precisión equivalente.

Para verificación de la linealidad se utilizará un gas NH_3 que cumpla las especificaciones del punto 4.2.7. Está permitido el uso de celdas de referencia que contengan gas patrón NH_3.

Los instrumentos cuyas señales se utilicen para algoritmos de compensación cumplirán los requisitos de linealidad establecidos en el cuadro 6.5 del presente anexo. La verificación de la linealidad se efectuará como indiquen los procedimientos de control internos, el fabricante del instrumento o los requisitos ISO 9000.

4.2. Especificaciones de los analizadores

El analizador deberá tener un rango de medición y un tiempo de respuesta acordes con la exactitud necesaria para medir la concentración de NH_3 en condiciones de estado transitorio y continuo.

4.2.1. Límite mínimo de detección

El analizador deberá tener un límite mínimo de detección < 2 ppm en todas la condiciones de ensayo.

4.2.2. Exactitud

La exactitud, definida como la desviación de la lectura del analizador respecto al valor de referencia, no superará el límite de ± 3 % de la lectura o de ± 2 ppm (el valor que sea mayor).

4.2.3. Desviación del cero

La desviación de la respuesta al cero y el intervalo de tiempo asociado serán especificados por el fabricante del instrumento.

4.2.4. Desviación del punto final

La desviación de la respuesta al punto final y el intervalo de tiempo asociado serán especificados por el fabricante del instrumento.

4.2.5. Tiempo de respuesta del sistema

El tiempo de respuesta del sistema será ≤ 20 s.

4.2.6. Tiempo de subida

El tiempo de subida del analizador será ≤ 5 s.

4.2.7. Gas de calibración de NH_3

Se dispondrá de una mezcla de gases que posean la siguiente composición química:

NH_3 y nitrógeno purificado

▼B

La concentración real del gas de calibración se situará en ± 3 % del valor nominal. La concentración de NH_3 se indicará en función del volumen (porcentaje en volumen o ppm en volumen).

▼M2

Deberá registrarse la fecha de caducidad de los gases de calibración.

▼B

4.2.8. Procedimiento de verificación de la interferencia

La verificación de la interferencia se realizará como figura a continuación.

a) El analizador de NH_3 se pondrá en marcha, se hará funcionar, se pondrá a cero y se ajustará igual que antes de un ensayo de emisiones.

b) Se creará un gas de interferencia humidificado haciendo borbotear gas patrón de varios componentes en H_2O destilada en un recipiente precintado. Si no se pasa la muestra por un secador, se controlará la temperatura del recipiente para generar un nivel de H_2O que, como mínimo, sea tan elevado como el máximo esperado durante los ensayos de emisiones. Se utilizarán concentraciones de gas patrón de interferencia que, como mínimo, sean tan elevadas como la máxima esperada durante los ensayos.

c) El gas de interferencia humidificado se introducirá en el sistema de muestreo.

d) La fracción molar de agua, x_{H2O}, del gas de interferencia humidificado se medirá tan cerca como sea posible de la entrada del analizador. Por ejemplo, para calcular x_{H2O} se medirán el punto de rocío, T_{dew}, y la presión absoluta, p_{total}.

e) Para evitar la condensación en los conductos de transferencia, accesorios o válvulas desde el punto donde se mide x_{H2O} hasta el analizador, se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

f) Se dejará pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice.

g) Mientras el analizador esté midiendo la concentración de la muestra, se registrarán 30 s de sus resultados. Se calculará la media aritmética de estos datos.

h) El analizador superará la verificación de la interferencia si el resultado de la letra g) de este punto es conforme a la tolerancia indicada en esta sección.

i) Los procedimientos de verificación de los gases de interferencia individuales también podrán ejecutarse por separado. Si los niveles de los gases de interferencia utilizados son superiores a los niveles máximos esperados durante los ensayos, cada valor de interferencia observado se reducirá multiplicando la interferencia observada por la relación entre el valor máximo de concentración esperado y el valor efectivo utilizado durante este procedimiento. Se pueden utilizar concentraciones de interferencia de H_2O (reduciendo hasta un contenido de 0,025 mol/mol H_2O) separadas, inferiores a los niveles máximos esperados durante los ensayos, pero la interferencia de H_2O observada se ampliará multiplicando la interferencia observada por la relación entre el valor de la concentración máxima esperada de H_2O y el valor efectivo utilizado en este procedimiento. La suma de los dos valores de la interferencia modificados respetará la tolerancia para la interferencia combinada especificada en la letra j) del presente punto.

▼M2

j) La interferencia combinada del analizador estará en un intervalo de ± 2 % del valor medio aplicable de amoniaco (NH_3) indicado en el punto 3.4 del anexo IV.

▼B

5. Sistemas alternativos

La autoridad de homologación de tipo podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes con arreglo al punto 5.1.1 del presente anexo. En este caso, los «resultados» en dicho punto harán referencia a la concentración media de NH_3 calculada para el ciclo aplicable.

▼B

Apéndice 5

Descripción de las respuestas del sistema

1. En el presente apéndice se describen los plazos empleados para expresar la respuesta de los sistemas analíticos y otros sistemas de medición mediante una señal de entrada.

2. Se aplicarán los siguientes plazos, como se indica en la figura 6-11:

2.1. El tiempo transcurrido es la diferencia en tiempo entre el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, definido como la sonda de muestreo, y una respuesta del sistema del 10 % de la lectura final (t_{10}).

2.2. El tiempo de respuesta es la diferencia en tiempo entre el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, definido como la sonda de muestreo, y una respuesta del sistema del 90 % de la lectura final (t_{90}).

2.3. El tiempo de subida es la diferencia en el tiempo entre el 10 % y el 90 % de la respuesta de la lectura final ($t_{90} - t_{10}$).

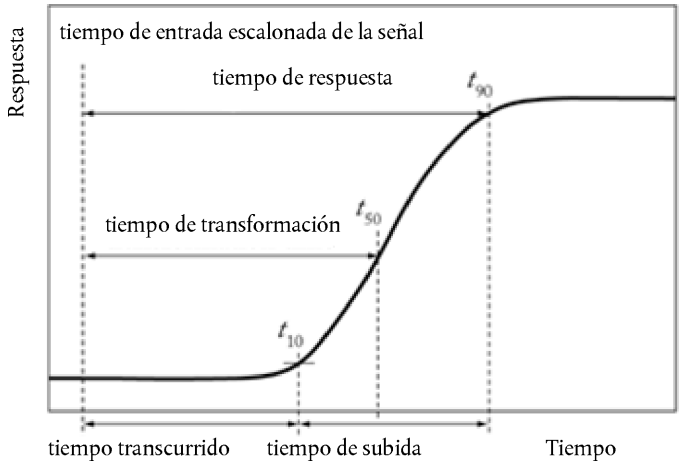
2.4. El tiempo de transformación es la diferencia en tiempo entre el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, definido como la sonda de muestreo, y una respuesta del sistema del 50 % de la lectura final (t_{50}).

▼M2

2.5. El tiempo de entrada escalonada de la señal es el momento en el que se produce un cambio en el parámetro que se está midiendo.

Figura 6-11

Descripción de las respuestas del sistema



▼B

ANEXO VII

Método para la evaluación y el cálculo de los datos

1. **Requisitos generales**

El cálculo de las emisiones se llevará a cabo con arreglo a la sección 2 (cálculos basados en la masa) o bien conforme a la sección 3 (cálculos con base molar). No se permitirá mezclar ambos métodos. No se exigirá realizar los cálculos con arreglo tanto a la sección 2 como a la sección 3.

Los requisitos específicos para la medición del número de partículas (PN), cuando proceda, se establecerán en el apéndice 5.

1.1. Símbolos generales

Sección 2	Sección 3	Unidad	Cantidad
	A	m^2	Área
	A_t	m^2	Sección del cuello del venturi
b, D_0	a_0	p. d. ([3])	ordenada en el origen de la línea de regresión
A/F_{st}		-	Relación estequiométrica aire/combustible
	C	-	Coeficiente
C_d	C_d	-	Coeficiente de descarga
	C_f	-	Coeficiente de caudal
c	x	ppm, % vol	Concentración/fracción molar (µmol/mol = ppm)
c_d	([1])	ppm, % vol	Concentración en base seca
c_w	([26])	ppm, % vol	Concentración en base húmeda
c_b	([1])	ppm, % vol	Concentración de fondo
D	x_{dil}	-	Factor de dilución ([2])
D_0		m^3/rev	Ordenada en el origen de la función de calibración de la PDP
d	d	m	Diámetro
d_V		m	Diámetro del cuello del venturi
e	e	g/kWh	Base específica del freno
e_{gas}	e_{gas}	g/kWh	Emisión específica de componentes gaseosos
e_{PM}	e_{PM}	g/kWh	Emisión específica de partículas
E	1 — PF	%	Eficiencia de la conversión (PF = factor de penetración)
F_s		-	Factor estequiométrico
	f	Hz	Frecuencia
f_c		-	Factor carbono
	γ	-	Relación entre calores específicos
H		g/kg	Humedad absoluta
	K	-	Factor de corrección

▼B

Sección 2	Sección 3	Unidad	Cantidad
K_V		$[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$	Función de calibración del CFV
k_f		m^3/kg combustible	Factor específico del combustible
k_h		-	Factor de corrección de humedad para NO_x, motores diésel
k_{Dr}	k_{Dr}	-	Factor de ajuste a la baja
k_r	k_r	-	Factor de regeneración multiplicativa
k_{Ur}	k_{Ur}	-	Factor de ajuste al alza
$k_{w,a}$		-	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de admisión
$k_{w,d}$		-	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de dilución
$k_{w,e}$		-	Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape diluido
$k_{w,r}$		-	Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape sin diluir
μ	μ	kg/(m·s)	Viscosidad dinámica
M	M	g/mol	Masa molar ([2])
M_a	([2])	g/mol	Masa molar del aire de admisión
M_e	[v]	g/mol	Masa molar del gas de escape
M_{gas}	M_{gas}	g/mol	Masa molar de los componentes gaseosos
m	m	kg	Masa
m	a_1	p. d.[3]	Pendiente de la línea de regresión
	ν	m^2/s	Viscosidad cinemática
m_d	[v]	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas
m_{ed}	([26])	kg	Masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo
m_{edf}	([3])	kg	Masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo de ensayo
m_{ew}	([1])	kg	Masa total del gas de escape a lo largo del ciclo
m_f	([1])	mg	Masa de la muestra de partículas recogida
$m_{f,d}$	([1])	mg	Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida
m_{gas}	m_{gas}	g	Masa de las emisiones gaseosas durante el ciclo de ensayo
m_{PM}	m_{PM}	g	Masa de las emisiones de partículas durante el ciclo de ensayo
m_{se}	([1])	kg	Masa de la muestra del gas de escape a lo largo del ciclo de ensayo
m_{sed}	([1])	kg	Masa del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución

▼B

Sección 2	Sección 3	Unidad	Cantidad
m_{sep}	(1)	kg	Masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas
m_{ssd}		kg	Masa del aire de dilución secundaria
	N	-	Total en una serie
	n	mol	Cantidad de sustancia
	$\dot{n}$	mol/s	Índice de cantidad de sustancia
n	f_n	min^{-1}	Régimen del motor
n_p		r/s	Régimen de la PDP
P	P	kW	Potencia
p	p	kPa	Presión
p_a		kPa	Presión atmosférica seca
p_b		kPa	Presión atmosférica total
p_d		kPa	Presión de saturación de vapor del aire de dilución
p_p	p_{abs}	kPa	Presión absoluta
p_r	p_{H2O}	kPa	Presión de vapor del agua
p_s		kPa	Presión atmosférica seca
1 — E	PF	%	Fracción de penetración
qm	$\dot{m}$	kg/s	Caudal másico
qmad	$\dot{m}$ (1)	kg/s	Caudal másico del aire de admisión en base seca
qmaw	(1)	kg/s	Caudal másico de aire de admisión en base húmeda
qmCe	(1)	kg/s	Caudal másico del carbono en el gas de escape sin diluir
qmCf	(1)	kg/s	Caudal másico del carbono que entra en el motor
qmCp	(1)	kg/s	Caudal másico del carbono en el sistema de dilución de flujo parcial
qmdew	(1)	kg/s	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda
qmdw	(1)	kg/s	Caudal másico del aire de dilución en base húmeda
qmedf	(1)	kg/s	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda
qmew	(1)	kg/s	Caudal másico del gas de escape en base húmeda
qmex	(1)	kg/s	Caudal másico de la muestra extraída del túnel de dilución
qmf	(1)	kg/s	Caudal másico de combustible
qmp	(1)	kg/s	Caudal de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Caudal volumétrico
q_{VCVS}	(1)	m^3/s	Caudal volumétrico del CVS

▼B

Sección 2	Sección 3	Unidad	Cantidad
q_{Vs}	([1])	dm^3/min	Caudal del sistema analizador del gas de escape
q_{Vt}	([1])	cm^3/min	Caudal de gas trazador
r	r	kg/m^3	Densidad másica
r_e		kg/m^3	Densidad del gas de escape
	r	-	Relación de presiones
r_d	DR	-	Relación de dilución[2]
	Ra	µm	Rugosidad media de la superficie
RH		%	Humedad relativa
r_D	β	m/m	Relación entre diámetros (sistemas CVS)
r_p		-	Relación de presión del SSV
Re	$Re^{\#}$	-	Número de Reynolds
	S	K	Constante de Sutherland
s	s	-	Desviación estándar
T	T	°C	Temperatura
	T	Nm	Par motor
T_a		K	Temperatura absoluta
t	t	s	Tiempo
D*t*	D*t*	s	Intervalo de tiempo
u		-	Relación entre las densidades del componente del gas y el gas de escape
V	V	m^3	Volumen
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Caudal volumétrico
V_0		m^3/r	Volumen de gas bombeado por la PDP por revolución
W	W	kWh	Trabajo
W_{act}	W_{act}	kWh	Trabajo efectivo del ciclo de ensayo
WF	WF	-	Factor de ponderación
w	w	g/g	Fracción másica
	$\overline{x}$	mol/mol	Concentración media ponderada según el caudal
X_0	K_s	s/rev	Función de calibración de la PDP
	y	-	Variable genérica
$\bar{y}$	$\bar{y}$		Media aritmética
	Z	-	Factor de compresibilidad

([1]) Véanse los subíndices; p. ej.: $\dot{m}_{air}$ para el caudal másico del aire seco $\dot{m}_{fuel}$, para el caudal másico de combustible, etc.
([2]) Relación de dilución r_d de la sección 2 y *DR* de la sección 3: diferentes símbolos pero el mismo significado y las mismas ecuaciones. Factor de dilución *D* de la sección 2 y x_{dil} de la sección 3: diferentes símbolos pero el mismo significado físico; la ecuación (7-124) muestra la relación existente entre x_{dil} y *DR*.
([3]) p. d.= por definir

▼B

1.2. Subíndices

Sección 2 ([1])	Sección 3	Cantidad
act	act	Cantidad real
i		Medición instantánea (p. ej. 1 Hz)
	i	Un individuo de una serie

([1]) En la sección 2, el significado del subíndice viene dado por la cantidad asociada; por ejemplo, el subíndice «d» puede indicar una base seca, como en «c_d = concentración en base seca», el aire de dilución, como en «p_d = presión del vapor de saturación del aire de dilución» o «$k_{w,d}$ = factor de corrección seco a húmedo para el aire de dilución», relación de dilución, como en «r_d».

1.3. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos (utilizados también como subíndices)

Sección 2	Sección 3	Cantidad
Ar	Ar	Argón
C1	C1	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
CH_4	CH_4	Metano
C_2H_6	C_2H_6	Etano
C_3H_8	C_3H_8	Propano
CO	CO	Monóxido de carbono
CO_2	CO_2	Dióxido de carbono
	H	Hidrógeno atómico
	H_2	Hidrógeno molecular
HC	HC	Hidrocarburo
H_2O	H_2O	Agua
	He	Helio
	N	Nitrógeno atómico
	N_2	Nitrógeno molecular
NO_x	NO_x	Óxidos de nitrógeno
NO	NO	Óxido nítrico
NO_2	NO_2	Dióxido de nitrógeno
	O	Oxígeno atómico
PM	PM	Partículas
S	S	Azufre

▼B

1.4. Símbolos y abreviaturas de la composición del combustible

Sección 2 (1)	Sección 3 (2)	Cantidad
w_C (4)	w_C (4)	Contenido en carbono del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]
w_H	w_H	Contenido en hidrógeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]
w_N	w_N	Contenido en nitrógeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]
w_O	w_O	Contenido en oxígeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]
w_S	w_S	Contenido en azufre del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]
α	α	Relación atómica hidrógeno-carbono (H/C)
ε	β	Relación atómica oxígeno-carbono (O/C) (3)
γ	γ	Relación atómica azufre-carbono (S/C)
δ	δ	Relación atómica nitrógeno-carbono (N/C)

(1) Relativo a un combustible de ecuación química $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$.
(2) Relativo a un combustible de ecuación química $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$.
(3) Prestar atención a la diferencia de significado del símbolo β en las dos secciones sobre el cálculo de emisiones: en la sección 2 se refiere a un combustible con la ecuación química $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (es decir, la ecuación $C_\beta H_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$, donde $\beta = 1$, suponiendo un átomo de carbono por molécula), mientras que en la sección 3 se refiere a la relación oxígeno-carbono con $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$. Por lo tanto, la β de la sección 3 corresponde al ε de la sección 2.
(4) La fracción másica w acompañada del símbolo del componente químico como subíndice.

2. **Cálculos de emisiones con base másica**

▼M2

2.1. Medición de las emisiones gaseosas en el gas de escape sin diluir

▼B

2.1.1. Ensayos relativos al NRSC de modo discreto

El índice de emisiones de una emisión gaseosa $q_{mgas,i}$ [g/h] para cada modo i del ensayo en estado continuo se calculará multiplicando la concentración de la emisión gaseosa con su caudal correspondiente como se indica a continuación

▼M2

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3\,600 \qquad (7\text{-}1)$$

▼B

donde:

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ en [ppm], y k = 10 000 para $c_{gasr,w,i}$ en [% volumen]

k_h = factor de corrección NO_x [-], para calcular la emisión de NO_x (véase el punto 2.1.4)

u_{gas} = factor específico del componente o relación entre la densidad del componente gaseoso y la del gas de escape [-]

$q_{mew,i}$ = caudal másico del gas de escape en el modo i en base húmeda [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentración de la emisión en el gas de escape sin diluir en modo i, en base húmeda [ppm o % volumen]

▼B

2.1.2. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y ensayos RMC

La masa total por ensayo de una emisión gaseosa, m_{gas} [g/ensayo], se calculará multiplicando las concentraciones instantáneas alineadas en términos temporales y los flujos de gas de escape con integración a lo largo del ciclo de ensayo, de acuerdo con la ecuación (7-2):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad (7\text{-}2)$$

donde:

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

k_h = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x

k = para $c_{gasr,w,i}$ en [ppm], y k = 10 000 para $c_{gasr,w,i}$ en [% volumen]

u_{gas} = factor específico del componente [-] (véase el punto 2.1.5.)

N = número de mediciones [-]

$q_{mew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape en base húmeda [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentración de la emisión instantánea en el gas de escape sin diluir, en base húmeda [ppm o % volumen]

2.1.3. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Si las emisiones se miden en base seca, la concentración medida en base seca c_d se convertirá a concentración en base húmeda c_w mediante la ecuación indicada a continuación (7-3):

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (7\text{-}3)$$

donde:

k_w = factor de conversión seco a húmedo [-]

c_d = concentración de la emisión en base seca [ppm] o [% volumen]

En el caso de la combustión completa, el factor de conversión seco a húmedo del gas de escape sin diluir se conoce como $k_{w,a}$ [-] y se calcula mediante la ecuación siguiente (7-4):

▼M2

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1{,}2442 \cdot H_a + 111{,}19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773{,}4 + 1{,}2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot k_f \cdot 1\,000}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \quad (7\text{-}4)$$

▼B

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

$q_{mf,i}$ = caudal instantáneo de combustible [kg/s]

$q_{mad,i}$ = caudal instantáneo del aire de admisión seco [kg/s]

p_r = presión del agua después del refrigerante [kPa]

p_b = presión barométrica total [kPa]

w_H = contenido en hidrógeno del combustible [% masa]

k_f = volumen adicional de combustión [m^3/kg combustible]

▼B

con:

$$k_{\,f} = 0{,}055594 \cdot w_H + 0{,}0080021 \cdot w_N + 0{,}0070046 \cdot w_o \qquad (7\text{-}5)$$

donde:

w_H = contenido en hidrógeno del combustible [% masa]

w_N = contenido en nitrógeno del combustible [% masa]

w_O = contenido en oxígeno del combustible [% masa]

En la ecuación (7-4), se puede suponer que la relación se define del modo siguiente:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} = 1{,}008 \qquad (7\text{-}6)$$

En el caso de la combustión incompleta (mezclas aire/combustible ricas) y en los ensayos de emisiones sin mediciones directas del caudal de aire, es preferible calcular $k_{w,a}$ mediante un segundo método:

$$k_{\,w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha \cdot 0{,}005 \cdot (c_{CO2} + c_{CO}) - K_{w1}}}{1 - \frac{p_r}{p_b}} \qquad (7\text{-}7)$$

donde:

c_{CO2} = concentración de CO_2 en el gas de escape sin diluir, en base seca [% volumen]

c_{CO} = concentración de CO en el gas de escape sin diluir, en base seca [ppm]

p_r = presión del agua después del refrigerante [kPa]

p_b = presión barométrica total [kPa]

α = relación molar hidrógeno-carbono [-]

k_{w1} = humedad del aire de admisión [-]

$$k_{\,w1} = \frac{1{,}608 \cdot H_a}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_a} \qquad (7\text{-}8)$$

2.1.4. Corrección de los NO_x en función de la humedad y la temperatura

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x se deberá corregir en función de la temperatura y la humedad del aire ambiente utilizando los factores $k_{h,D}$ o $k_{h,G}$ [-] determinados según las ecuaciones (7-9) y (7-10). Estos factores son válidos para un rango de humedad entre 0 y 25 g H_2O/kg aire seco.

a) Para motores de encendido por compresión:

$$k_{\,h,D} = \frac{15{,}698 \times H_a}{1\,000} + 0{,}832 \qquad (7\text{-}9)$$

b) Para motores de encendido por chispa:

$$k_{h,G} = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^{\,2} \qquad (7\text{-}10)$$

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

▼B

2.1.5. Factor u específico del componente

En los puntos 2.1.5.1 y 2.1.5.2 se describen dos procedimientos de cálculo. El procedimiento establecido en el punto 2.1.5.1 es más directo, puesto que utiliza valores u tabulados para la relación entre la densidad del componente y la del gas de escape. El procedimiento descrito en el punto 2.1.5.2 es más preciso para las calidades de combustible que se desvían de las especificaciones del anexo VIII, pero requiere un análisis elemental de la composición del combustible.

2.1.5.1. Valores tabulados

En el cuadro 7.1 figuran los valores de u_{gas} resultantes de las ecuaciones del punto 2.1.5.2, obtenidos aplicando algunas simplificaciones (hipótesis sobre el valor y sobre las condiciones del aire de admisión del cuadro 7.1).

Cuadro 7.1

Valores u del gas de escape sin diluir y densidades del componente (para una concentración de emisiones expresada en ppm)

Combustible	ρ_e	Gas					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		2,053	1,250	([a])	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} ([b])			
Diésel (gasóleo para máquinas móviles no de carretera)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanol para motores específicos de encendido por compresión (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gas natural / biometano ([c])	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 ([d])	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GLP ([e])	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Gasolina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

([a]) en función del combustible
([b]) a λ = 2, aire seco, 273 K, 101,3 kPa
([c]) u con una exactitud de ± 0,2 % para una composición másica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
([d]) NMHC sobre la base de $CH_{2,93}$ (para los HC totales se utilizará el coeficiente u_{gas} de CH_4)
([e]) u con una exactitud de ± 0,2 % para una composición másica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %

2.1.5.2. Valores calculados

El factor específico del componente, $u_{gas,i}$, se puede calcular mediante la relación de densidad entre el componente y el gas de escape, o bien mediante la relación correspondiente entre masas molares [ecuaciones (7-11) o (7-12)]:

$$u_{gas,i} = M_{gas}/(M_{e,i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}11)$$

o bien

▼B

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{\text{e},i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}12)$$

donde:

M_{gas} = masa molar del componente gaseoso [g/mol]

$M_{\text{e},i}$ = masa molar instantánea del gas de escape sin diluir húmedo [g/mol]

ρ_{gas} = densidad del componente gaseoso [kg/m^3]

$\rho_{\text{e,i}}$ = densidad instantánea del gas de escape sin diluir húmedo [kg/m^3]

Mediante la ecuación (7-13) se derivará la masa molar del gas de escape, $M_{\text{e,i}}$, para un combustible de composición general y suponiendo una combustión completa:

▼M2

$$\mathrm{M_{e,i}} = \frac{1 + \frac{\mathrm{q_{mf,i}}}{\mathrm{q_{maw,i}}}}{\frac{\mathrm{q_{mf,i}}}{\mathrm{q_{maw,i}}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{\mathrm{H_a} \cdot 10^{-3}}{2 \times 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{\mathrm{M_a}}}{1 + \mathrm{H_a} \cdot 10^{-3}}} \qquad (7\text{-}13)$$

▼B

Donde:

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible en base húmeda [kg/s]

$q_{maw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de admisión en base húmeda [kg/s]

α = relación molar hidrógeno-carbono [-]

δ = relación molar nitrógeno-carbono [-]

ε = relación molar oxígeno-carbono [-]

γ = relación atómica azufre-carbono [-]

H_{a} = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

M_{a} = masa molecular del aire de admisión seco = 28.965 g/mol

La densidad instantánea del gas de escape sin diluir $r_{e,i}$ [kg/m^3] se calculará mediante la ecuación (7-14):

$$\rho_{\text{e},i} = \frac{1\,000 + H_{\text{a}} + 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_{\text{a}} + k_{\text{f}} \cdot 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \qquad (7\text{-}13)$$

donde:

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]

$q_{mad,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de admisión seco [kg/s]

H_{a} = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

k_{f} = volumen adicional de combustión [m^3/kg combustible] [véase la ecuación (7-5)]

2.1.6. Caudal másico del gas de escape

▼B

2.1.6.1. Método de medición del aire y del combustible

El método implica la medición del caudal de aire y del caudal de combustible con caudalímetros adecuados. El caudal másico instantáneo del gas de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] se calculará mediante la ecuación (7-15):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (7\text{-}14)$$

donde:

$q_{maw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de admisión [kg/s]

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]

2.1.6.2. Método de medición con gas trazador

Este método consiste en medir la concentración de un gas trazador en el gas de escape. El caudal másico instantáneo del gas de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] se calculará mediante la ecuación (7-16):

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_b)} \quad (7\text{-}15)$$

donde:

q_{Vt} = caudal de gas trazador [m^3/s]

$c_{mix,i}$ = concentración instantánea del gas trazador después de la mezcla [ppm]

r_e = densidad del gas de escape sin diluir [kg/m^3]

c_b = concentración de fondo del gas trazador en el aire de admisión [ppm]

La concentración de fondo del gas trazador, c_b, podrá determinarse promediando la concentración de fondo medida inmediatamente antes y después del ensayo. La concentración de fondo podrá ignorarse si es inferior al 1 % de la concentración del gas trazador después de la mezcla $c_{mix,i}$ a un caudal de escape máximo.

2.1.6.3. Método de medición del caudal de aire y de la relación aire-combustible

Consiste en el cálculo de la masa del gas de escape a partir del caudal de aire y de la relación aire-combustible. El caudal másico instantáneo del gas de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] se calculará mediante la ecuación (7-17):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i}\right) \quad (7\text{-}16)$$

con:

$$A/F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \quad (7\text{-}18)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4{,}764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \quad (7\text{-}19)$$

donde:

$q_{maw,i}$ = caudal másico del aire de admisión húmedo [kg/s]

A/F_{st} = relación estequiométrica aire/combustible [-]

▼B

λ_i = coeficiente de exceso de aire instantáneo [-]

c_{COd} = concentración de CO en el gas de escape sin diluir en base seca [ppm]

c_{CO2d} = concentración de CO_2 en el gas de escape sin diluir en base seca [%]

c_{HCw} = concentración de HC en el gas de escape sin diluir en base húmeda [ppm C1]

α = relación molar hidrógeno-carbono [-]

δ = relación molar nitrógeno-carbono [-]

ε = relación molar oxígeno-carbono [-]

γ = relación atómica azufre-carbono [-]

2.1.6.4. Método del balance de carbono, procedimiento en una fase

El siguiente procedimiento de una fase, establecido en la ecuación (7-20), puede utilizarse para calcular el caudal másico de gas de escape húmedo, $q_{mew,i}$ [kg/s]:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[\frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c} \left(1 + \frac{H_a}{1\,000} \right) + 1 \right] \quad (7\text{-}20)$$

donde el factor carbono, f_c [-], viene dado por:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot (c_{CO2d} - c_{CO2d,a}) + \frac{c_{COd}}{18\,522} + \frac{c_{HCw}}{17\,355} \quad (7\text{-}20)$$

Donde:

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]

▼M2

w_C = contenido en carbono del combustible [% masa] [véase la ecuación (7-82) del punto 3.3.3.1 o el cuadro 7.3]

▼B

H_a = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

k_{fd} = volumen adicional de combustión en base seca [m^3/kg combustible]

c_{CO2d} = concentración en base seca de CO_2 en el gas de escape sin diluir [%]

$c_{CO2d,a}$ = concentración en base seca de CO_2 en el aire ambiente [%]

c_{COd} = concentración en base seca de CO en el gas de escape sin diluir [ppm]

c_{HCw} = concentración en base húmeda de HC en el gas de escape sin diluir [ppm]

y el factor k_{fd} [m^3/kg combustible], que se calcula mediante la ecuación (7-22) en base seca restando de k_f el agua formada por la combustión:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \quad (7\text{-}22)$$

donde:

k_f = factor específico del combustible de la ecuación (7-5) [m^3/kg combustible]

w_H = contenido en hidrógeno del combustible [% masa]

▼B

2.2. Emisiones de gases diluidos

2.2.1. Masa de las emisiones gaseosas

El caudal másico del gas de escape se medirá con un sistema de muestreo de volumen constante (CVS), para el que puede utilizarse una bomba de desplazamiento positivo (PDP), un venturi de caudal crítico (CFV) o un venturi subsónico (SSV).

Para sistemas con caudal másico constante (es decir, con intercambiador de calor), la masa de los contaminantes m_{gas} [g/ensayo] se determinará mediante la ecuación (7-23):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad (7\text{-}23)$$

donde:

u_{gas} es la relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire, según el cuadro 7.2 o bien calculada con la ecuación (7-34) [-]

c_{gas} es la concentración de fondo media corregida del componente en base húmeda [ppm] o [% volumen] respectivamente

k_h = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ en [ppm], k = 10 000 para $c_{gasr,w,i}$ en [% volumen]

m_{ed} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo [kg/ensayo]

En los sistemas con compensación de caudal (sin intercambiador de calor), la masa de los contaminantes m_{gas} [g/ensayo] se determinará mediante el cálculo de las emisiones másicas instantáneas, la integración y la corrección de fondo, de acuerdo con la ecuación (7-24):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left(\sum_{i=1}^{N} [(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas})] - \left[(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \cdot u_{gas}) \right] \right) \quad (7\text{-}23)$$

Donde:

c_e = concentración de las emisiones en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm] o [% volumen]

c_d = concentración de la emisión en el aire de dilución, en base húmeda [ppm] o [% volumen]

$m_{ed,i}$ = masa del gas de escape diluido durante el intervalo de tiempo i [kg]

m_{ed} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo [kg]

u_{gas} = valor tabulado del cuadro 7.2 [-]

D = factor de dilución [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

k_h = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x

k = 1 para c en [ppm], k = 10 000 para c en [% vol]

Las concentraciones c_{gas}, c_e y c_d pueden ser valores medidos en una muestra por lotes (es decir, en una bolsa, excepto en el caso de NO_x y HC) o bien promediados por integración de mediciones continuas. También $m_{ed,i}$ se ha de promediar por integración a lo largo del ciclo de ensayo.

Para calcular las cantidades necesarias (c_e, u_{gas} y m_{ed}) se utilizarán las ecuaciones siguientes.

▼B

2.2.2. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Todas las concentraciones establecidas en el punto 2.2.1 medidas en base seca se convertirán a base húmeda mediante la ecuación (7-3).

2.2.2.1. Gas de escape diluido

Las concentraciones en base seca se convertirán a concentraciones en base húmeda mediante una de las dos ecuaciones siguientes [(7-25) o (7-26)]:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200}\right) - k_{w2}\right] \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}24)$$

o bien

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}}\right) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}25)$$

donde:

α = relación molar hidrógeno-carbono del combustible [-]

c_{CO2w} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base húmeda [% volumen]

c_{CO2d} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base seca [% volumen]

El factor de corrección de seco a húmedo, $k_{w2,}$ tiene en cuenta el contenido en agua tanto del aire de admisión como del aire de dilución, y se calculará mediante la ecuación (7-27):

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]}{1\,000 + \left\{1{,}608 \cdot \left[H_d\left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]\right\}} \quad (7\text{-}26)$$

Donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

H_d = humedad del aire de dilución [g H_2O/kg aire seco]

D = factor de dilución [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

2.2.2.2. Factor de dilución

El factor de dilución D [-], que es necesario para la corrección de fondo y para el cálculo de k_{w2}, se calculará utilizando la ecuación (7-28):

$$D = \frac{F_s}{c_{CO2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}} \quad (7\text{-}27)$$

donde:

F_S = factor estequiométrico [-]

$c_{CO2,e}$ = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base húmeda [% volumen]

$c_{HC,e}$ = concentración de HC en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm C1]

$c_{CO,e}$ = concentración de CO en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm]

▼B

El factor estequiométrico se calculará mediante la ecuación (7-29):

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (7\text{-}28)$$

Donde:

α = relación molar hidrógeno-carbono en el combustible [-]

Como alternativa, si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

F_S (diésel) = 13,4

F_S (GLP) = 11,6

F_S (GN) = 9,5

F_S (E10) = 13,3

F_S (E85) = 11,5

Si se efectúa una medición directa del caudal de gas de escape, el factor de dilución D [-] se podrá calcular mediante la ecuación (7-30):

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \quad (7\text{-}29)$$

Donde:

q_{VCVS} es el caudal volumétrico del gas de escape sin diluir [m^3/s]

q_{Vew} caudal volumétrico del gas de escape sin diluir [m^3/s]

2.2.2.3. Aire de dilución

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}31)$$

con:

$$k_{w3} = \frac{1{,}608 \cdot H_d}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_d} \quad (7\text{-}31)$$

donde:

H_d = humedad del aire de dilución [g H_2O/kg aire seco]

2.2.2.4. Determinación de la concentración con corrección de fondo

La concentración de fondo media de los gases contaminantes en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se utilizará la ecuación (7-33):

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (7\text{-}32)$$

Donde:

c_{gas} = concentración neta del gas contaminante [ppm] o [% volumen]

$c_{gas,e}$ = concentración de las emisiones en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm] o [% volumen]

c_d = concentración de la emisión en el aire de dilución, en base húmeda [ppm] o [% volumen]

D = factor de dilución [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

▼B

2.2.3. Factor u específico del componente

El factor u_{gas} específico del componente del gas diluido se puede calcular mediante la ecuación (7-34) o bien se puede tomar del cuadro 7.2; en el cuadro 7.2, la densidad del gas de escape diluido se ha supuesto igual a la densidad del aire.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right] \cdot 1\,000} \quad (7\text{-}33)$$

Donde:

M_{gas} = masa molar del componente gaseoso [g/mol]

$M_{d,w}$ = masa molar del gas de escape diluido [g/mol]

▼M2

$M_{da,w}$ = masa molar del aire de dilución [g/mol] [véase la ecuación (7-144) del punto 3.9.3]

$M_{r,w}$ = masa molar del gas de escape sin diluir [g/mol] (véase el apéndice 2, punto 5)

▼B

D = factor de dilución [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

Cuadro 7.2

Valores u del gas de escape diluido (para una concentración de emisiones expresada en ppm) y densidades del componente

Combustible	ρ_e	Gas					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m³]			
		2,053	1,250	(1)	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} (2)			
Diésel (gasóleo para máquinas móviles no de carretera)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanol para motores específicos de encendido por compresión (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gas natural / biometano (3)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (4)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GLP (5)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Gasolina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(1) en función del combustible
(2) a λ = 2, aire seco, 273 K, 101,3 kPa
(3) u con una exactitud de ± 0,2 % para una composición másica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
(4) NMHC sobre la base de $CH_{2,93}$ (para los HC totales se utilizará el coeficiente u_{gas} de CH_4)
(5) u con una exactitud de ± 0,2 % para una composición másica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %

2.2.4. Cálculo del caudal másico del gas de escape

2.2.4.1. Sistema PDP-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluidom_{ed} se mantiene en ± 6 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, la masa del gas de escape diluido [kg/ensayo] a lo largo del ciclo se calculará mediante la ecuación (7-35):

▼B

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_P \cdot \frac{P_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad (7\text{-}35)$$

donde:

V_0 = volumen de gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo [m^3/rev]

n_P = número total de revoluciones de la bomba por ensayo [rev/ensayo]

p_p = presión absoluta en la entrada de la bomba [kPa]

$\overline{T}$ = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba [K]

1,293 kg/m^3 = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

Si se utiliza un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), la masa del gas de escape diluido, $m_{ed,i}$ [kg], durante el intervalo de tiempo se calculará mediante la ecuación (7-36):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{P,i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad (7\text{-}36)$$

donde:

V_0 = volumen de gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo [m^3/rev]

p_p = presión absoluta en la entrada de la bomba [kPa]

$n_{P,i}$ = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo i

$\overline{T}$ = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba [K]

1,293 kg/m^3 = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

2.2.4.2. Sistema CFV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluidom_{ed} se mantiene en ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el caudal másico a lo largo del ciclo, m_{ed} [g/ensayo], se calculará mediante la ecuación (7-37):

$$m_{ed} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0{,}5}} \quad (7\text{-}37)$$

Donde:

t = duración del ciclo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar [$(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg$]

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa]

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

1,293 kg/m^3 = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

Si se utiliza un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), la masa del gas de escape diluido, $m_{ed,i}$ [kg], durante el intervalo de tiempo se calculará mediante la ecuación (7-38):

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0{,}5}} \quad (7\text{-}38)$$

▼B

donde:

Dt_i = intervalo de tiempo del ensayo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa]

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

1,293 kg/m^3 = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

2.2.4.3. Sistema SSV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluidom_{ed} se mantiene en ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, la masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, m_{ed} [kg/ensayo], se calculará mediante la ecuación (7-39):

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}39)$$

Donde:

1,293 kg/m^3 = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

Δt = duración del ciclo [s]

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

con:

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1{,}4286} - r_p^{1{,}7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1{,}4286}}\right)\right]} \quad (7\text{-}40)$$

Donde:

A_0 = conjunto de constantes y conversiones de unidades $= 0{,}0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

d_V = diámetro del cuello del SSV [mm]

C_d = coeficiente de descarga del SSV [-]

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa]

T_{in} = temperatura en la entrada del venturi [K]

r_p = relación de la presión estática absoluta en el cuello y en la entrada del SSV, $\left(1 - \frac{\Delta P}{P_a}\right)$ [-]

r_D = relación entre el diámetro del cuello del SSV y el diámetro interior del tubo de entrada $\frac{d}{D}$ [-]

Si se utiliza un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), la masa del gas de escape diluido, $m_{ed,i}$ [kg], durante el intervalo de tiempo se calculará mediante la ecuación (7-41):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad (7\text{-}41)$$

Donde:

1,293 kg/m^3 = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

Δt_i = intervalo de tiempo [s]

q_{VSSV} = caudal volumétrico del SSV [m^3/s]

▼B

2.3. Cálculo de la emisión de partículas

▼M2

2.3.1. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC

La masa de partículas se calculará después de la corrección de la flotabilidad de la masa de la muestra de partículas de conformidad con el punto 8.1.13.2.5 del anexo VI.

▼B

2.3.1.1. Sistema de dilución de flujo parcial

2.3.1.1.1. Cálculo basado en la relación de muestreo

La emisión de partículas a lo largo del ciclo, m_{PM} [g], se calculará con la ecuación (7-42):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1\,000} \tag{7-42}$$

donde:

m_f = masa de las partículas del muestreo efectuado a lo largo del ciclo [mg]

r_s = relación media de la muestra a lo largo del ciclo de ensayo [-]

con:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \tag{7-43}$$

Donde:

m_{se} = masa de la muestra del gas de escape sin diluir a lo largo del ciclo [kg]

m_{ew} = masa total de la muestra del gas de escape sin diluir a lo largo del ciclo [kg]

m_{sep} = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

m_{sed} = masa de gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución [kg]

En un sistema de muestreo total, m_{sep} y m_{sed} son idénticos.

2.3.1.1.2. Cálculo basado en la relación de dilución

La emisión de partículas a lo largo del ciclo, m_{PM} [g], se calculará con la ecuación (7-44):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1\,000} \tag{7-44}$$

Donde:

m_f = masa de las partículas del muestreo efectuado a lo largo del ciclo [mg]

m_{sep} = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

m_{edf} = masa de gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo [kg]

La masa total de gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo, m_{edf} [kg], se determinará gracias a la ecuación (7-45):

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \tag{7-45}$$

Con:

▼M2

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \tag{7-46}$$

▼B

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \tag{7-47}$$

▼B

Donde:

$q_{medf,i}$ = caudal másico instantáneo equivalente del gas de escape diluido [kg/s]

$q_{mew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape en base húmeda [kg/s]

$r_{d,i}$ = relación de dilución instantánea [-]

$q_{mdew,i}$ = Caudal másico instantáneo del gas de escape diluido en base húmeda [kg/s]

$q_{mdw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de dilución [kg/s]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

2.3.1.2. Sistema de dilución de flujo total

La emisión másica se calculará mediante la ecuación (7-48):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (7\text{-}48)$$

donde:

m_f = es la masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo [mg]

m_{sep} = es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

m_{ed} = es la masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo [kg]

con:

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (7\text{-}49)$$

Donde:

m_{set} = masa de gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas [kg]

m_{ssd} = masa del aire de dilución secundaria [kg]

2.3.1.2.1. Corrección de fondo

Podrá efectuarse una corrección de fondo de la masa de partículas, $m_{PM,c}$ [g], mediante la ecuación (7-50):

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (7\text{-}50)$$

Donde:

m_f = masa de las partículas del muestreo efectuado a lo largo del ciclo [mg]

m_{sep} = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

m_{sd} = masa del aire de dilución recogido con el muestreador de partículas de fondo [kg]

m_b = masa de las partículas de fondo recogidas en el aire de dilución [mg]

m_{ed} = masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo [kg]

D = factor de dilución [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

▼B

2.3.2. Cálculo del NRSC de modo discreto

2.3.2.1. Sistema de dilución

Todos los cálculos se basarán en los valores medios de los distintos modos *i* durante el período de muestro.

a) En el caso de la dilución de flujo parcial, el caudal másico equivalente de gas de escape diluido se determinará mediante la ecuación (7-51) y el sistema con medición de caudal que se muestra en la figura 9.2:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (7\text{-}51)$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (7\text{-}52)$$

Donde:

q_{medf} = caudal másico equivalente del gas de escape diluido [kg/s]

q_{mew} = caudal másico del gas de escape en base húmeda [kg/s]

r_d = relación de dilución [-]

q_{mdew} = caudal másico del gas de escape en base húmeda [kg/s]

q_{mdw} = caudal másico del aire de dilución [kg/s]

b) En el caso de los sistemas de dilución de flujo total, q_{mdew} se utiliza como q_{medf}.

2.3.2.2. Cálculo del caudal másico de partículas

El caudal de emisión de partículas a lo largo del ciclo, q_{mPM} [g/h], se calculará con las ecuaciones (7-53) (7-56), (7-57) o (7-58):

a) Con el método de filtro único

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}53)$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medf\,i} \cdot WF_i \quad (7\text{-}54)$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sep\,i} \quad (7\text{-}55)$$

Donde:

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

m_f = masa de las partículas del muestreo efectuado a lo largo del ciclo [mg]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal másico medio equivalente del gas de escape diluido en base húmeda [kg/s]

q_{medfi} = caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda en el modo *i* [kg/s]

WF_i = factor de ponderación para el modo *i* [-]

m_{sep} = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

m_{sepi} = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por el filtro de muestreo de partículas en el modo *i* [kg]

N = número de mediciones [-]

▼B

b) Con el método de múltiples filtros

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}56)$$

Donde:

q_{mPMi} = caudal másico de partículas para el modo i [g/h]

m_{fi} = masa de la muestra de partículas recogida en el modo i [mg]

q_{medfi} = caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda en el modo i [kg/s]

m_{sepi} = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por el filtro de muestreo de partículas en el modo i [kg]

La masa de partículas se determina a lo largo del ciclo de ensayo calculando el sumatorio de los valores medios de los distintos modos i durante el periodo de muestreo.

Se puede efectuar la corrección de fondo del caudal másico de partículas, q_{mPM} [g/h] o q_{mPMi} [g/h], como se establece a continuación:

c) Con el método de filtro único

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}57)$$

Donde:

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

m_f = masa de la muestra de partículas recogida [mg]

m_{sep} = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por el filtro de muestreo [kg]

$m_{f,d}$ = masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida [mg]

m_d = masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas [kg]

D_i = factor de dilución en el modo i [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal másico medio equivalente del gas de escape diluido en base húmeda [kg/s]

d) Con el método de múltiples filtros

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \overline{q_{medfi}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}58)$$

Donde:

q_{mPMi} = caudal másico de partículas en el modo i [g/h]

m_{fi} = masa de la muestra de partículas recogida en el modo i [mg]

m_{sepi} = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por el filtro de muestreo de partículas en el modo i [kg]

$m_{f,d}$ = masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida [mg]

m_d = masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas [kg]

▼B

D = factor de dilución [véase la ecuación (7-28) del punto 2.2.2.2] [-]

$q_{\mathrm{medf}i}$ = caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda en el modo i [kg/s]

Si se efectúa más de una medición, se sustituirá por $\overline{m_{\mathrm{f,d}}/m_{\mathrm{d}}}$.

2.4. Trabajo del ciclo y emisiones específicas

2.4.1. Emisiones gaseosas

2.4.1.1. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC

Para el gas de escape sin diluir y diluido se remite, respectivamente, a los puntos 2.1 y 2.2. Los valores resultantes de la potencia P [kW] se integrarán a lo largo del intervalo de ensayo. El trabajo total, W_{act} [kWh], se calculará utilizando la ecuación (7-59):

▼M2

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N}(n_i \cdot T_i) \qquad (7\text{-}59)$$

▼B

Donde:

P_i = potencia instantánea del motor [kW]

n_i = régimen instantáneo del motor [rpm]

T_i = par instantáneo del motor [Nm]

W_{act} = trabajo efectivo a lo largo del ciclo [kWh]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

▼M2

Δt_i = el intervalo de mediciones [s]

▼B

Cuando los accesorios están instalados de conformidad con el apéndice 2 del anexo VI no realizará ningún ajuste en el par instantáneo del motor en la ecuación (7-59). Cuando, con arreglo a los puntos 6.3.2 o 6.3.3 del anexo VI del presente Reglamento, no se hayan instalado para el ensayo accesorios necesarios, o cuando estén instalados accesorios que deberían haberse retirado para el ensayo, el valor de T_i utilizado en la ecuación (7-59) se ajustará por medio de la ecuación (7-60):

$$T_{\mathrm{i}} = T_{\mathrm{i,meas}} + T_{\mathrm{i,AUX}} \qquad (7\text{-}60)$$

Donde:

$T_{i,\mathrm{meas}}$ = valor medido del par instantáneo del motor

▼M2

$T_{i,\mathrm{AUX}}$ = valor correspondiente del par necesario para hacer funcionar los accesorios, determinado de conformidad con la ecuación (6-18) del anexo VI.

▼B

Se calcularán las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

$$e_{\mathrm{gas}} = \frac{m_{\mathrm{gas}}}{W_{\mathrm{act}}} \qquad (7\text{-}61)$$

Donde:

m_{gas} = masa total de la emisión [g/ensayo]

W_{act} = trabajo del ciclo [kWh]

▼B

En el caso del NRTC, para las emisiones gaseosas distintas del CO_2, el resultado final e_{gas} [g/kWh] será una media ponderada a partir del ensayo con arranque en frío y del ensayo con arranque en caliente mediante la ecuación (7-62):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m\text{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{act,cold}) + (0{,}9 \cdot W\text{act, hot})} \quad (7\text{-}62)$$

Donde:

m_{cold} es las emisiones másicas gaseosas en el NRTC con arranque en frío [g]

$W_{act,\ cold}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC con arranque en frío [kWh]

m_{hot} es las emisiones másicas de gases en el NRTC con arranque en caliente [g]

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC con arranque en caliente [kWh]

En el caso del NRTC, para el CO_2, el resultado final e_{CO2} [g/kWh] se calculará a partir del NRTC con arranque en caliente mediante la ecuación (7-63):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}63)$$

Donde:

$m_{CO2,\ hot}$ es las emisiones másicas de CO_2 en el NRTC con arranque en caliente [g]

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC con arranque en caliente [kWh]

2.4.1.2. NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas, e_{gas} [kWh], se calcularán utilizando la ecuación (7-64):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}64)$$

donde:

$q_{mgas,i}$ = caudal másico medio de emisiones para el modo i [g/h]

▼M2

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

▼M2

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

▼B

2.4.2. Emisiones de partículas

2.4.2.1. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC

Las emisiones específicas de las partículas se calcularán con la ecuación (7-61), donde e_{gas} [g/kWh], y m_{gas} [g/ensayo] se sustituyen por e_{PM} [g/kWh] y m_{PM} [g/ensayo] respectivamente:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}65)$$

donde:

m_{PM} = masa total de la emisión de partículas, calculada con arreglo al punto 2.3.1.1 o 2.3.1.2 [g/ensayo]

W_{act} = trabajo del ciclo [kWh]

▼B

Las emisiones en el ciclo transitorio compuesto (es decir, el NRTC con arranque en frío y el NRTC con arranque en caliente) se calcularán como se indica en el punto 2.4.1.1.

2.4.2.2. NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas de las partículas, e_{PM} [g/kWh], se calcularán utilizando las ecuaciones (7-66) o (7-67):

a) Con el método de filtro único

▼M2

$$e_{PM} = \frac{q_{mPM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}66)$$

▼B

donde:

▼M2

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

▼M2

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

▼B

b) Con el método de múltiples filtros

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mPMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}67)$$

▼B

Donde:

▼M2

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

q_{mPMi} = caudal másico de partículas en el modo i [g/h]

▼M2

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

▼B

En el método de filtro único, el factor de ponderación efectiva WF_{ei} de cada modo se calculará con la ecuación (7-68):

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot \overline{q_{medfi}}} \quad (7\text{-}68)$$

Donde:

m_{sepi} = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas en el modo i [kg]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal másico medio equivalente del gas de escape diluido [kg/s]

q_{medfi} = caudal másico equivalente del gas de escape diluido en el modo i [kg/s]

m_{sep} = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas [kg]

▼B

El valor de los factores de ponderación efectivos coincidirá con el de los factores de ponderación enumerados en el apéndice 1 del anexo XVII, con una tolerancia de 0,005 (valor absoluto).

2.4.3. Ajuste de los controles de emisiones que se regeneran de forma infrecuente (periódica)

En el caso de los motores, excepto los de categoría RLL, equipados con sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente (periódica) (véase el punto 6.6.2 del anexo VI), las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas con arreglo a los puntos 2.4.1 y 2.4.2 se corregirán con el factor multiplicativo de ajuste aplicable o con el factor de ajuste aditivo aplicable. En caso de que la regeneración infrecuente no se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor al alza ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). En caso de que la regeneración infrecuente se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor a la baja ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). En el caso del NRSC de modo discreto, cuando se hayan determinado los factores de ajuste para cada modo, se aplicarán a cada modo en el cálculo del resultado ponderado de las emisiones.

2.4.4. Ajuste del factor de deterioro

Las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas según los puntos 2.4.1 y 2.4.2, en su caso incluyendo el factor de ajuste de la regeneración infrecuente de conformidad con el punto 2.4.3, también se adaptarán utilizando el factor de deterioro multiplicativo o aditivo aplicable establecido de conformidad con los requisitos del anexo III.

2.5. Calibración del caudal de gas de escape diluido (CVS) y cálculos relacionados

El sistema de muestreo de volumen constante (CVS) se calibrará utilizando un caudalímetro preciso y un dispositivo limitador. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador, y los parámetros de control del sistema se medirán y se pondrán en relación con el caudal.

Podrán utilizarse varios tipos de caudalímetros, por ejemplo, un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un medidor de turbina calibrado.

2.5.1. Bomba de desplazamiento positivo (PDP)

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán al mismo tiempo que los relacionados con el venturi de calibración conectado en serie a la bomba. El caudal calculado (en m^3/s en la entrada de la bomba, a una presión y una temperatura absolutas) se representará gráficamente respecto a una función de correlación que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función de correlación. Si se utiliza un CVS con múltiples regímenes, la calibración deberá efectuarse para cada intervalo utilizado.

La temperatura se mantendrá estable durante la calibración.

Las fugas en todas las conexiones y los conductos entre el venturi de calibración y la bomba del CVS serán inferiores al 0,3 % del caudal más bajo (restricción más elevada y régimen de la PDP más bajo).

El caudal de aire (q_{VCVS}) para cada posición de limitación (con un mínimo de 6 posiciones) se calculará en m^3/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación, el caudal de aire deberá convertirse en caudal de la bomba (V_0), en m3/rev., a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba mediante la ecuación (7-69):

▼B

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \quad (7\text{-}69)$$

donde:

q_{VCVS} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura en la entrada de la bomba [K]

p_p = presión absoluta en la entrada de la bomba [kPa]

n = régimen de la bomba [rev/s]

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y el índice de deslizamiento de esta última, se calculará la función de correlación (X_0) [s/rev] entre el régimen de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba mediante la ecuación (7-70):

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (7\text{-}70)$$

Donde:

Dp_p = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba [kPa]

p_p = presión absoluta en la salida de la bomba [kPa]

n = régimen de la bomba [rev/s]

Se realizará un ajuste lineal por mínimos cuadrados para generar la calibración mediante la ecuación (7-71):

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad (7\text{-}71)$$

donde la línea de regresión queda descrita por la ordenada en el origen, D_0 [m^3/rev], y la pendiente, m [m^3/s].

Para un sistema CVS con múltiples regímenes, las curvas de calibración generadas para los distintos intervalos de caudal de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de la ordenada en el origen (D_0) aumentarán a medida que disminuya el intervalo de caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación presentarán una diferencia máxima del ± 0,5 % respecto al valor medido de V_0. Los valores de m variarán de una bomba a otra. Con el tiempo, el caudal de partículas acabará provocando una disminución del deslizamiento de la bomba, tal como lo refleja el descenso de los valores de m. En consecuencia, la calibración deberá efectuarse en el momento de la puesta en servicio de la bomba, después de una operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

2.5.2. Venturi de caudal crítico (CFV)

La calibración del CFV se basa en la ecuación del caudal para un venturi crítico. El caudal del gas es función de la presión y la temperatura de entrada del venturi.

Para determinar el intervalo del caudal crítico, K_V se representará gráficamente como función de la presión en la entrada del venturi. Para el caudal crítico (estrangulado), K_V tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuye la presión (aumenta el vacío), desaparece el estrangulamiento del venturi y K_V disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del intervalo admisible.

▼B

El caudal de aire (q_{VCVS}) para cada posición de limitación (con un mínimo de 8 posiciones) se calculará en m^3/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración K_V $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$ se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición mediante la ecuación (7-72):

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad (7\text{-}72)$$

Donde:

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) $[m^3/s]$

T = temperatura en la entrada del venturi [K]

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa]

Se calcularán el K_V medio y la desviación estándar. La desviación estándar no superará el ± 0,3 % del K_V medio.

2.5.3. Venturi subsónico (SSV)

La calibración del SSV se basa en la ecuación del caudal para un venturi subsónico. El caudal del gas es función de la presión y la temperatura de entrada y de la caída de la presión entre la entrada y el cuello del SSV, como muestra la ecuación (7-40).

El caudal de aire (q_{VSSV}) para cada posición de limitación (con un mínimo de 16 posiciones) se calculará en m^3/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición mediante la ecuación (7-73):

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^2 p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}}\left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right)\left(\frac{1}{1-r_D^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]}} \quad (7\text{-}73)$$

Donde:

A_0 = conjunto de constantes y conversiones de unidades $= 0{,}0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) $[m^3/s]$

$T_{in,V}$ = temperatura en la entrada del venturi [K]

d_V = diámetro del cuello del SSV [mm]

r_p = relación de la presión estática absoluta en el cuello y en la entrada del SSV = $1 - \Delta p/p_p$ [-]

r_D = relación entre el diámetro del cuello del SSV, d_V, y el diámetro interior del tubo de entrada D [-]

Para determinar el intervalo del caudal subsónico, se representará gráficamente C_d como función del número de Reynolds Re en el cuello del SSV. El Re en el cuello del SSV se calculará mediante la ecuación (7-74):

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \quad (7\text{-}74)$$

con:

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (7\text{-}75)$$

▼B

Donde:

A_1 = conjunto de constantes y conversiones de unidades = 27,43831 $\left[\frac{Kg}{m^3} \cdot \frac{min}{s} \cdot \frac{mm}{m}\right]$

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

d_V = diámetro del cuello del SSV [mm]

μ = viscosidad absoluta o dinámica del gas

b = $1{,}458 \times 10^6$ (constante empírica)

S = 110,4 (constante empírica) [K]

Como q_{VSSV} es un dato introducido en la ecuación de *Re*, los cálculos deben comenzar con un valor inicial supuesto de q_{VSSV} o C_d del venturi de calibración y repetirse hasta que q_{VSSV} converja. El método de convergencia deberá tener una precisión mínima del 0,1 %.

Para un mínimo de 16 puntos en la región del caudal subsónico, los valores de C_d calculados a partir de la ecuación que se ajusta a la curva de calibrado resultante no variarán más del ± 0,5 % del C_d medido en cada punto de calibrado.

2.6. Corrección de la desviación

2.6.1. Procedimiento general

Los cálculos de la presente sección sirven para determinar si la desviación del analizador de gases invalida los resultados de un intervalo de ensayo. En caso de que no los invalide, la desviación de las respuestas del analizador de gases correspondientes al intervalo de ensayo se corregirá de acuerdo con las indicaciones del punto 2.6.2. En todos los cálculos de emisiones posteriores, las respuestas del analizador de gases se utilizarán con corrección de la desviación. El umbral aceptable para la desviación de un analizador de gases en un intervalo de ensayo se especifica en el punto 8.2.2.2 del anexo VI.

El procedimiento general de ensayo aplicará lo dispuesto en el apéndice 1 sustituyendo las concentraciones x_i $\bar{x}$ o por las concentraciones c_i o $\bar{c}$.

2.6.2. Procedimiento de cálculo

La corrección de la deriva se calculará mediante la ecuación (7-76):

$$c_{i\text{driftcor}} = c_{\text{refzero}} + (c_{\text{refspan}} - c_{\text{refzero}}) \frac{2c_i - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})}{(c_{\text{prespan}} + c_{\text{postspan}}) - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}76)$$

Donde:

$c_{i\text{driftcor}}$ = concentración con corrección de la desviación [ppm]

c_{refzero} = concentración de referencia del gas de cero, que suele ser cero salvo que se le conozca otro valor [ppm]

c_{refspan} = concentración de referencia del gas patrón [ppm]

c_{prespan} = repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas patrón [ppm]

c_{postspan} = repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas patrón [ppm]

▼B

c_i or $\overline{c}$ = concentración registrada, es decir, medida, durante el ensayo, antes de la corrección de la desviación [ppm]

$c_{prezero}$ = repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero [ppm]

$c_{postzero}$ = repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas de cero [ppm]

3. **Cálculos de emisiones con base molar**

3.1. Subíndices

	Cantidad
abs	Cantidad absoluta
act	Cantidad real
air	Aire seco
atmos	Atmosférico
bkgnd	De fondo
C	Carbono
cal	Cantidad de calibración
CFV	Venturi de caudal crítico
cor	Cantidad corregida
dil	Aire de dilución
dexh	Gas de escape diluido
dry	Cantidad en seco
exh	Gas de escape sin diluir
exp	Cantidad esperada
eq	Cantidad equivalente
fuel	Combustible
	Medición instantánea (p. ej. 1 Hz)
i	Un individuo de una serie
idle	Condición al ralentí
in	Cantidad dentro
init	Cantidad inicial, normalmente antes de un ensayo de emisiones
max	Valor máximo (pico)
meas	Cantidad medida
min	Valor mínimo
mix	Masa molar de aire
out	Cantidad fuera

▼B

	Cantidad
part	Cantidad parcial
PDP	Bomba de desplazamiento positivo
raw	Gas de escape sin diluir
ref	Cantidad de referencia
rev	Revolución
sat	Condición de saturado
slip	Deslizamiento de la PDP
smpl	Muestreo
span	Cantidad de calibración
SSV	Venturi subsónico
std	Cantidad estándar
test	Cantidad de ensayo
total	Cantidad total
uncor	Cantidad no corregida
vac	Cantidad de vacío
weight	Peso de calibración
wet	Cantidad en base húmeda
zero	Cantidad de cero

3.2. Símbolos para el balance químico

$x_{dil/exh}$ = cantidad de gas de dilución o exceso de aire de dilución por mol de gas de escape

x_{H2Oexh} = cantidad de agua en el gas de escape por mol de gas de escape

$x_{Ccombdry}$ = cantidad de carbono del combustible en el gas de escape por mol de gas de escape seco

$x_{H2Oexhdry}$ = cantidad de agua en el gas de escape por mol seco de gas de escape seco

$x_{prod/intdry}$ = cantidad de productos estequiométricos secos por mol seco de aire de admisión

$x_{dil/exhdry}$ = cantidad de gas de dilución y/o exceso de aire por mol de gas de escape

$x_{int/exhdry}$ = cantidad de aire de admisión necesaria para obtener productos de combustión propiamente dichos por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido)

$x_{raw/exhdry}$ = cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido)

$x_{O2intdry}$ = cantidad de O_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco

$x_{CO2intdry}$ = cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco

▼B

$x_{H2Ointdry}$ = cantidad de H_2O en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco

x_{CO2int} = cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión

x_{CO2dil} = cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución

$x_{CO2dildry}$ = cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco

$x_{H2Odildry}$ = cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco

x_{H2Odil} = cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución

$x_{[emission]meas}$ = cantidad de emisión medida en la muestra en el analizador de gases correspondiente

$x_{[emission]dry}$ = cantidad de emisión por mol seco de muestra seca

$x_{H2O[emission]meas}$ = cantidad de agua en la muestra en el lugar de detección de la emisión

x_{H2Oint} = cantidad de agua en el aire de admisión, basada en una medición de la humedad del aire de admisión

3.3. Parámetros básicos y relaciones

3.3.1. Aire seco y tipos de productos químicos

En la presente sección se utilizan los valores siguientes para la composición del aire seco:

$x_{O2airdry}$ = 0,209445 mol/mol

$x_{Arairdry}$ = 0,00934 mol/mol

$x_{N2airdry}$ = 0,78084 mol/mol

$x_{CO2airdry}$ = 375 μmol/mol

En esta sección se utilizan las masas molares o masas efectivas siguientes tipos de productos químicos:

M_{air} = 28,96559 g/mol (aire seco)

M_{Ar} = 39,948 g/mol (argón)

M_{C} = 12,0107 g/mol (carbono)

M_{CO} = 28,0101 g/mol (monóxido de carbono)

M_{CO2} = 44,0095 g/mol (dióxido de carbono)

M_{H} = 1,00794 g/mol (hidrógeno atómico)

M_{H2} = 2,01588 g/mol (hidrógeno molecular)

M_{H2O} = 18,01528 g/mol (agua)

M_{He} = 4,002602 g/mol (helio)

M_{N} = 14,0067 g/mol (nitrógeno atómico)

M_{N2} = 28,0134 g/mol (nitrógeno molecular)

M_{NOx} = 46,0055 g/mol [óxidos de nitrógeno (*)]

M_{O} = 15,9994 g/mol (oxígeno atómico)

M_{O2} = 31,9988 g/mol (oxígeno molecular)

▼B

M_{C3H8} = 44,09562 g/mol (propano)

M_S = 32,065 g/mol (azufre)

M_{HC} = 13,875389 g/mol [hidrocarburos totales (**)]

(**) La masa molar efectiva de los HC se define por una relación atómica hidrógeno-carbono, α, de 1,85.

(*) La masa molar efectiva de NOx se define por la masa molar del dióxido de nitrógeno, NO_2.

En la presente sección se utiliza la siguiente constante molar R para los gases ideales:

R = 8,314472J (mol · K)

En esta sección se utilizan las siguientes relaciones de los calores específicos γ para el aire de dilución y el gas de escape diluido:

γ_{air} = 1,399 (relación de los calores específicos del aire de admisión o el aire de dilución)

γ_{dil} = 1,399 (relación de los calores específicos del gas de escape diluido)

γ_{exh} = 1,385 (relación de los calores específicos del gas de escape sin diluir)

3.3.2. Aire húmedo

En la presente sección se indica cómo determinar la cantidad de agua en un gas ideal:

3.3.2.1. Presión de vapor del agua

La presión de vapor del agua p_{H2O} [kPa] para una situación de temperatura de saturación dada, T_{sat} [K], se calculará mediante las ecuaciones (7-77) o (7-78):

a) Para las mediciones de la humedad realizadas a temperaturas ambiente comprendidas entre 0 y 100 °C o para las mediciones de la humedad realizadas por encima del agua sobreenfriada a temperaturas ambientales de –50 a 0 °C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = 10{,}79574 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) - 5{,}02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) + 1{,}50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8{,}2969 \cdot \left(\frac{T_{sat}}{273{,}16} - 1\right)}\right) + 0{,}42873 \cdot 10^{-3} \cdot \left(10^{4{,}76955 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right)} - 1\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}77)$$

Donde:

p_{H2O} = presión de vapor del agua en condiciones de temperatura de saturación [kPa]

T_{sat} = temperatura de saturación del agua en las condiciones medidas [K]

b) Para las mediciones de la humedad realizadas por encima de hielo a temperaturas ambiente de (-100 a 0) °C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = -9{,}096853 \cdot \left(\frac{273{,}16}{T_{sat}} - 1\right) - 3{,}566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) + 0{,}876812 \cdot \left(1 - \frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}78)$$

Donde:

T_{sat} = temperatura de saturación del agua en las condiciones medidas [K]

▼B

3.3.2.2. Punto de rocío

Si la humedad se mide como un punto de rocío, la cantidad de agua en un gas ideal x_{H2O} [mol/mol] se medirá mediante la ecuación (7-79):

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad (7\text{-}79)$$

Donde:

x_{H2O} = cantidad de agua en un gas ideal [mol/mol]

p_{H2O} = presión de vapor del agua en el punto de rocío medido, $T_{sat}=T_{dew}$ [kPa]

p_{abs} = presión absoluta estática húmeda en el lugar de la medición del punto de rocío [kPa]

3.3.2.3. Humedad relativa

Si la humedad se mide como una humedad relativa *RH %*, la cantidad de agua en un gas idealx_{H2O} [mol/mol] se calculará mediante la ecuación (7-80):

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{P_{H2O}}{P_{abs}} \quad (7\text{-}80)$$

Donde:

RH % = humedad relativa [%]

p_{H2O} = presión de vapor del agua al 100 % de humedad relativa en el lugar de medición de la humedad relativa, $T_{sat}=T_{amb}$ [kPa]

p_{abs} = presión absoluta estática húmeda en el lugar de la medición de la humedad relativa [kPa]

3.3.2.4. Determinación del punto de rocía a partir de la humedad relativa, del punto de rocío y de la temperatura del termómetro de ampolla seca

Si la humedad se mide como humedad relativa, *RH %*, el punto de rocío, T_{dew}, se determinará a partir de *RH %* y de la temperatura del termómetro de ampolla seca por medio de la ecuación (7-81):

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233 \cdot 10^{2} - 2{,}0156028 \cdot 10^{1} \cdot \ln\,(p_{H2O}) + 4{,}6778925 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\,(p_{H2O})^{2} - 9{,}2288067 \cdot 10^{-6} \cdot \ln\,(p_{H2O})^{3}}{1 - 1{,}3319669 \cdot 10^{-1} \cdot \ln\,(p_{H2O}) + 5{,}6577518 \cdot 10^{-3} \cdot \ln\,(p_{H2O}^{2}) - 7{,}517286510 \cdot 10^{-5} \ln\,(p_{H2O}^{3})} \quad (7\text{-}81)$$

Donde:

p_{H2O} = presión de vapor del agua ajustada a la humedad relativa en el lugar de medición de la humedad relativa, $T_{sat}=T_{amb}$

T_{dew} = punto de rocío determinado a partir de las mediciones de la humedad relativa y de la temperatura del termómetro de ampolla seca

3.3.3. Propiedades del combustible

La ecuación química general del combustible es, donde α es la relación atómica hidrógeno-carbono (H/C), β es la relación atómica oxígeno-carbono (O/C), γ es la relación atómica azufre-carbono (S/C) y δ es la relación atómica nitrógeno-carbono (N/C). Basándose en esta ecuación se puede calcular la fracción másica de carbono del combustible, w_C. En el caso del combustible diésel, se podrá utilizar la ecuación sencilla. Los valores por defecto de la composición del combustible podrán determinarse a partir del cuadro 7.3:

▼B

Cuadro 7.3

Valores por defecto de la relación atómica hidrógeno-carbono, *α*, de la relación atómica oxígeno-carbono *β*, de la relación atómica azufre-carbono, γ, de la relación atómica nitrógeno-carbono, δ, y de la fracción másica del combustible, w_C, de los combustibles de referencia

Combustible	Relaciones atómicas de hidrógeno/oxígeno/azufre/nitrógeno-carbono, respectivamente $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$	Concentración másica de carbono, 0_C [g/g]
Diésel (gasóleo para máquinas móviles no de carretera)	$CH_{1,80}O_0S_0N_0$	0,869
Etanol para motores específicos de encendido por compresión (ED95)	$CH_{2,92}O_{0,46}S_0N_0$	0,538
Gasolina (E10)	$CH_{1,92}O_{0,03}S_0N_0$	0,833
Gasolina (E0)	$CH_{1,85}O_0S_0N_0$	0,866
Etanol (E85)	$CH_{2,73}O_{0,36}S_0N_0$	0,576
GLP	$CH_{2,64}O_0S_0N_0$	0,819
Gas natural/Biometano	$CH_{3,78}O_{0,016}S_0N_0$	0,747

3.3.3.1. Cálculo de la concentración másica de carbono, w_C

Como alternativa a los valores por defecto del cuadro 7.3, o cuando no se dan valores por defecto para el combustible de referencia que se utilice, la concentración másica de carbono, $w_{C,}$ puede calcularse a partir de las propiedades medidas del combustible por medio de la ecuación (7-82). Los valores correspondientes a α y β se determinarán para el combustible y se incluirán en la ecuación en todos los casos, pero γ y δ podrán fijarse en cero cuando sean igual a cero en la línea correspondiente del cuadro 7.3:

$$W_{\,C} = \frac{1 \cdot M_C}{M_{\,C} + \alpha \cdot M_{\,H} + \beta M_{\,o} + \gamma \cdot M_{\,S} + \delta M_{\,N}} \qquad (7\text{-}82)$$

donde:

M_C = masa molar del carbono.

α = relación atómica hidrógeno-carbono de la mezcla de combustibles que se quema, ponderada por el consumo molar.

M_H = masa molar del hidrógeno.

β = relación atómica oxígeno-carbono de la mezcla de combustibles que se quema, ponderada por el consumo molar.

M_O = masa molar del oxígeno.

γ = relación atómica azufre-carbono de la mezcla de combustibles que se quema, ponderada por el consumo molar.

M_S = masa molar del azufre.

δ = relación atómica nitrógeno-carbono de la mezcla de combustibles que se quema, ponderada por el consumo molar.

M_N = masa molar del nitrógeno

▼B

3.3.4. Corrección en función de la contaminación inicial de la concentración de los HC totales (THC)

▼M2

Para medir los HC, se calculará $x_{THC[THC\text{-}FID]}$ utilizando la concentración de la contaminación THC inicial $x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ del punto 7.3.1.3 del anexo VI por medio de la ecuación (7-83):

▼B

$$x_{THC[THC-FID]_{cor}} = x_{THC[THC-FID]_{uncorr}} - x_{THC[THC-FID]_{init}} \quad (7\text{-}83)$$

Donde:

$x_{THC[THC\text{-}FID]cor}$ = concentración de THC corregida en función de la contaminación [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr}$ = concentración de THC no corregida [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ = concentración de la contaminación THC inicial [mol/mol]

3.3.5. Concentración media ponderada según el caudal

En algunos puntos de la presente sección puede ser necesario calcular una concentración media ponderada según el caudal para determinar la aplicabilidad de ciertas disposiciones. La media ponderada según el caudal es la media de una cantidad tras ponderarla de manera proporcional a un caudal correspondiente. Por ejemplo, si se mide de manera continua una concentración de gas procedente del gas de escape sin diluir de un motor, su concentración media ponderada en función del caudal es la suma de los productos de las concentraciones registradas por el caudal molar de los gases de escape correspondientes, dividida por la suma de los valores de caudal registrados. Otro ejemplo: la concentración en la bolsa de un sistema CVS es igual a la concentración media ponderada en función del caudal, pues el propio sistema CVS pondera la concentración en la bolsa en función del caudal. ►M2 Sobre la base de ensayos previos con motores similares o de ensayos con equipos e instrumentos similares, ya cabría esperar una determinada concentración media, ponderada según el caudal, de una emisión al nivel del valor límite de emisiones. ◄

3.4. Balances químicos del combustible, el aire de admisión y el gas de escape

3.4.1. Generalidades

Los balances químicos del combustible, el aire de admisión y el gas de escape se podrán utilizar para calcular los caudales, la cantidad de agua que estos contienen y la concentración en base húmeda de sus componentes. Con un caudal de combustible, aire de admisión o gas de escape, se podrán utilizar los balances químicos para calcular los caudales de los otros dos. Por ejemplo, se pueden utilizar los balances químicos junto con el aire de admisión o con el caudal de combustible para determinar el caudal de gas de escape sin diluir.

3.4.2. Procedimientos que requieren balances químicos

Son necesarios balances químicos para determinar los siguientes valores:

a) La cantidad de agua en un caudal de gas de escape sin diluir o diluido, x_{H2Oexh}, cuando no se haya medido la cantidad de agua para corregir la cantidad de agua retirada por el sistema de muestreo.

b) La fracción media ponderada en función del caudal del aire de dilución en el gas de escape diluido, $x_{dil/exh,}$ cuando no se haya medido el caudal de aire de dilución para corregir las emisiones de fondo. Conviene señalar que si se usan los balances químicos para este fin, se ha de suponer que el gas de escape es estequiométrico aunque no lo sea.

▼B

3.4.3. Procedimiento de cálculo del balance químico

Para calcular el balance químico se ha de resolver un sistema de ecuaciones que requiere iteración. Se supondrán los valores iniciales de hasta tres cantidades: la cantidad de agua en el caudal medido, x_{H2Oexh}, la fracción de aire de dilución en el gas de escape diluido (o exceso de aire en el gas de escape bruto), $x_{dil/exh}$, y la cantidad de productos sobre una base de C1 por mol seco de caudal medido seco, $x_{Ccombdry}$. Se podrán utilizar los valores medios ponderados en función del tiempo de la humedad del aire de combustión y la humedad del aire de dilución en el balance químico; a condición de que la humedad del aire de dilución y del aire de combustión permanezcan dentro de un margen de tolerancia de ±0,0025 mol/mol de sus correspondientes valores medios a lo largo del intervalo de ensayo. Para cada concentración de emisiones, x, y cada cantidad de agua, x_{H2Oexh}, se determinarán sus concentraciones completamente secas, x_{dry} y $x_{H2Oexhdry}$. También se utilizará la relación atómica hidrógeno-carbono,, oxígeno-carbono,, y la fracción másica de carbono, w_C, del combustible. Para el combustible de ensayo, se podrán usar y o los valores por defecto del cuadro 7.3.

Para completar un balance químico se procederá como sigue:

a) Las concentraciones medidas, como $x_{CO2meas}$, x_{NOmeas} y x_{H2Oint}, se convertirán en concentraciones secas dividiéndolas por uno menos la cantidad de agua presente durante sus respectivas mediciones; por ejemplo: $x_{H2OxCO2meas}$, $x_{H2OxNOmeas}$ y x_{H2Oint}. Si la cantidad de agua presente durante una medición «húmeda» es la misma que la cantidad de agua desconocida en el caudal de gas de escape, x_{H2Oexh}, deberá ser calculada de manera iterativa para ese valor en el sistema de ecuaciones. Si solo se miden los NO_x totales, y no se miden NO y NO_2 por separado, se aplicarán las buenas prácticas técnicas para distinguir en la concentración de NO_x totales entre NO y NO_2 para los balances químicos. Se podrá suponer que la concentración molar de NO_x, x_{NOx}, es el 75 % de NO y el 25 % de NO_2. En el caso de los sistemas postratamiento de almacenamiento de NO_2, se podrá suponer que x_{NOx} es el 25 % de NO y el 75 % de NO_2. Para calcular la masa de emisiones de NO_x se utilizará la masa molar de NO_2 para la masa molar efectiva de todo los tipos de NO_x, independientemente de la fracción real de NO_2 en NO_x.

b) Las ecuaciones (7-82) a (7-99) de la letra d) del presente punto se han de introducir en un programa informático para calcular de manera iterativa x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$ y $x_{dil/exh}$. Se aplicarán las buenas prácticas técnicas para estimar los valores iniciales de x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$ y $x_{dil/exh}$. Se recomienda suponer un volumen inicial de agua que doble aproximadamente la cantidad de agua del aire de admisión o de dilución. Se recomienda suponer un volumen inicial de$x_{Ccombdry}$ igual a la suma de los valores medidos de CO_2, CO y THC. También se recomienda partir de una estimación inicial de $_x$dil comprendida entre 0,75 y 0,95, por ejemplo 0,8. Los valores del sistema de ecuaciones se iterarán hasta que todas las estimaciones actualizadas más recientemente se encuentren dentro de un margen del ±1 % de sus correspondientes valores calculados más recientes.

c) En el sistema de ecuaciones de la letra d) de este punto, donde la unidad x es mol/mol, se utilizan los siguientes símbolos y subíndices:

Símbolo	Descripción
$x_{dil/exh}$	Cantidad de gas de dilución o exceso de aire de dilución por mol de gas de escape
x_{H2Oexh}	Cantidad de H_2O en el gas de escape por mol de gas de escape

▼B

Símbolo	Descripción
$x_{Ccombdry}$	Cantidad de carbono del combustible en el gas de escape por mol de gas de escape seco
$x_{H2Oexhdry}$	Cantidad de agua en el gas de escape por mol seco de gas de escape seco
$x_{prod/intdry}$	Cantidad de productos estequiométricos secos por mol seco de aire de admisión
$x_{dil/exhdry}$	Cantidad de gas de dilución y/o exceso de aire por mol de gas de escape seco
$x_{int/exhdry}$	Cantidad de aire de admisión necesaria para obtener productos de combustión propiamente dichos por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido)
$x_{raw/exhdry}$	Cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido)
$x_{O2intdry}$	Cantidad de O_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco Se puede suponer $x_{O2intdry}$ = 0,209445 mol/mol
$x_{CO2intdry}$	Cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco Se puede suponer $x_{CO2intdry}$ = 375 μmol/mol, pero se recomienda medir la concentración real en el aire de admisión
$x_{H2Ointdry}$	Cantidad de H_2O en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco
x_{CO2int}	Cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión
x_{CO2dil}	Cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución
$x_{CO2dildry}$	Cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco Si se utiliza aire como diluyente, se puede usar $x_{CO2dildry}$ = 375 μmol/mol, pero se recomienda medir la concentración real en el aire de admisión
$x_{H2Odildry}$	Cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco
x_{H2Odil}	Cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución
$x_{[emission]meas}$	Cantidad de emisión medida en la muestra en el analizador de gases correspondiente
$x_{[emission]dry}$	Cantidad de emisión por mol seco de muestra seca
$x_{H2O[emission]meas}$	Cantidad de agua en la muestra en el lugar de detección de la emisión. Estos valores se medirán o estimarán según las indicaciones del punto 9.3.2.3.1.

▼B

Símbolo	Descripción
x_{H2Oint}	Cantidad de agua en el aire de admisión, basada en una medición de la humedad del aire de admisión
K_{H2Ogas}	Coeficiente de equilibro de la reacción agua-gas. 3,5 o podrá calcularse un valor diferente conforme a criterios técnicos bien fundamentados.
α	Relación atómica hidrógeno-carbono de la mezcla de combustibles () que se quema, ponderada por el consumo molar
β	Relación atómica oxígeno-carbono de la mezcla de combustibles () que se quema, ponderada por el consumo molar

d) Las ecuaciones siguientes [(7-84) a (7-101)] se utilizarán para calcular de manera iterativa $x_{dil/exh}$, x_{H2Oexh} y $x_{Ccombdry}$:

$$x_{\,dil/exh} = 1 - \frac{x_{raw/exhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \tag{7-84}$$

$$x_{\,H2Oexh} = \frac{x_{H2Oexhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \tag{7-85}$$

$$x_{\,Ccombdry} = x_{\,CO2dry} + x_{\,COdry} + x_{\,THCdry} - x_{\,CO2dil} \cdot x_{\,dil/exhdry} - x_{\,CO2int} \cdot x_{\,int/exhdry} \tag{7-86}$$

$$x_{\,H2dry} = \frac{x_{COdry} \cdot (x_{H2Oexhdry} - x_{H2Odil} \cdot x_{dil/exhdry})}{K_{H2Ogas} \cdot (x_{CO2dry} - x_{CO2dil} \cdot x_{dil/exhdry})} \tag{7-87}$$

$$x_{\,H2Oexhdry} = \frac{\alpha}{2}(x_{\,Ccombdry} - x_{\,THCdry}) + x_{\,H2Odil} \cdot x_{\,dil/exhdry} + x_{\,H2Oint} \cdot x_{\,int/exhdry} - x_{\,H2dry} \tag{7-88}$$

$$x_{\,dil/exhdry} = \frac{x_{dil/exh}}{1 - x_{H2Oexh}} \tag{7-89}$$

$$x_{\,int/exhdry} = \frac{1}{2 \cdot x_{O2int}} \left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right) (x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) - (x_{COdry} - x_{NOdry} - 2x_{NO2dry} + x_{H2dry}) \right] \tag{7-90}$$

$$x_{\,raw/exhdry} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right) (x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) + (2x_{THCdry} + x_{COdry} - x_{NO2dry} + x_{H2dry}) \right] + x_{\,int/exhdry} \tag{7-91}$$

$$x_{\,O2int} = \frac{0{,}209820 - x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \tag{7-92}$$

$$x_{\,CO2int} = \frac{x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \tag{7-93}$$

$$x_{\,H2Ointdry} = \frac{x_{H2Oint}}{1 - x_{H2Oint}} \tag{7-94}$$

$$x_{\,CO2dil} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \tag{7-95}$$

$$x_{\,H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \tag{7-96}$$

$$x_{\,COdry} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \tag{7-97}$$

▼B

$$x_{\text{CO2dry}} = \frac{x_{\text{CO2meas}}}{1 - x_{\text{H2OCO2meas}}} \quad (7\text{-}98)$$

$$x_{\text{NOdry}} = \frac{x_{\text{NOmeas}}}{1 - x_{\text{H2ONOmeas}}} \quad (7\text{-}99)$$

$$x_{\text{NO2dry}} = \frac{x_{\text{NO2meas}}}{1 - x_{\text{H2ONO2meas}}} \quad (7\text{-}100)$$

$$x_{\text{THCdry}} = \frac{x_{\text{THCmeas}}}{1 - x_{\text{H2OTHCmeas}}} \quad (7\text{-}101)$$

Al final del balance químico, el caudal molar se calcula como se especifica en los puntos 3.5.3 y 3.6.3.

3.4.4. Corrección de los NO_x en función de la humedad

Todas las concentraciones de NO_x, incluidas las concentraciones de fondo del aire de dilución, se corregirán en función de la humedad del aire de admisión mediante la ecuación (7-102) o (7-103):

a) Para motores de encendido por compresión

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (9{,}953 \cdot x_{\text{H2O}} + 0{,}832) \quad (7\text{-}102)$$

b) Para motores de encendido por chispa

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (18{,}840 \cdot x_{\text{H2O}} + 0{,}68094) \quad (7\text{-}103)$$

Donde:

x_{NOxuncor} = concentración molar de NO_x en el gas de escape no corregida [μmol/mol]

x_{H2O} = cantidad de agua en el aire de admisión [mol/mol]

▼M2

3.5. Medición de las emisiones gaseosas en el gas de escape sin diluir

▼B

3.5.1. Masa de las emisiones gaseosas

Para calcular la masa total por ensayo de emisiones gaseosas m_{gas} [g/ensayo], se multiplicará la concentración molar por su correspondiente caudal molar y por la masa molar del gas de escape; a continuación se integrará en el ciclo de ensayo [ecuación (7-104)]:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \mathrm{d}t \quad (7\text{-}104)$$

Donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión de gases genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gas} = concentración molar instantánea de gas genérico en base húmeda [mol/mol]

t = tiempo [s]

Dado que la ecuación (7-104) se ha de resolver por integración numérica, se transforma en la ecuación (7-105):

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \mathrm{d}t \Rightarrow \quad (7\text{-}105)$$
$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{\text{N}} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i}$$

▼B

Donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gasi} = concentración molar instantánea de gas genérico en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

La ecuación general se podrá modificar dependiendo del sistema de medición utilizado, de que el muestreo sea por lotes o continuo y de que las muestras extraídas procedan de un caudal variable y no de uno constante.

a) Con el muestreo continuo, en el caso general del caudal variable, la masa de la emisión de gases m_{gas} [g/ensayo] se calculará mediante la ecuación (7-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad (7\text{-}106)$$

Donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gasi} = fracción molar instantánea de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

b) También con el muestreo continuo, pero en el caso particular del caudal constante, la masa de la emisión de gases m_{gas} [g/ensayo] se calculará mediante la ecuación (7-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}107)$$

Donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

Δt = duración del intervalo de ensayo

c) Con el muestreo por lotes, independientemente de que el caudal sea variable o constante, la ecuación (7-104) se puede simplificar mediante la ecuación (7-108):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \quad (7\text{-}108)$$

Donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

▼B

3.5.2. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Los parámetros de este punto se obtienen de los resultados del balance químico calculados en el punto 3.4.3. Existe la siguiente relación entre las concentraciones molares de gas en el caudal medido x_{gasdry} y x_{gas} [mol/mol], expresadas en base seca y en base húmeda respectivamente [ecuaciones (7-109) y (7-110)]:

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H2O}}} \tag{7-109}$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H2Odry}}} \tag{7-110}$$

donde:

x_{H2O} = fracción molar de agua en el caudal medido en base húmeda [mol/mol]

x_{H2Odry} = fracción molar de agua en el caudal medido en base seca [mol/mol]

En el caso de las emisiones gaseosas, se realizará una corrección de la concentración genérica x [mol/mol] mediante la ecuación (7-111):

$$x = x_{\text{[emission]meas}} \left[\frac{(1 - x_{\text{H2Oexh}})}{1 - x_{\text{H2O[emission]meas}}} \right] \tag{7-111}$$

Donde:

$x_{\text{[emission]meas}}$ = fracción molar de emisión en el caudal medido en el lugar de la medición [mol/mol]

$x_{\text{H2O[emission]meas}}$ = cantidad de agua en el caudal medido en la medición de la concentración [mol/mol]

x_{H2Oexh} = cantidad de agua en el caudalímetro [mol/mol]

3.5.3. Caudal molar del gas de escape

El caudal del gas de escape sin diluir se puede medir directamente o calcularse a partir del balance químico del punto 3.4.3. El cálculo del caudal molar del gas de escape sin diluir se realiza a partir del caudal molar del aire de admisión medido o del caudal de combustible. El caudal molar del gas de escape sin diluir se puede calcular a partir de las muestras de emisiones, $\dot{n}_{exh}$, basándose en el caudal molar de aire de admisión medido, $\dot{n}_{int}$, o en el caudal másico de combustible medido, $\dot{m}_{fuel}$, y los valores calculados a partir del balance químico del punto 3.4.3. Se resolverá para el balance químico del punto 3.4.3 a la misma frecuencia de actualización y registro que $\dot{n}_{int}$ o $\dot{m}_{fuel}$.

a) Caudal del cárter El caudal de gas de escape sin diluir solo se puede calcular a partir de $\dot{n}_{int}$ o $\dot{n}_{int}$ si al menos una de las afirmaciones siguientes es cierta en lo que se refiere al caudal de emisiones del cárter:

   i) El motor de ensayo dispone de un sistema anticontaminación de cárter cerrado que vuelve a dirigir el caudal del cárter al aire de admisión, después del caudalímetro del aire de admisión.

   ii) Durante los ensayos de emisiones, el caudal del cárter se dirigirá al sistema de escape con arreglo al punto 6.10 del anexo VI.

▼B

iii) Las emisiones y el caudal del cárter abierto se miden y se suman a los cálculos de las emisiones específicas del freno.

iv) A partir de los datos sobre emisiones o de un análisis técnico, se puede demostrar que despreciar el caudal de emisiones del cárter abierto no afecta de manera negativa al cumplimiento de las normas aplicables.

b) Cálculo del caudal molar basado en el aire de admisión

A partir de $\dot{n}_{int}$, el caudal molar del gas de escape, $\dot{n}_{exh}$[mol/s], se calculará mediante la ecuación (7-112):

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{n}_{\text{int}}}{1 + \frac{(x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{raw/exhdry}})}{(1+x_{\text{H2Oexhdry}})}} \quad (7\text{-}112)$$

Donde:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones [mol/s]

$\dot{n}_{\text{ind}}$ = caudal molar del aire de admisión incluida la humedad en el aire de admisión [mol/s]

$x_{\text{int/exhdry}}$ = cantidad de aire de admisión necesaria para obtener productos de combustión propiamente dichos por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido) [mol/mol]

$x_{\text{raw/exhdry}}$ = cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido) [mol/mol]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$ = cantidad de agua en el gas de escape por mol de gas de escape seco [mol/mol]

c) Cálculo del caudal molar a partir del caudal másico de combustible

A partir de $\dot{m}_{fuel}$, $\dot{m}_{fuel}$, [mol/s] se calculará de la manera siguiente:

Al realizar ensayos en laboratorio, este cálculo solo podrá utilizarse para el NRSC de modo discreto y el RMC [ecuación 7-113]:

▼M2

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot W_C \cdot (1 + X_{H_2Oexhdry})}{M_c \cdot X_{Ccombdry}} \quad (7\text{-}113)$$

▼B

Donde:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones

$\dot{m}_{\text{fuel}}$ = caudal de combustible incluida la humedad en el aire de admisión [g/s]

w_{C} = fracción másica de carbono del combustible dado [g/g]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$ = cantidad de H_2O por mol seco de caudal medido [mol/mol]

M_{C} = masa molecular del carbono 12,0107 g/mol

x_{Ccombdry} = cantidad de carbono procedente del combustible en el gas de escape por mol de gas de escape seco [mol/mol]

▼B

d) Cálculo del caudal molar del gas de escape basado en el caudal molar de aire de admisión medido, el caudal molar del gas de escape diluido, y el balance químico diluido

El caudal molar del gas de escape, $\dot{n}_{exh}$[mol/s], puede calcularse a partir del caudal molar del aire de admisión medido, $\dot{n}_{int}$, el caudal molar del gas de escape diluido medido, $\dot{n}_{dexh}$, y los valores calculados a partir del balance químico del punto 3.4.3. Es preciso señalar que el balance químico deberá basarse en las concentraciones en los gases de escape diluidos. Para los cálculos con caudal continuo, resolver el balance químico del punto 3.4.3 a la misma frecuencia de actualización y registro que $\dot{n}_{dexh}$ y $\dot{n}_{dexh}$. Este valor calculado $\dot{n}_{dexh}$ puede utilizarse para verificar la relación de dilución de partículas, el cálculo del caudal molar del aire de dilución en la corrección de fondo del punto 3.6.1 y el cálculo de la masa de emisiones del punto 3.5.1 para los tipos que se miden en el gas de escape sin diluir.

Basándose en el gas de escape diluido y en el caudal molar del aire de admisión, el caudal molar del gas de escape, [mol/s], se calculará de la manera siguiente:

$$\dot{n}_{exh} = (x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}) \cdot (1 - x_{H2Oexh}) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int} \qquad (7\text{-}114)$$

donde

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones $\dot{n}_{exh}$ [mol/s];

$x_{int/exhdry}$ = cantidad de aire de admisión necesaria para obtener productos de combustión propiamente dichos por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido) [mol/mol];

$x_{raw/exhdry}$ = cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido) [mol/mol];

x_{H2Oexh} = cantidad de agua en el gas de escape por mol de gas de escape [mol/mol];

$\dot{n}_{dexh}$ = caudal molar del gas de escape diluido a partir del que se miden las emisiones [mol/s];

$\dot{n}_{dexh}$ = caudal molar del aire de admisión incluida la humedad en el aire de admisión [mol/s].

3.6. Emisiones de gases diluidos

▼M2

3.6.1. Cálculo de la masa de emisiones y corrección de fondo

La masa de emisiones gaseosas m_{gas} [g/ensayo] en función de los caudales de las emisiones molares se calculará como sigue:

a) Con muestreo continuo y caudal variable, se calculará mediante la ecuación (7-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot X_{gasi} \qquad \text{[véase la ecuación (7-106)]}$$

donde:

Mgas = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gasi} = concentración molar instantánea de gas genérico en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

▼M2

b) Con muestreo continuo y caudal constante, se calculará mediante la ecuación (7-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \bar{x}_{gas} \cdot \Delta t \qquad \text{[véase la ecuación (7-107)]}$$

donde:

Mgas = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

Δt = duración del intervalo de ensayo

c) Con el muestreo por lotes, independientemente de que el caudal sea variable o constante, se calculará mediante la ecuación (7-108):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \bar{x}_{gas} \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \qquad \text{[véase la ecuación (7-108)]}$$

donde:

Mgas = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\bar{x}_{gas}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

d) En el caso del gas de escape diluido, los valores calculados de la masa de los contaminantes se corregirán restando la masa de las emisiones de fondo para tener en cuenta el aire de dilución:

i) en primer lugar, el caudal molar del aire de dilución, n_{airdil} [mol/s], se determinará durante el intervalo de ensayo; podrá tratarse de una cantidad medida o de una cantidad calculada a partir del caudal de gas de escape diluido y la fracción media ponderada según el caudal del aire de dilución en el gas de escape diluido, $\bar{x}_{dil/exh}$,

ii) el caudal total de aire de dilución n_{airdil} [mol] se multiplicará por la concentración media de la emisión de fondo; podrá tratarse de una media ponderada según el tiempo o una media ponderada según el caudal (por ejemplo, una muestra proporcional de las emisiones de fondo); el producto de n_{airdil} y la concentración media de una emisión de fondo es la cantidad total de la emisión de fondo,

iii) si el resultado es una cantidad molar, se convertirá a una masa de la emisión de fondo m_{bkgnd} [g] multiplicándola por la masa molar de emisión, M_{gas} [g/mol],

iv) la masa total de fondo se restará de la masa total para corregir las emisiones de fondo,

v) el caudal total de aire de dilución se podrá determinar mediante una medición directa del caudal; en este caso, la masa total de fondo se calculará utilizando el caudal de aire de dilución, n_{airdil}; la masa de fondo se restará de la masa total; el resultado se utilizará en los cálculos de las emisiones específicas del freno,

▼M2

vi) el caudal total de aire de dilución se podrá determinar a partir del caudal total de gas de escape diluido y un balance químico del combustible, el aire de admisión y el gas de escape, como se indica en el punto 3.4; en este caso, la masa total de fondo se calculará utilizando el caudal total de gas de escape diluido, n_{dexh}; a continuación, se multiplicará este resultado por la fracción media ponderada según el caudal del aire de dilución en el gas de escape diluido, $\bar{x}_{dil/exh}$.

Considerando los casos v) y vi), se utilizarán las ecuaciones (7-115) y (7-116):

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil} \text{ o } m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \bar{x}_{dil/exh} \cdot \bar{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh} \quad (7\text{-}115)$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad (7\text{-}116)$$

donde:

$Mgas$ = masa total de la emisión gaseosa [g]

m_{bkgnd} = masa total de fondo [g]

m_{gascor} = masa de gas corregida en función de las emisiones de fondo [g]

M_{gas} = masa molecular de la emisión de gases genérica [g/mol]

x_{gasdil} = concentración de la emisión gaseosa en el aire de dilución [mol/mol]

n_{airdil} = caudal molar de aire de dilución [mol]

$\bar{x}_{dil/exh}$ = fracción media ponderada en función del caudal del aire de dilución en el gas de escape diluido [mol/mol]

$\bar{x}_{bkgnd}$ = fracción de gas de fondo [mol/mol]

n_{dexh} = caudal total de gas de escape diluido [mol]

▼B

3.6.2. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Para la conversión de seco a húmedo en las muestras diluidas se utilizarán las mismas relaciones que en los gases sin diluir (punto 3.5.2). En el caso del aire de dilución se realizará una medición de la humedad con el fin de calcular su fracción de vapor de agua $x_{H2Odildry}$ [mol/mol] mediante la ecuación (7-96):

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{[(véase la ecuación (7-96)]}$$

Donde:

x_{H2Odil} = fracción molar de agua en el caudal de aire de dilución [mol/mol]

3.6.3. Caudal molar del gas de escape

a) Cálculo por medio del balance químico.

El caudal molar $\dot{n}_{exh}$ [mol/s], se puede calcular a partir del caudal másico de combustible $\dot{m}_{fuel}$ por medio de la ecuación (7-113):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot (1 + x_{H2Oexhdry})}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad \text{(véase la ecuación 7-113)}$$

▼B

Donde:

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones

$\dot{m}_{fuel}$ = caudal de combustible incluida la humedad en el aire de admisión [g/s]

w_C = fracción másica de carbono del combustible dado [g/g]

$x_{H2Oexhdry}$ = cantidad de H_2O por mol seco de caudal medido [mol/mol]

M_C = masa molecular del carbono 12,0107 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = cantidad de carbono procedente del combustible en el gas de escape por mol de gas de escape seco [mol/mol]

b) Medición

El caudal molar de gas de escape se puede medir por tres sistemas:

i) ►M2 Caudal molar en la PDP. Basándose en la velocidad de funcionamiento de la bomba de desplazamiento positivo (PDP) en un intervalo de ensayo, se utilizará la pendiente correspondiente, a_1, y la ordenada en el origen, a_0 [-], calculadas con el procedimiento de calibración establecido en el punto 3.9.2, para determinar el caudal molar $\dot{n}$ [mol/s], por medio de la ecuación (7-117): ◄

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad (7\text{-}117)$$

con:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0} \quad (7\text{-}118)$$

donde:

a_1 = coeficiente de calibración [m^3/s]

a_0 = coeficiente de calibración [m^3/rev]

p_{in}, p_{out} = presión a la entrada/salida [Pa]

R = molar gas constant [J/(mol · K)]

T_{in} = temperatura en la entrada [K]

V_{rev} = volumen bombeado por la PDP [m^3/rev]

$f_{n.,PDP}$ = velocidad de la PDP [rev/s]

ii) ►M2 Caudal molar del SSV. Basándose en C_d en función de $R_e^{\#}$ determinado de conformidad con el punto 3.9.4, el caudal molar del venturi subsónico (SSV) durante un ensayo de emisiones $\dot{n}$ [mol/s] se calculará mediante la ecuación (7-119): ◄

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}119)$$

Donde:

p_{in} = presión en la entrada [Pa]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m^2]

R = constante molar de gases [J/(mol·K)]

T_{in} = temperatura en la entrada [K]

Z = factor de compresibilidad

▼B

M_{mix} = masa molar del gas de escape diluido [kg/mol]

C_d = coeficiente de descarga del SSV [-]

C_f = coeficiente de caudal del SSV [-]

iii) ►M2 Caudal molar en el CFV. Para calcular el caudal molar a lo largo de un venturi o de una combinación de venturis, se utilizarán sus correspondientes medias, C_d, y otras constantes determinadas de conformidad con el punto 3.9.5. Se calculará su caudal molar $\dot{n}$ [mol/s] durante un ensayo de emisiones mediante la ecuación (7-120): ◄

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}120)$$

Donde:

p_{in} = presión en la entrada [Pa]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m^2]

R = constante molar de gases [J/(mol·K)]

T_{in} = temperatura en la entrada [K]

Z = factor de compresibilidad

M_{mix} = masa molar del gas de escape diluido [kg/mol]

C_d = coeficiente de descarga del CFV [-]

C_f = coeficiente de caudal del CFV [-]

3.7. Determinación de las partículas

3.7.1. Muestreo

a) Muestreo a partir de un caudal variable:

Si se recoge una muestra por lotes de un caudal variable, se habrá de extraer una muestra proporcional al caudal de gas de escape variable. El caudal se integrará en un intervalo de ensayo para determinar el caudal total. Se multiplicará la concentración media de partículas $\overline{M}_{PM}$ (que ya está en unidades de masa por mol de muestra) por el caudal total para obtener la masa total de partículas, m_{PM} [g] mediante la ecuación (7-121):

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} (\dot{n}_i \cdot \Delta t_i) \quad (7\text{-}121)$$

Donde:

$\dot{n}_i$ = caudal molar instantáneo de los gases de escape [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentración media de partículas [g/mol]

Δt_i = intervalo de muestreo [s]

b) Muestreo a partir de un caudal constante:

Si se recoge una muestra por lotes de un caudal constante de gas de escape, se determinará el caudal molar medio del cual se extrae la muestra. Se multiplicará la concentración media de partículas por el caudal total para obtener la masa total de partículas, m_{PM} [g] mediante la ecuación (7-122):

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad (7\text{-}122)$$

▼B

donde:

$\dot{n}$ = caudal molar de los gases de escape [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentración media de partículas [g/mol]

Δt = duración del intervalo de ensayo [s]

En el caso del muestreo con relación de dilución (*DR*) constante,m_{PM} [g], se calculará con la ecuación (7-123):

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad (7\text{-}123)$$

donde:

m_{PMdil} = masa de partículas en el aire de dilución [g]

DR = relación de dilución [-] definida como la relación entre la masa de la emisión, *m*, y la masa del gas de escape diluido, $m_{dil/exh}$ ($DR = m/m_{dil/exh}$).

La relación de dilución se puede expresar como función de $x_{dil/exh}$ [ecuación (7-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/exh}} \quad (7\text{-}124)$$

3.7.2. Corrección de fondo

Para la corrección de fondo de las partículas, se adoptará el mismo enfoque que en el punto 3.6.1. Multiplicando $\overline{M}_{PMbkgnd}$ por el caudal total de aire de dilución, se obtiene la masa total de las partículas de fondo, $m_{PMbkgnd}$ [g]. Al restar la masa total de fondo de la masa total se obtiene la masa de fondo corregida de las partículas, m_{PMcor} [g] [ecuación (7-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \overline{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \quad (7\text{-}125)$$

donde:

$m_{PMuncor}$ = masa de partículas sin corregir [g]

$\overline{M}_{PMbkgnd}$ = concentración media de partículas en el aire de dilución [g/mol]

n_{airdil} = caudal molar de aire de dilución [mol]

3.8. Trabajo del ciclo y emisiones específicas

3.8.1. Emisiones gaseosas

3.8.1.1. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC

Para el gas de escape sin diluir y diluido se remite, respectivamente, a los puntos 3.5.1 y 3.6.1. Los valores resultantes de la potenciaP_i [kW] se integrarán a lo largo del intervalo de ensayo. El trabajo total, W_{act} [kWh], se calculará mediante la ecuación (7-126):

▼M2

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \quad (7\text{-}126)$$

▼B

Donde:

P_i = potencia instantánea del motor [kW]

n_i = régimen instantáneo del motor [rpm]

T_i = par instantáneo del motor [N·m]

▼B

W_{act} = trabajo efectivo a lo largo del ciclo [kWh]

f = frecuencia de toma de muestras [Hz]

N = número de mediciones [-]

▼M2

Δt_i = el intervalo de mediciones [s]

▼B

Cuando los accesorios están instalados de conformidad con el apéndice 2 del anexo VI no realizará ningún ajuste en el par instantáneo del motor en la ecuación (7-126). Cuando, con arreglo a los puntos 6.3.2 o 6.3.3 del anexo VI del presente Reglamento, no se hayan instalado para el ensayo accesorios necesarios, o cuando estén instalados accesorios que deberían haberse retirado para el ensayo, el valor de T_i utilizado en la ecuación (7-126) se ajustará por medio de la ecuación (7-127):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \quad (7\text{-}127)$$

▼M2

Donde:

$T_{i,meas}$ es el valor medido del par instantáneo del motor

$T_{i,AUX}$ es el valor correspondiente del par necesario para hacer funcionar los accesorios, determinado de conformidad con el punto 7.7.2.3, letra b), del anexo VI.

▼B

Se calcularán las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (7\text{-}128)$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión [g/ensayo]

W_{act} = trabajo del ciclo [kWh]

En el caso del NRTC, para las emisiones gaseosas distintas del CO_2, el resultado final e_{gas} [g/kWh] será una media ponderada a partir del ensayo con arranque en frío y del ensayo con arranque en caliente calculada mediante la ecuación (7-129):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m_{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{actcold}) + (0{,}9 \cdot W_{acthot})} \quad (7\text{-}129)$$

Donde:

m_{cold} es las emisiones másicas gaseosas en el NRTC con arranque en frío [g]

$W_{act,\ cold}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC con arranque en frío [kWh]

m_{hot} es las emisiones másicas de gases en el NRTC con arranque en caliente [g]

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC con arranque en caliente [kWh]

En el caso del NRTC, para el CO_2, el resultado final e_{CO2} [g/kWh] se calculará a partir del NRTC con arranque en caliente mediante la ecuación (7-130):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}130)$$

Donde:

$m_{CO2,\ hot}$ es las emisiones másicas de CO_2 en el NRTC con arranque en caliente [g]

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC con arranque en caliente [kWh]

▼B

3.8.1.2. NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas, e_{gas} [kWh], se calcularán utilizando la ecuación (7-131):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{gasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}131)$$

donde:

$\dot{m}_{gas,i}$ = caudal másico medio de emisiones para el modo i [g/h]

▼M2

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

▼M2

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

▼B

3.8.2. Emisiones de partículas

3.8.2.1. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC

Las emisiones específicas de las partículas se calcularán transformando la ecuación (7-128) en la ecuación (7-132), donde e_{gas} [g/kWh], y m_{gas} [g/ensayo] se sustituyen por e_{PM} [g/kWh] y m_{PM} [g/ensayo] respectivamente:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}132)$$

Donde:

m_{PM} = masa total de la emisión de partículas, calculada con arreglo al punto 3.7.1 [g/ensayo]

W_{act} = trabajo del ciclo [kWh]

Las emisiones en el ciclo transitorio compuesto (es decir, el NRTC con arranque en frío y el NRTC con arranque en caliente) se calcularán como se indica en el punto 3.8.1.1.

3.8.2.2. NRSC de modo discreto

La emisión específica de partículas, e_{PM} [g/kWh], se calculará de la manera siguiente:

3.8.2.2.1. En el caso del método de filtro único, mediante la ecuación (7-133):

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}133)$$

▼B

Donde:

▼M2

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

$\dot{m}_{PM}$ = caudal másico de partículas [g/h]

▼M2

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

▼B

3.8.2.2.2. En el caso del método de múltiples filtros, mediante la ecuación (7-134):

▼M2

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{PMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}134)$$

▼B

Donde:

▼M2

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i = factor de ponderación para el modo *i* [-]

$\dot{m}_{PMi}$ = caudal másico de partículas en el modo *i* [g/h]

▼M2

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

▼B

En el método de filtro único, el factor de ponderación efectiva WF_{effi} de cada modo se calculará con la ecuación (7-135):

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \quad (7\text{-}135)$$

Donde:

$m_{smpldexhi}$ = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas en el modo *i* [kg]

$m_{smpldexh}$ = masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas [kg]

$\dot{m}_{eqdexhweti}$ = caudal másico equivalente del gas de escape diluido en el modo *i* [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}$ = caudal másico medio equivalente del gas de escape diluido [kg/s]

El valor de los factores de ponderación efectivos coincidirá con el de los factores de ponderación enumerados en el apéndice 1 del anexo XVII, con una tolerancia de 0,005 (valor absoluto).

3.8.3. Ajuste de los controles de emisiones que se regeneran de forma infrecuente (periódica)

En el caso de los motores, excepto los de categoría RLL, equipados con sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente (periódica) (véase el punto 6.6.2 del anexo VI), las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas con arreglo a los puntos 3.8.1 y 3.8.2 se corregirán con el factor multiplicativo de ajuste aplicable o con el factor de ajuste aditivo aplicable. En caso de que la regeneración infrecuente no se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor al alza ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). En caso de que la regeneración infrecuente se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor a la baja ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). En el caso del NRSC de modo discreto, cuando se hayan determinado los factores de ajuste para cada modo, se aplicarán a cada modo en el cálculo del resultado ponderado de las emisiones.

3.8.4. Ajuste del factor de deterioro

Las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas según los puntos 3.8.1 y 3.8.2, en su caso incluyendo el factor de ajuste de la regeneración infrecuente de conformidad con el punto 3.8.3, también se adaptarán utilizando el factor de deterioro multiplicativo o aditivo aplicable establecido de conformidad con los requisitos del anexo III.

3.9. Calibración del caudal de gas de escape diluido (CVS) y cálculos relacionados

En esta sección se describen los cálculos necesarios para calibrar distintos caudalímetros. En el punto 3.9.1 se indica cómo convertir los

▼B

valores obtenidos por los caudalímetros de referencia para su uso en las ecuaciones de calibración, que se presentan en base molar. Los puntos restantes describen los cálculos de calibración específicos de determinados tipos de caudalímetros.

3.9.1. Conversiones de los medidores de referencia

En las ecuaciones de calibración de esta sección se utiliza el caudal molar, $\dot{n}_{ref}$, como cantidad de referencia. Si el medidor de referencia adoptado produce un caudal de diferente cantidad, como el caudal volumétrico estándar, $\dot{V}_{stdref}$, el caudal volumétrico real, $\dot{V}_{actdref}$, o el caudal másico, $\dot{m}_{ref}$, el valor obtenido por el medidor de referencia se convertirá a un caudal molar mediante las ecuaciones (7-136), (7-137) y (7-138), teniéndose en cuenta que aunque los valores del caudal volumétrico, el caudal másico, la presión, la temperatura y la masa molar pueden cambiar durante un ensayo de emisiones, durante la calibración del caudalímetro se deben mantener lo más constantes posible para cada punto de consigna individual:

$$\dot{n}_{ref} = \frac{\dot{V}_{stdref} \cdot p_{std}}{T_{std} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{actref} \cdot p_{act}}{T_{act} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{ref}}{M_{mix}} \quad (7\text{-}136)$$

donde:

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

$\dot{V}_{stdref}$ = caudal volumétrico de referencia, corregido para una presión estándar y una temperatura estándar [m^3/s]

$\dot{V}_{actref}$ = caudal volumétrico de referencia, a la presión y la temperatura reales [m^3/s]

$\dot{m}_{ref}$ = caudal másico de referencia [g/s]

p_{std} = presión estándar [Pa]

p_{act} = presión real del gas [Pa]

T_{std} = temperatura estándar [K]

T_{act} = temperatura real del gas [K]

R = constante de gases

M_{mix} = masa molar del gas [g/mol]

3.9.2. Cálculos de calibración de la PDP

Para cada posición de la válvula reguladora y a partir de los valores determinados en el punto 8.1.8.4 del anexo VI, se calcularán los valores siguientes de acuerdo con lo indicado a continuación:

a) Volumen bombeado por la PDP por revolución, V_{rev} (m^3/rev):

$$V_{rev} = \frac{\overline{\dot{n}_{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{in}}{\overline{p}_{in} \cdot \overline{f}_{nPDP}} \quad (7\text{-}137)$$

donde:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = valor medio del caudal molar de referencia [mol/s]

R = constante molar de gases

$\overline{T}_{in}$ = temperatura media de admisión [K]

$\overline{P}_{in}$ = presión media de admisión [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = velocidad media de rotación [rev/s]

b) Factor de corrección del deslizamiento de la PDP, K_s [s/rev]:

$$K_s = \frac{1}{\overline{f}_{nPDP} \cdot \sqrt{\frac{\overline{p}_{out} - \overline{p}_{in}}{\overline{p}_{out}}}} \quad (7\text{-}138)$$

Donde:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = caudal molar medio de referencia [mol/s]

▼B

$\overline{T}_{in}$ = temperatura media de admisión [K]

$\overline{P}_{in}$ = presión media de admisión [Pa]

$\overline{P}_{out}$ = presión media en la salida [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = velocidad media de revolución de la PDP [rev/s]

R = constante molar de gases

c) Se realizará una regresión de mínimos cuadrados del volumen bombeado por la PDP por revolución, V_{rev}, en función del factor de corrección del deslizamiento de la PDP, K_s, calculando la pendiente, a_1, y la ordenada en el origen, a_0, como se indica en el apéndice 4.

d) Se repetirán las etapas a) a c) de este punto para cada velocidad de funcionamiento de la PDP.

e) El cuadro 7.4 ilustra estos cálculos para diferentes valores de $\overline{f}_{nPDP}$:

Cuadro 7.4

Ejemplo de datos de calibración de la PDP

$\overline{f}_{nPDP}$[rev/min]	$\overline{f}_{nPDP}$[rev/s]	a_1 [m^3/min]	a_1 [m^3/s]	a_0 [m^3/rev]
755,0	12,58	50,43	0,8405	0,056
987,6	16,46	49,86	0,831	– 0,013
1 254,5	20,9	48,54	0,809	0,028
1 401,3	23,355	47,30	0,7883	– 0,061

f) Para cada velocidad de funcionamiento de la PDP, la pendiente, a_1, y la ordenada en el origen, a_0, correspondientes se utilizarán para calcular el caudal durante los ensayos de emisiones como se indica en el punto 3.6.3, letra b).

3.9.3. Ecuaciones de funcionamiento del venturi e hipótesis admisibles

En esta sección se describen las ecuaciones aplicables al venturi y las hipótesis admisibles para calibrar un venturi y calcular el caudal con un venturi. Dada la similitud de funcionamiento entre el venturi subsónico (SSV) y el venturi de caudal crítico (CFV), las ecuaciones correspondientes son prácticamente las mismas en ambos casos, excepto la que describe su relación de presión, r (es decir, r_{SSV} en función de r_{CFV}). Estas ecuaciones suponen un caudal unidimensional comprimible sin viscosidad isoentrópica de un gas ideal. En el punto 3.9.3. letra d), se describen otros supuestos posibles. Si la hipótesis de un gas ideal para el caudal medido no es admisible, las ecuaciones fundamentales incluyen una corrección de primer orden para el comportamiento de un gas real, a saber, el factor de compresibilidad, Z. Si las buenas prácticas técnicas dictan el uso de un valor que no sea $Z = 1$, se podrá utilizar una ecuación de estado apropiada para determinar los valores de Z en función de las presiones y temperaturas medidas, o se podrán desarrollar unas ecuaciones de calibración específicas basándose en las buenas prácticas técnicas. Conviene señalar que la ecuación del coeficiente de caudal, C_f, se basa en el supuesto relativo al gas ideal de que el exponente isoentrópico, γ, es igual a la relación entre los calores específicos, c_p/c_V. Si las buenas prácticas técnicas dictan el uso del exponente isoentrópico de un gas real, se podrá utilizar una ecuación de estado apropiada para determinar los valores de γ en función de las presiones y temperaturas medidas, o se podrán desarrollar unas ecuaciones de calibración específicas. El caudal molar, $\dot{n}$ [mol/s], se calculará mediante la ecuación (7-139):

▼B

$$\dot{n} = C_{d} \cdot C_{f} \cdot \frac{A_{t} \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (7\text{-}139)$$

Donde:

C_d = coeficiente de descarga, determinado en el punto 3.9.3, letra a) [-]

C_f = coeficiente de caudal, determinado en el punto 3.9.3, letra a) [-]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m^2]

p_{in} = presión estática absoluta en la entrada del venturi [Pa]

Z = factor de compresibilidad [-]

M_{mix} = masa molar de la mezcla de gas [kg/mol]

R = constante molar de gases

T_{in} = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

a) Con los datos recogidos en el punto 8.1.8.4 del anexo VI, se calcula C_d utilizando la ecuación (7-140):

▼M2

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{in}} \quad (7\text{-}140)$$

▼B

Donde:

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

Los otros símbolos son los mismos que en la ecuación (7-139).

b) C_f se determinará por uno de los métodos siguientes:

i) Solo para los caudalímetros CFV, C_{fCFV} se deriva del cuadro 7.5 a partir de los valores de β (relación entre los diámetros del cuello del venturi y de entrada) y γ (relación entre los calores específicos de la mezcla de gases), mediante interpolación lineal para encontrar los valores intermedios:

Cuadro 7.5

C_{fCFV} en función de β and γ para los caudalímetros CFV

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} = 1,385	$\gamma_{dexh} = \gamma_{air}$ = 1,399
0,000	0,6822	0,6846
0,400	0,6857	0,6881
0,500	0,6910	0,6934
0,550	0,6953	0,6977
0,600	0,7011	0,7036
0,625	0,7047	0,7072
0,650	0,7089	0,7114
0,675	0,7137	0,7163
0,700	0,7193	0,7219
0,720	0,7245	0,7271

▼B

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} = 1,385	$\gamma_{dexh} = \gamma_{air}$ = 1,399
0,740	0,7303	0,7329
0,760	0,7368	0,7395
0,770	0,7404	0,7431
0,780	0,7442	0,7470
0,790	0,7483	0,7511
0,800	0,7527	0,7555
0,810	0,7573	0,7602
0,820	0,7624	0,7652
0,830	0,7677	0,7707
0,840	0,7735	0,7765
0,850	0,7798	0,7828

ii) Con cualquier caudalímetro CFV o SSV, podrá utilizarse la ecuación (7-141) para calcular C_f:

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot (r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1)}{(\gamma - 1) \cdot (\beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}})}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (7\text{-}141)$$

Donde:

γ = exponente isoentrópico [-]. Para un gas ideal, esta es la relación entre los calores específicos de la mezcla de gases, c_p/c_V

r = relación entre las presiones, determinada en el punto c) 3) del presente punto

β = relación entre el cuello del venturi y los diámetros de entrada

c) La relación entre las presiones, r, se calculará de la manera siguiente:

i) Solo en el caso de los sistemas SSV, r_{SSV} se calculará mediante la ecuación (7-142):

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{p_{in}} \quad (7\text{-}142)$$

Donde:

Δp_{ssv} = presión estática diferencial entre la entrada y el cuello del venturi [Pa]

ii) Solo en el caso de los sistemas CFV, r_{CFV} se calculará de manera iterativa mediante la ecuación (7-143):

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma - 1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma + 1}{2} \quad (7\text{-}143)$$

d) Se podrá adoptar cualquiera de los siguientes supuestos de simplificación de las ecuaciones, o bien se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar valores más adecuados para los ensayos:

i) En los ensayos de emisiones de toda la gama de gases de escape sin diluir, gases de escape diluidos y aire de dilución, se podrá suponer que la mezcla de gases se comporta como un gas ideal: $Z = 1$;

▼B

ii) En toda la gama de gases de escape, se podrá suponer una relación de calores específicos constante = 1.385.

iii) En toda la gama de gases de escape diluidos y aire (p. ej., aire de calibración o aire de dilución), se podrá suponer una relación de calores específicos constante =1.399.

iv) En toda la gama de gases de escape diluidos y aire, la masa molar de la mezcla, M_{mix} [g/mol], solo se podrá considerar función de la cantidad de agua en el aire de dilución o en el aire de calibración, x_{H2O}, determinada como se indica en el punto 3.3.2, y se calculará mediante la ecuación (7-144):

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H2O}) + M_{H2O} \cdot (x_{H2O}) \quad (7\text{-}144)$$

Donde:

M_{air} = 28,96559 g/mol

M_{H2O} = 18,01528 g/mol

x_{H2O} = cantidad de agua en el aire de dilución o de calibración [mol/mol]

v) En toda la gama de gases de escape sin diluir y aire, se podrá suponer una masa molar constante de la mezcla, M_{mix}, para toda la calibración y todos los ensayos, a condición de que la masa molar supuesta no difiera más de un ±1 % de las masas molares mínima y máxima estimadas en la calibración y los ensayos. Se podrá hacer esta suposición si se garantiza un control suficiente de la cantidad de agua en el aire de calibración y en el aire de dilución, o si se retira agua suficiente del aire de calibración y del aire de dilución. El cuadro 7.6 presenta ejemplos de rangos admisibles del punto de rocío del aire de dilución en relación con el punto de rocío del aire de calibración:

Cuadro 7.6

Ejemplos de puntos de rocío del aire de dilución y el aire de calibración en los que se puede suponer una M_{mix} constante

Si el T_{dew} (°C) de calibración es...	se supone la constante M_{mix} (g/mol) siguiente	para los intervalos siguientes de T_{dew} (°C)] durante los ensayos de emisiones [a]
seco	28,96559	seco a 18
0	28,89263	seco a 21
5	28,86148	seco a 22
10	28,81911	seco a 24
15	28,76224	seco a 26
20	28,68685	– 8 a 28
25	28,58806	12 a 31
30	28,46005	23 a 34

[a] Intervalo válido para todos los ensayos de calibración y emisiones en el intervalo de presión atmosférica (80,000 a 103,325) kPa.

▼B

3.9.4. Calibración del SSV

a) Enfoque con base molar. Para calibrar un caudalímetro SSV se seguirán estos pasos:

i) Se calculará el número de Reynolds, $Re^{\#}$, de cada caudal molar de referencia utilizando el diámetro del cuello del venturi, d_t [ecuación (7-145)]. Dado que para calcular $Re^{\#}$ se precisa la viscosidad dinámica, μ, se podrá utilizar un modelo de viscosidad específico para determinar el valor de μ correspondiente al gas de calibración (por lo general, aire), aplicando las buenas prácticas técnicas [ecuación (7-146)]. De manera alternativa, para aproximar μ se podrá utilizar el modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland (véase el cuadro 7.7):

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\text{mix}} \cdot \dot{n}_{\text{ref}}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \qquad (7\text{-}145)$$

Donde:

d_t = diámetro del cuello del SSV [m]

M_{mix} = masa molar de la mezcla [kg/mol]

$\dot{n}_{\text{ref}}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

y, utilizando el modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{in}}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{in} + S}\right) \qquad (7\text{-}146)$$

Donde:

μ = viscosidad dinámica del gas de calibración [kg/(m•s)]

μ_0 = viscosidad de referencia de Sutherland [kg/(m·s)]

S = constante de Sutherland [K]

T_0 = temperatura de referencia de Sutherland [K]

T_{in} = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

Cuadro 7.7

Parámetros del modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland

Gas [a]	μ_0	T_0	S	Intervalo de temperatura con un margen de error del ± 2 %	Límite de presión
	kg /(m·s)	K	K	K	kPa
Aire	$1{,}716 \times 10^{-5}$	273	111	170 a 1900	≤ 1 800
CO_2	$1{,}370 \times 10^{-5}$	273	222	190 a 1700	≤ 3 600
H_2O	$1{,}12 \times 10^{-5}$	350	1,064	360 a 1500	≤ 10 000
O_2	$1\,919 \times 10^{-5}$	273	139	190 a 2000	≤ 2 500
N_2	$1\,663 \times 10^{-5}$	273	107	100 a 1500	≤ 1 600

[a] Únicamente se utilizarán los parámetros tabulados para los gases puros, según la lista. Los parámetros de cálculo de la viscosidad de las mezclas de gases no se combinarán.

▼B

ii) Se establecerá una ecuación para C_d en función de $Re^{\#}$, utilizando pares de valores ($Re^{\#}$, C_d). C_d se calcula con la ecuación (7-140), donde C_f se obtiene de la ecuación (7-141), o se podrá utilizar cualquier expresión matemática, incluidos polinomios y series de potencias. La ecuación (7-147) es un ejemplo de expresión matemática utilizada comúnmente para relacionar C_d and $Re^{\#}$:

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \quad (7\text{-}147)$$

iii) Se efectuará un análisis de regresión de mínimos cuadrados para determinar los coeficientes más adecuados para la ecuación y se calcularán las estadísticas de regresión de la ecuación, el error estándar estimado, *SEE*, y el coeficiente de determinación, r^2, con arreglo al apéndice 3.

iv) Si la ecuación cumple los criterios de $SEE < 0{,}5\ \% \ n_{ref\ max}$ (o) y $r^2 \geq 0{,}995$, podrá utilizarse para determinar C_d para los ensayos de emisiones, como se indica en el punto 3.6.3, letra b).

v) Si los criterios de *SEE* y r^2 no se cumplen, se podrán aplicar las buenas prácticas técnicas para omitir los puntos de calibración a fin de cumplir las estadísticas de regresión. Para que se cumplan los criterios se utilizarán como mínimo siete puntos de calibración.

vi) Si omitiendo puntos no se resuelven las discrepancias, se adoptarán medidas correctivas. Por ejemplo, se seleccionará otra expresión matemática para la ecuación de C_d en función de $Re^{\#}$, se buscarán fugas o se repetirá el proceso de calibración. Si el proceso se ha de repetir, se aplicarán a las mediciones tolerancias más estrictas y se permitirá más tiempo para estabilizar los flujos.

vii) Una vez que la ecuación cumpla los criterios de regresión, solo se utilizará para determinar los caudales que se encuentren dentro del intervalo de los caudales de referencia utilizados para cumplir los criterios de regresión de la ecuación C_d en función de $Re^{\#}$.

▼M2

3.9.5. Calibración del CFV

Algunos caudalímetros consisten en un solo venturi y otros consisten en múltiples venturis y utilizan diferentes combinaciones de venturis para medir los diferentes caudales. En el caso de los caudalímetros CFV que constan de múltiples venturis, se podrá efectuar la calibración de cada venturi independientemente para determinar un coeficiente de descarga separado, C_d, para cada venturi, o bien la calibración de cada combinación de venturis como un venturi. Cuando se calibre una combinación de venturis, se tomará como A_t la suma de las superficies de los cuellos de los venturis activos; como d_t, la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los diámetros de los cuellos de los venturis activos, y la relación entre la raíz cuadrada de la suma de los diámetros de los cuellos de los venturis activos (d_t) y el diámetro de la entrada común de todos los venturis (D) como relación entre los cuellos y los diámetros de entrada de los venturis. Para determinar el C_d de un venturi único o una combinación única de venturis, se procederá como sigue:

▼**M2**

a) con los datos recogidos en cada punto de consigna de calibración, se calculará un C_d individual para cada punto mediante la ecuación (7-140);

b) la media y la desviación estándar de todos los valores de C_d se calcularán mediante las ecuaciones (7-155) y (7-156);

c) si la desviación estándar de todos los valores de C_d es inferior o igual al 0,3 % del *Cd* medio, en la ecuación (7-120) se utilizará el C_d medio y el CFV solo se utilizará por debajo del valor inferior de *r* medido durante la calibración;

$$r = 1 - (\Delta p / p_{in}) \quad (7\text{-}148)$$

d) si la desviación estándar de todos los valores de C_d supera el 0,3 % del C_d medio, se omitirán los valores de C_d correspondientes al punto de medición recogido en el valor inferior de *r* medido en la calibración;

e) si quedan menos de siete puntos de medición, se habrán de adoptar acciones correctivas comprobando los datos de calibración o repitiendo el proceso de calibración; en caso de que se repita el proceso de calibración, se recomienda comprobar si hay fugas, aplicar tolerancias más estrictas en las mediciones y dejar más tiempo para que los flujos se estabilicen;

f) si quedan siete o más valores de C_d, se volverá a calcular la media y la desviación estándar de los valores de C_d que queden;

g) si la desviación estándar de los C_d restantes es inferior o igual al 0,3 % de la media de los C_d restantes, ese C_d medio se utilizará en la ecuación (7-120) y solo se utilizarán los valores de CFV inferiores al valor más bajo de *r* asociado al C_d restante;

h) si la desviación estándar de los C_d restantes sigue superando el 0,3 % de la media de los valores de los C_d restantes, se repetirán los pasos de las letras d) a g).

▼B

Apéndice 1

Corrección de la desviación

1. **Ámbito y frecuencia**

Los cálculos del presente apéndice sirven para determinar si la desviación del analizador de gases invalida los resultados de un intervalo de ensayo. En caso de que no los invalide, la desviación de las respuestas del analizador de gases correspondientes al intervalo de ensayo se corregirá de acuerdo con las indicaciones del presente apéndice. En todos los cálculos de emisiones posteriores, las respuestas del analizador de gases se utilizarán con corrección de la desviación. El umbral aceptable para la desviación de un analizador de gases en un intervalo de ensayo se especifica en el punto 8.2.2.2 del anexo VI.

2. **Principios de corrección**

En los cálculos del presente apéndice se utilizan las respuestas de un analizador de gases a las concentraciones de referencia de cero y de calibración de los gases analíticos, determinadas antes y después de un intervalo de ensayo. Los cálculos corrigen las respuestas del analizador de gases registradas durante un intervalo de ensayo. La corrección se basa en las respuestas medias de un analizador a los gases de cero y patrón de referencia y en las concentraciones de referencia de los propios gases de cero y patrón. La validación y la corrección de la desviación se efectuarán se indica a continuación.

3. **Validación de la desviación**

Tras aplicar el resto de las correcciones (excepto la corrección de la desviación) a todas las señales del analizador de gases, se calcularán las emisiones específicas del freno con arreglo a lo dispuesto en el punto 3.8. A continuación se corregirá la desviación de todas las señales del analizador de gases de acuerdo con las indicaciones del presente apéndice. Se volverán a calcular las emisiones específicas del freno utilizando todas las señales del analizador de gases con corrección de la desviación. Los resultados de las emisiones específicas del freno se validarán y se comunicarán antes y después de la corrección de la desviación con arreglo a lo dispuesto en el punto 8.2.2.2 del anexo VI.

4. **Corrección de la desviación**

Todas las señales del analizador de gases se corregirán como sigue:

a) En cada concentración registrada, x_i, se corregirá el muestreo continuo o el muestreo por lotes, $\bar{x}$.

b) La corrección de la deriva se calculará mediante la ecuación (7-149):

$$x_{i\text{driftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}149)$$

Donde:

$x_{i\text{driftcor}}$ = concentración con corrección de la desviación [µmol/mol]

x_{refzero} = concentración de referencia del gas de cero, que suele ser cero salvo que se le conozca otro valor [µmol/mol]

x_{refspan} = concentración de referencia del gas patrón [µmol/mol]

x_{prespan} = repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración de gas patrón [µmol/mol]

x_{postspan} = repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración de gas patrón [µmol/mol]

x_i o $\bar{x}$ = concentración registrada, es decir, medida, durante el ensayo, antes de la corrección de la deriva [µmol/mol]

▼B

$x_{prezero}$ = repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero [µmol/mol]

$x_{postzero}$ = repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas de cero [µmol/mol]

c) Para cualquier concentración previa al intervalo de ensayo, se utilizarán las concentraciones determinadas más recientemente antes de este. En algunos intervalos de ensayo, los valores más recientes previos al valor de cero o al valor de calibración se pueden haber producido antes de uno o más intervalos de ensayo previos.

d) Para cualquier concentración posterior al intervalo de ensayo, se utilizarán las concentraciones determinadas más recientemente después del intervalo de ensayo. En algunos intervalos de ensayo, los valores posteriores al valor de cero o al valor de calibración se pueden haber obtenido antes de uno o más intervalos de ensayo posteriores.

e) Si alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas patrón, $x_{prespan}$, no se registra, se tomará como $x_{prespan}$ la concentración de referencia del gas patrón: $x_{prespan} = x_{refspan}$;

f) Si alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero, $x_{prezero}$, no se registra, se tomará como $x_{prezero}$ la concentración de referencia del gas de cero: $x_{prezero} = x_{refzero}$;

g) Por lo general, la concentración de referencia del gas de cero, $x_{refzero}$, es cero: $x_{refzero}$ = 0 µmol/mol. Sin embargo, en algunos casos la concentración de $x_{refzero}$ podría no ser cero. Por ejemplo, si un analizador de CO_2 se pone a cero utilizando aire ambiente, se podría utilizar la concentración por defecto de CO_2 en el aire ambiente, que es 375 µmol/mol. En este caso, $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol. Cuando se ponga a cero un analizador utilizando un $x_{refzero}$ diferente de cero, el analizador se regulará para mostrar la concentración $x_{refzero}$ real. Por ejemplo, si $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol, el analizador se regulará para dar un valor de 375 µmol/mol cuando entre en el mismo el gas de cero.

▼B

Apéndice 2

Verificación del caudal de carbono

1. **Introducción**

Todo el carbono presente en el gas de escape, salvo una parte mínima, procede del combustible, y casi todo se encuentra en forma de CO_2. Por ello, el control de la verificación del sistema se basa en las mediciones de CO_2. En el caso de los motores de encendido por chispa sin control de exceso de aire λ o que funcionan fuera del intervalo $0{,}97 \leq \lambda \leq 1{,}03$, el procedimiento también deberá incluir la medición de HC y CO.

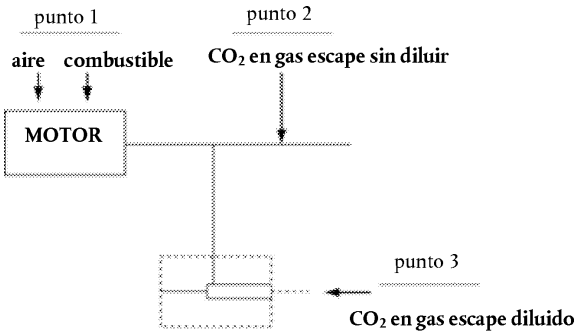
El caudal de carbono que entra en los sistemas de medición del gas de escape se determina a partir del caudal de combustible. El caudal de carbono en distintos puntos de muestreo de los sistemas de muestreo de emisiones y de partículas se determina a partir de las concentraciones de CO_2 (o CO_2, HC y CO) y de los caudales de gas en dichos puntos.

En este sentido, el motor genera un caudal de carbono conocido, y la constatación de que el caudal de carbono es idéntico en el tubo de escape y en la salida del sistema de muestreo de partículas de flujo parcial permite confirmar la ausencia de fugas y la precisión de la medición del caudal. Esta verificación tiene la ventaja de que los componentes actúan en condiciones reales de ensayo del motor por lo que respecta a la temperatura y al caudal.

La figura 7.1 muestra los puntos de muestreo en los que deberán comprobarse los caudales de carbono. En los puntos siguientes aparecen las ecuaciones específicas para los flujos de carbono en cada uno de los puntos de muestreo.

Figura 7.1

Puntos de medición para verificar el caudal de carbono



2. **Caudal de carbono que entra en el motor (posición 1)**

El caudal másico de carbono que entra en el motor q_{mCf} [kg/s] para un combustible se calculará mediante la ecuación (7-150):

$$q_{mCF} = \frac{12{,}011}{12{,}011 + \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon} \cdot g_{mf} \qquad (7\text{-}150)$$

Donde:

q_{mf} = caudal másico de combustible [kg/s]

▼B

3. **Caudal de carbono en el gas de escape sin diluir (posición 2)**

3.1. Basándose en el CO_2

El caudal másico de carbono en el tubo de escape del motor, q_{mCe} [kg/s], se determinará a partir de la concentración de CO_2 sin diluir y del caudal másico del gas de escape mediante la ecuación (7-151):

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \quad (7\text{-}151)$$

donde:

$c_{CO2,r}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape sin diluir [%]

$c_{CO2,a}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el aire ambiente [%]

q_{mew} = caudal másico del gas de escape en base húmeda [kg/s]

M_e = masa molar del gas de escape [g/mol]

Si el CO_2 se mide en base seca, se convertirá a base húmeda de acuerdo con el punto 2.1.3 o 3.5.2.

3.2. Basándose en CO_2, HC and CO

Como alternativa al realizar el cálculo únicamente basado en el CO_2 del punto 3.1. el caudal másico de carbono en el tubo de escape del motor, q_{mCe} [kg/s], se determinará a partir de la concentración de CO_2 sin diluir y del caudal másico del gas de escape mediante la ecuación (7-152):

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),r} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,r} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \quad (7\text{-}152)$$

Donde:

$c_{CO2,r}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape sin diluir [%]

$c_{CO2,a}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el aire ambiente [%]

$c_{THC(C1),r}$ = concentración de THC(C1) en el gas de escape sin diluir [%]

$c_{THC(C1),a}$ = concentración de THC(C1) en el aire ambiente [%]

$c_{CO,r}$ = concentración en base húmeda de CO en el gas de escape sin diluir [%]

$c_{CO,a}$ = concentración en base húmeda de CO en el aire ambiente [%]

q_{mew} = caudal másico del gas de escape en base húmeda [kg/s]

M_e = masa molar del gas de escape [g/mol]

Si el CO_2 o el CO se miden en base seca, se convertirán a base húmeda de acuerdo con el punto 2.1.3 o 3.5.2.

▼B

4. **Caudal de carbono en el sistema de dilución (posición 3)**

4.1. Basándose en el CO_2

Para el sistema de dilución de flujo parcial, debe tomarse también en consideración la relación de división. El caudal másico de carbono en un sistema de dilución equivalente, q_{mCp} [kg/s] (donde «equivalente» significa equivalente a un sistema de flujo total en el que está diluido el flujo total), se determinará a partir de la concentración de CO_2 diluido, el caudal másico del gas de escape y el caudal de muestreo. La nueva ecuación (7-153) es idéntica a la ecuación (7-151), con la única diferencia de que está completada por el factor de dilución.

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \qquad (7\text{-}153)$$

Donde:

$c_{CO2,d}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución [%]

$c_{CO2,a}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el aire ambiente [%]

q_{mdew} = caudal de muestreo diluido en el sistema de dilución de flujo parcial [kg/s]

q_{mew} = caudal másico del gas de escape en base húmeda [kg/s]

q_{mp} = caudal de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial [kg/s]

M_e = masa molar del gas de escape [g/mol]

Si el CO_2 se mide en base seca, se convertirá a base húmeda de acuerdo con el punto 2.1.3 o 3.5.2.

4.2. Basándose en CO_2, HC and CO

Para el sistema de dilución de flujo parcial, debe tomarse también en consideración la relación de división. Como alternativa al realizar el cálculo únicamente basado en el CO_2 del punto 4.1, el caudal másico de carbono en un sistema de dilución equivalente, q_{mCp} [kg/s] (donde «equivalente» significa equivalente a un sistema de flujo total en el que está diluido el flujo total), se determinará a partir de las concentraciones de CO_2, HC y CO diluidos, el caudal másico del gas de escape y el caudal de muestreo. La nueva ecuación (7-154) es idéntica a la ecuación (7-152), con la única diferencia de que está completada por el factor de dilución.

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),d} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,d} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \qquad (7\text{-}154)$$

Donde:

$c_{CO2,d}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución [%]

$c_{CO2,a}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el aire ambiente [%]

$c_{THC(C1),d}$ = concentración de THC(C1) en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución [%]

$c_{THC(C1),a}$ = concentración de THC(C1) en el aire ambiente [%]

$c_{CO,d}$ = concentración en base húmeda de CO en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución [%]

$c_{CO,a}$ = concentración en base húmeda de CO en el aire ambiente [%]

▼B

q_{mdew} = caudal de muestreo diluido en el sistema de dilución de flujo parcial [kg/s]

q_{mew} = caudal másico del gas de escape en base húmeda [kg/s]

q_{mp} = caudal de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial [kg/s]

M_e = masa molar del gas de escape [g/mol]

Si el CO_2 o el CO se miden en base seca, se convertirán a base húmeda de acuerdo con el punto 2.1.3 o 3.5.2 del presente anexo.

5. **Cálculo de la masa molar del gas de escape**

La masa molar del gas de escape se calculará con la ecuación (7-13) (véase el punto 2.1.5.2 del presente anexo).

Como alternativa, puede utilizarse la siguiente masa molar del gas de escape:

M_e (diésel) = 28,9 g/mol

M_e (GLP) = 28,6 g/mol

M_e (gas natural / biometano) = 28,3 g/mol

M_e (gasolina) = 29,0 g/mol

▼B

Apéndice 3

Estadísticas

1. **Media aritmética**

La media aritmética, $\overline{y}$, se calculará mediante la ecuación (7-155):

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \tag{7-155}$$

2. **Desviación estándar**

La desviación estándar de una muestra no sesgada (p. ej., *N*–1), σ, se calculará mediante la ecuación (7-156):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y})^2}{(N-1)}} \tag{7-156}$$

3. **Valor cuadrático medio**

El valor cuadrático medio, rms_y, se calculará mediante la ecuación (7-157):

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \tag{7-157}$$

4. **Prueba t**

Para determinar si los datos superan un test t, se utilizarán las ecuaciones siguientes y el cuadro 7.8:

a) En el caso de una prueba *t* para muestras independientes, el dato estadístico *t* y su número de grados de libertad, *v*, se calcularán mediante las ecuaciones (7-158) y (7-159):

$$t = \frac{|\overline{y}_{ref} - \overline{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \tag{7-158}$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{ref}^2/N_{ref})^2}{N_{ref}-1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N-1}} \tag{7-159}$$

b) En el caso de una prueba *t* para muestras relacionadas, el dato estadístico *t* y su número de grados de libertad, *v*, se calcularán mediante la ecuación (7-160), teniendo en cuenta que ε_i son los errores (p. ej., las diferencias) entre cada par de y_{refi} e y_i:

$$t = \frac{|\overline{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \tag{7-160}$$

c) Se utilizará el cuadro 7.8 para comparar *t* con los valores de t_{crit} tabulados con respecto al número de grados de libertad. Si *t* es inferior a t_{crit}, *t* supera la prueba *t*.

Cuadro 7.8

Valores críticos de *t* y número de grados de libertad, *v*

v	Confianza	
	90 %	95 %
1	6,314	12,706
2	2,920	4,303
3	2,353	3,182

▼B

v	Confianza	
4	2,132	2,776
5	2,015	2,571
6	1,943	2,447
7	1,895	2,365
8	1,860	2,306
9	1,833	2,262
10	1,812	2,228
11	1,796	2,201
12	1,782	2,179
13	1,771	2,160
14	1,761	2,145
15	1,753	2,131
16	1,746	2,120
18	1,734	2,101
20	1,725	2,086
22	1,717	2,074
24	1,711	2,064
26	1,706	2,056
28	1,701	2,048
30	1,697	2,042
35	1,690	2,030
40	1,684	2,021
50	1,676	2,009
70	1,667	1,994
100	1,660	1,984
1 000+	1,645	1,960

Los valores que no se muestran aquí se determinarán por interpolación lineal.

5. **Prueba F**

El dato estadístico F se calculará mediante la ecuación (7-161):

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \tag{7-162}$$

a) En el caso de una prueba F con un intervalo de confianza del 90 %, se utilizará el cuadro 7.9 para comparar F con los valores de F_{crit90} tabulados con respecto a $(N - 1)$ y $(N_{\text{ref}} - 1)$. Si F es inferior a F_{crit90}, F supera la prueba F con un intervalo de confianza del 90 %.

b) En el caso de una prueba F con un intervalo de confianza del 95 %, se utilizará el cuadro 7.10 para comparar F con los valores de F_{crit95} tabulados con respecto a (N – 1) y $(N_{\text{ref}} - 1)$. Si F es inferior a F_{crit95}, F supera la prueba F con un intervalo de confianza del 95 %.

▼M2

Cuadro 7-9

Valores críticos de F, F_{crit90}, en función de N – 1 y $N_{ref\ -\ 1}$ con un intervalo de confianza del 90 %

$N-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
$N_{ref}-1$																			
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,90	59,43	59,85	60,19	60,70	61,22	61,74	62,00	62,26	62,52	62,79	63,06	63,32
2	8,526	9,000	9,162	9,243	9,293	9,326	9,349	9,367	9,381	9,392	9,408	9,425	9,441	9,450	9,458	9,466	9,475	9,483	9,491
3	5,538	5,462	5,391	5,343	5,309	5,285	5,266	5,252	5,240	5,230	5,216	5,200	5,184	5,176	5,168	5,160	5,151	5,143	5,134
4	4,545	4,325	4,191	4,107	4,051	4,010	3,979	3,955	3,936	3,920	3,896	3,870	3,844	3,831	3,817	3,804	3,790	3,775	3,761
5	4,060	3,780	3,619	3,520	3,453	3,405	3,368	3,339	3,316	3,297	3,268	3,238	3,207	3,191	3,174	3,157	3,140	3,123	3,105
6	3,776	3,463	3,289	3,181	3,108	3,055	3,014	2,983	2,958	2,937	2,905	2,871	2,836	2,818	2,800	2,781	2,762	2,742	2,722
7	3,589	3,257	3,074	2,961	2,883	2,827	2,785	2,752	2,725	2,703	2,668	2,632	2,595	2,575	2,555	2,535	2,514	2,493	2,471
8	3,458	3,113	2,924	2,806	2,726	2,668	2,624	2,589	2,561	2,538	2,502	2,464	2,425	2,404	2,383	2,361	2,339	2,316	2,293
9	3,360	3,006	2,813	2,693	2,611	2,551	2,505	2,469	2,440	2,416	2,379	2,340	2,298	2,277	2,255	2,232	2,208	2,184	2,159
10	3,285	2,924	2,728	2,605	2,522	2,461	2,414	2,377	2,347	2,323	2,284	2,244	2,201	2,178	2,155	2,132	2,107	2,082	2,055
11	3,225	2,860	2,660	2,536	2,451	2,389	2,342	2,304	2,274	2,248	2,209	2,167	2,123	2,100	2,076	2,052	2,026	2,000	1,972
12	3,177	2,807	2,606	2,480	2,394	2,331	2,283	2,245	2,214	2,188	2,147	2,105	2,060	2,036	2,011	1,986	1,960	1,932	1,904
13	3,136	2,763	2,560	2,434	2,347	2,283	2,234	2,195	2,164	2,138	2,097	2,053	2,007	1,983	1,958	1,931	1,904	1,876	1,846
14	3,102	2,726	2,522	2,395	2,307	2,243	2,193	2,154	2,122	2,095	2,054	2,010	1,962	1,938	1,912	1,885	1,857	1,828	1,797
15	3,073	2,695	2,490	2,361	2,273	2,208	2,158	2,119	2,086	2,059	2,017	1,972	1,924	1,899	1,873	1,845	1,817	1,787	1,755
16	3,048	2,668	2,462	2,333	2,244	2,178	2,128	2,088	2,055	2,028	1,985	1,940	1,891	1,866	1,839	1,811	1,782	1,751	1,718
17	3,026	2,645	2,437	2,308	2,218	2,152	2,102	2,061	2,028	2,001	1,958	1,912	1,862	1,836	1,809	1,781	1,751	1,719	1,686
18	3,007	2,624	2,416	2,286	2,196	2,130	2,079	2,038	2,005	1,977	1,933	1,887	1,837	1,810	1,783	1,754	1,723	1,691	1,657
19	2,990	2,606	2,397	2,266	2,176	2,109	2,058	2,017	1,984	1,956	1,912	1,865	1,814	1,787	1,759	1,730	1,699	1,666	1,631
20	2,975	2,589	2,380	2,249	2,158	2,091	2,040	1,999	1,965	1,937	1,892	1,845	1,794	1,767	1,738	1,708	1,677	1,643	1,607
21	2,961	2,575	2,365	2,233	2,142	2,075	2,023	1,982	1,948	1,920	1,875	1,827	1,776	1,748	1,719	1,689	1,657	1,623	1,586

▼M2

$N-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
20	2,949	2,561	2,351	2,219	2,128	2,061	2,008	1,967	1,933	1,904	1,859	1,811	1,759	1,731	1,702	1,671	1,639	1,604	1,567
23	2,937	2,549	2,339	2,207	2,115	2,047	1,995	1,953	1,919	1,890	1,845	1,796	1,744	1,716	1,686	1,655	1,622	1,587	1,549
24	2,927	2,538	2,327	2,195	2,103	2,035	1,983	1,941	1,906	1,877	1,832	1,783	1,730	1,702	1,672	1,641	1,607	1,571	1,533
25	2,918	2,528	2,317	2,184	2,092	2,024	1,971	1,929	1,895	1,866	1,820	1,771	1,718	1,689	1,659	1,627	1,593	1,557	1,518
26	2,909	2,519	2,307	2,174	2,082	2,014	1,961	1,919	1,884	1,855	1,809	1,760	1,706	1,677	1,647	1,615	1,581	1,544	1,504
27	2,901	2,511	2,299	2,165	2,073	2,005	1,952	1,909	1,874	1,845	1,799	1,749	1,695	1,666	1,636	1,603	1,569	1,531	1,491
28	2,894	2,503	2,291	2,157	2,064	1,996	1,943	1,900	1,865	1,836	1,790	1,740	1,685	1,656	1,625	1,593	1,558	1,520	1,478
29	2,887	2,495	2,283	2,149	2,057	1,988	1,935	1,892	1,857	1,827	1,781	1,731	1,676	1,647	1,616	1,583	1,547	1,509	1,467
30	2,881	2,489	2,276	2,142	2,049	1,980	1,927	1,884	1,849	1,819	1,773	1,722	1,667	1,638	1,606	1,573	1,538	1,499	1,456
40	2,835	2,440	2,226	2,091	1,997	1,927	1,873	1,829	1,793	1,763	1,715	1,662	1,605	1,574	1,541	1,506	1,467	1,425	1,377
60	2,791	2,393	2,177	2,041	1,946	1,875	1,819	1,775	1,738	1,707	1,657	1,603	1,543	1,511	1,476	1,437	1,395	1,348	1,291
120	2,748	2,347	2,130	1,992	1,896	1,824	1,767	1,722	1,684	1,652	1,601	1,545	1,482	1,447	1,409	1,368	1,320	1,265	1,193
1 000+	2,706	2,303	2,084	1,945	1,847	1,774	1,717	1,670	1,632	1,599	1,546	1,487	1,421	1,383	1,342	1,295	1,240	1,169	1,000

Cuadro 7-10

Valores críticos de F, F_{crit95}, en función de N – 1 y $N_{ref\ -\ 1}$ con un intervalo de confianza del 95 %

N – 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
$N_{ref}-1$																			
1	161,4	199,5	215,7	224,5	230,1	233,9	236,7	238,8	240,5	241,8	243,9	245,9	248,0	249,0	250,1	251,1	252,2	253,2	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,24	19,29	19,33	19,35	19,37	19,38	19,39	19,41	19,42	19,44	19,45	19,46	19,47	19,47	19,48	19,49
3	10,12	9,552	9,277	9,117	9,014	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,745	8,703	8,660	8,639	8,617	8,594	8,572	8,549	8,526
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,912	5,858	5,803	5,774	5,746	5,717	5,688	5,658	5,628
5	6,608	5,786	5,410	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,773	4,735	4,678	4,619	4,558	4,527	4,496	4,464	4,431	4,399	4,365
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,000	3,938	3,874	3,842	3,808	3,774	3,740	3,705	3,669

▼M2

N – 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,575	3,511	3,445	3,411	3,376	3,340	3,304	3,267	3,230
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,688	3,581	3,501	3,438	3,388	3,347	3,284	3,218	3,150	3,115	3,079	3,043	3,005	2,967	2,928
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,073	3,006	2,937	2,901	2,864	2,826	2,787	2,748	2,707
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,136	3,072	3,020	2,978	2,913	2,845	2,774	2,737	2,700	2,661	2,621	2,580	2,538
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,788	2,719	2,646	2,609	2,571	2,531	2,490	2,448	2,405
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,687	2,617	2,544	2,506	2,466	2,426	2,384	2,341	2,296
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,604	2,533	2,459	2,420	2,380	2,339	2,297	2,252	2,206
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,534	2,463	2,388	2,349	2,308	2,266	2,223	2,178	2,131
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707	2,641	2,588	2,544	2,475	2,403	2,328	2,288	2,247	2,204	2,160	2,114	2,066
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,425	2,352	2,276	2,235	2,194	2,151	2,106	2,059	2,010
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,381	2,308	2,230	2,190	2,148	2,104	2,058	2,011	1,960
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,342	2,269	2,191	2,150	2,107	2,063	2,017	1,968	1,917
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,308	2,234	2,156	2,114	2,071	2,026	1,980	1,930	1,878
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,278	2,203	2,124	2,083	2,039	1,994	1,946	1,896	1,843
21	4,325	3,467	3,073	2,840	2,685	2,573	2,488	2,421	2,366	2,321	2,250	2,176	2,096	2,054	2,010	1,965	1,917	1,866	1,812
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,226	2,151	2,071	2,028	1,984	1,938	1,889	1,838	1,783
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,204	2,128	2,048	2,005	1,961	1,914	1,865	1,813	1,757
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,183	2,108	2,027	1,984	1,939	1,892	1,842	1,790	1,733
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,237	2,165	2,089	2,008	1,964	1,919	1,872	1,822	1,768	1,711
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,266	2,220	2,148	2,072	1,990	1,946	1,901	1,853	1,803	1,749	1,691
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,132	2,056	1,974	1,930	1,884	1,836	1,785	1,731	1,672
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,118	2,041	1,959	1,915	1,869	1,820	1,769	1,714	1,654
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,105	2,028	1,945	1,901	1,854	1,806	1,754	1,698	1,638

▼M2

N – 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,092	2,015	1,932	1,887	1,841	1,792	1,740	1,684	1,622
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,450	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,004	1,925	1,839	1,793	1,744	1,693	1,637	1,577	1,509
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,917	1,836	1,748	1,700	1,649	1,594	1,534	1,467	1,389
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,911	1,834	1,751	1,659	1,608	1,554	1,495	1,429	1,352	1,254
1 000+	3,842	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,000

▼B

6. **Pendiente**

La pendiente de regresión de los mínimos cuadrados, a_{1y}, se calculará mediante la ecuación (7-162):

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y}) \cdot (y_{refi} - \overline{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^{N}(y_{refi} - \overline{y}_{ref})^2} \quad (7\text{-}163)$$

7. **Ordenada en el origen**

La ordenada en el origen de la regresión lineal de los mínimos cuadrados, a_{0y}, se calculará mediante la ecuación (7-163):

$$a_{0y} = \overline{y} - (a_{1y} \cdot \overline{y}_{ref}) \quad (7\text{-}164)$$

8. **Error estándar de la estimación**

El error estándar de la estimación, *SEE*, se calculará mediante la ecuación (7-164):

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{N - 2}} \quad (7\text{-}165)$$

9. **Coeficiente de determinación**

El coeficiente de determinación, r^2, se calculará mediante la ecuación (7-165):

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{\sum_{i=1}^{N}[y_i - \overline{y}]^2} \quad (7\text{-}166)$$

▼B

Apéndice 4

ECUACIÓN INTERNACIONAL DE LA GRAVEDAD DE 1980

La aceleración de la gravedad de la Tierra, a_g, varía según el lugar donde se mida, de forma que, para una latitud dada, a_g se calcula mediante la ecuación (7-166):

$$a_g = 9{,}7803267715\ [1 + 5{,}2790414 \times 10^{-3} \sin^2 \theta + 2{,}32718 \times 10^{-5} \sin^4 \theta + 1{,}262 \times 10^{-7} \sin^6 \theta + 7 \times 10^{-10} \sin^8 \theta] \quad (7\text{-}167)$$

Donde:

θ = grados de latitud norte o sur

▼B

Apéndice 5

Cálculo del número de partículas

1. **Determinación de los números de partículas**

1.1. Sincronización

En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, se tendrá en cuenta el tiempo de estancia en el sistema de muestreo y recuento del número de partículas alineando el tiempo de la señal del número de partículas con el ciclo de ensayo y el caudal másico del gas de escape, de acuerdo con el procedimiento definido en el punto 8.2.1.2 del anexo VI. El tiempo de transformación del sistema de muestreo y recuento del número de partículas se determinará de acuerdo con el punto 2.1.3.7 del apéndice 1 del anexo VI.

1.2. Determinación de los números de partículas para los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC con un sistema de dilución de flujo parcial

Cuando las muestras de los números de partículas se toman con un sistema de dilución de flujo parcial siguiendo las especificaciones del punto 9.2.3 del anexo VI, el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo se calculará mediante la ecuación (7-167):

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}168)$$

Donde:

N es el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo, [#/test],

m_{edf} es la masa del gas de escape diluido equivalente durante el ciclo, determinada mediante la ecuación (7-45) (punto 2.3.1.1.2), [kg/ensayo],

k es el factor de calibración para corregir las mediciones del contador de partículas en función del nivel del instrumento de referencia si no se aplica de manera interna en el contador de partículas. Si el factor de calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación (7-167) se considerará que k equivale a 1,

$\overline{c_s}$ es la concentración media de partículas en el gas de escape diluido corregida en función de las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

$\overline{f_r}$ es el factor de reducción de la concentración media de partículas del eliminador de partículas volátiles específico para los parámetros de dilución utilizados en el ensayo.

con:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}169)$$

Donde:

$c_{s,I}$ es una medición diferenciada de la concentración de partículas en el gas de escape diluido que sale del contador de partículas, corregida para tener en cuenta la coincidencia y las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

n es el número de mediciones de la concentración de partículas efectuadas durante el ensayo.

▼B

1.3. Determinación de los números de partículas para los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC con un sistema de dilución de flujo total

Cuando las muestras de los números de partículas se toman con un sistema de dilución de flujo total siguiendo las especificaciones del punto 9.2.2 del anexo VI, el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo se calculará mediante la ecuación (7-169):

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \overline{c_s} \cdot \overline{f_r} \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}170)$$

Donde:

N es el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo, [#/test],

m_{ed} es el caudal total de gas de escape diluido durante el ciclo calculado de acuerdo con cualquiera de los métodos descritos en los puntos 2.2.4.1 a 2.2.4.3 del anexo VII, en kg/ensayo,

k es el factor de calibración para corregir las mediciones del contador de partículas en función del nivel del instrumento de referencia si no se aplica de manera interna en el contador de partículas. Si el factorde calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación (7-169) se considerará que k equivale a 1,

$\overline{c_s}$ es la concentración media de partículas en el gas de escape diluido corregida en función de las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa),

$\overline{f_r}$ en partículas por centímetro cúbico, es el factor de reducción de la concentración media de partículas del eliminador de partículas volátiles específico para los parámetros de dilución utilizados en el ensayo.

con:

$$\overline{c} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}171)$$

Donde:

$c_{s,I}$ una medición diferenciada de la concentración de partículas en el gas de escape diluido que sale del contador de partículas, corregida para tener en cuenta la coincidencia y las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

n es el número de mediciones de la concentración de partículas efectuadas durante el ensayo.

1.4. Determinación de los números de partículas para el NRSC de modo discreto con un sistema de dilución de flujo parcial

Cuando las muestras de los números de partículas se toman con un sistema de dilución de flujo parcial siguiendo las especificaciones del punto 9.2.3 del anexo VI, la tasa de emisión de partículas durante cada modo discreto se calculará mediante la ecuación (7-171) utilizando los valores medios correspondientes al modo:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c_s} \times \overline{f_r} \times 10^6 \times 3\ 600 \qquad (7\text{-}171)$$

Donde:

$\dot{N}$ es la tasa de emisión de partículas durante el modo discreto [#/h],

q_{medf} es el caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda durante el modo discreto, determinado con la ecuación (7-51) (punto 2.3.2.1), [kg/s],

▼B

k es el factor de calibración para corregir las mediciones del contador de partículas en función del nivel del instrumento de referencia si no se aplica de manera interna en el contador de partículas. Si el factor de calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación (1-171) se considerará que k equivale a 1,

$\overline{c_s}$ es la concentración media de partículas en el gas de escape diluido durante el modo discreto corregida en función de las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

$\overline{f_r}$ es el factor de reducción de la concentración media de partículas del eliminador de partículas volátiles específico para los parámetros de dilución utilizados en el ensayo.

con:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}173)$$

Donde:

$c_{s,I}$ una medición diferenciada de la concentración de partículas en el gas de escape diluido que sale del contador de partículas, corregida para tener en cuenta la coincidencia y las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

n es el número de mediciones de la concentración de partículas efectuadas durante el período de muestreo del modo discreto.

1.5. Determinación de los números de partículas para ciclos de modo discreto con un sistema de dilución de flujo total

Cuando las muestras de los números de partículas se toman con un sistema de dilución de flujo total siguiendo las especificaciones del punto 9.2.2 del anexo VI, la tasa de emisión de partículas durante cada modo discreto se calculará mediante la ecuación (7-173) utilizando los valores medios correspondientes al modo:

$$\dot{N} = \frac{q_{mdew}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3\ 600 \qquad (7\text{-}173)$$

Donde:

$\dot{N}$ es la tasa de emisión de partículas durante el modo discreto [#/h],

q_{mdew} es el caudal másico total del gas de escape diluido en base húmeda durante el modo discreto, [kg/s],

k es el factor de calibración para corregir las mediciones del contador de partículas en función del nivel del instrumento de referencia si no se aplica de manera interna en el contador de partículas. Si el factor de calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación (7-173) se considerará que k equivale a 1,

$\overline{c_s}$ es la concentración media de partículas en el gas de escape diluido durante el modo discreto corregida en función de las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

$\overline{f_r}$ es el factor de reducción de la concentración media de partículas del eliminador de partículas volátiles específico para los parámetros de dilución utilizados en el ensayo.

▼B

con:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (7\text{-}175)$$

Donde:

$c_{s,I}$ una medición diferenciada de la concentración de partículas en el gas de escape diluido que sale del contador de partículas, corregida para tener en cuenta la coincidencia y las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

n es el número de mediciones de la concentración de partículas efectuadas durante el período de muestreo del modo discreto.

2. **Resultado del ensayo**

2.1. Cálculo de las emisiones específicas correspondientes a los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC

En cada ciclo aplicable RMC, NRTC con arranque en caliente y NRTC con arranque en frío, se calcularán las emisiones específicas, en número de partículas/kWh, mediante la ecuación (7-175):

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad (7\text{-}176)$$

Donde:

N es el número de partículas emitidas a lo largo del RMC, el NRTC con arranque en caliente o el NRTC con arranque en frío aplicable,

W_{act} es el trabajo del ciclo efectivo conforme al punto 7.8.3.4 del anexo VI, [kWh].

Cuando se trate de un RMC, en el caso de un motor con un sistema de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente (periódica) (véase el punto 6.6.2 del anexo VI), las emisiones específicas se corregirán con el factor de ajuste multiplicativo o aditivo aplicable. En caso de que la regeneración infrecuente no se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor al alza ($k_{\mathrm{ru,m}}$ o $k_{\mathrm{ru,a}}$). En caso de que la regeneración infrecuente se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor a la baja ($k_{\mathrm{rd,m}}$ o $k_{\mathrm{rd,a}}$).

En el caso de un RMC, el resultado final también se ajustará con el correspondiente factor de deterioro multiplicativo o aditivo establecido de conformidad con lo dispuesto en el anexo III.

2.1.1. Resultado medio ponderado del ensayo NRTC

En el caso del NRTC, el resultado final del ensayo será una media ponderada a partir del ensayo con arranque en frío y del ensayo con arranque en caliente (incluida la regeneración infrecuente, cuando proceda) se calculará mediante la ecuación (7-176) o (7-177):

a) En caso de ajuste de la regeneración multiplicativo, o de motores sin un sistema de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente

$$e = k_r \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (7\text{-}177)$$

En caso de ajuste de la regeneración aditivo:

$$e = k_r + \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (7\text{-}178)$$

▼B

Donde:

N_{cold} es el número total de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo NRTC con arranque en frío,

N_{hot} es el número total de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo NRTC con arranque en caliente,

$W_{act,cold}$ es el trabajo del ciclo efectivo durante el NRTC con arranque en frío conforme al punto 7.8.3.4 del anexo VI, [kWh],

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo durante el NRTC con arranque en caliente conforme al punto 7.8.3.4 del anexo VI, [kWh],

k_r es el ajuste de la regeneración, de acuerdo con el punto 6.6.2 del anexo VI, o, en el caso de motores sin sistema de postratamiento del gas de escape de regeneración infrecuente, $k_r = 1$

En caso de que la regeneración infrecuente no se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor al alza ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). En caso de que la regeneración infrecuente se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor a la baja ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$).

El resultado, cuando proceda incluyendo el factor de ajuste por regeneración infrecuente, también se ajustará con el correspondiente factor de deterioro multiplicativo o aditivo establecido de conformidad con lo dispuesto en el anexo III.

2.2. Cálculo de las emisiones específicas para los ensayos del NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas, e [#/kWh], se calcularán utilizando la ecuación (7-178):

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}178)$$

Donde:

▼M2

P_i potencia del motor para el modo i [kW], calculada sumando a la potencia medida P_{meas} [kW] la potencia necesaria para hacer funcionar los accesorios P_{AUX} [kW], determinada de conformidad con la ecuación (6-8) del anexo VI ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

▼B

WF_i es el factor de ponderación para el modo i [-]

$\dot{N}_i$ caudal numérico medio de emisiones para el modo i [#/h] a partir de la ecuación (7-171) o (7-173), dependiendo del método de dilución

En el caso de un motor con un sistema de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente (periódica) (véase el punto 6.6.2 del anexo VI), las emisiones específicas se corregirán con el factor de ajuste multiplicativo o aditivo aplicable. En caso de que la regeneración infrecuente no se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor al alza ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). En caso de que la regeneración infrecuente se produjese durante el ensayo, se aplicará el factor a la baja ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). En el caso de que se hayan determinado los factores de ajuste para cada modo, se aplicarán a cada modo en el cálculo del resultado ponderado de las emisiones en la ecuación (7-178).

El resultado, cuando proceda incluyendo el factor de ajuste por regeneración infrecuente, también se ajustará con el correspondiente factor de deterioro multiplicativo o aditivo establecido de conformidad con lo dispuesto en el anexo III.

▼B

2.3. Redondeo de los resultados finales

►M2 Los resultados finales del ensayo del NRSC y los resultados medios ponderados del NRTC se redondearán a tres cifras significativas en una operación de acuerdo con la norma ASTM E 29–06B. ◄ No está permitido el redondeo de los valores intermedios utilizados para calcular el resultado final de las emisiones específicas del freno.

2.4. Determinación del número de partículas de fondo

2.4.1. A petición del fabricante del motor, podrán tomarse muestras de las concentraciones de partículas de fondo del túnel de dilución, antes o después del ensayo, en un punto anterior a los filtros de partículas y de hidrocarburos del sistema de recuento de partículas, para determinar las concentraciones de partículas de fondo del túnel.

2.4.2. No se permitirá deducir el número de partículas de las concentraciones de fondo del túnel para la homologación de tipo, pero podrá utilizarse a petición del fabricante, con el consentimiento previo de la autoridad de homologación, para el ensayo de la conformidad de la producción si puede demostrarse que la contribución del fondo del túnel es significativa, en cuyo caso puede deducirse de los valores medidos en el gas de escape diluido.

▼B

Apéndice 6

Cálculo de las emisiones de amoniaco

1. **Cálculo de la concentración media correspondiente a los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y RMC**

La concentración media de NH_3 en el gas de escape a lo largo del ciclo de ensayo c_{NH3} [ppm] se determinará integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Se utilizará la ecuación (7-179):

$$c_{NH3} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} c_{NH3,i} \quad (7\text{-}180)$$

Donde:

$c_{NH3,i}$ es la concentración instantánea de NH_3 en el gas de escape [ppm]

n es el número de mediciones

En el caso del NRTC, se determinará el resultado del ensayo final mediante la ecuación (7-180):

▼M2

$$c_{NH3} = (0{,}1 \times c_{NH3,cold}) + (0{,}9 \times c_{NH3,hot}) \quad (7\text{-}180)$$

▼B

Donde:

$c_{NH3,cold}$ es la concentración media de NH_3 del NRTC con arranque en frío [ppm]

$c_{NH3,hot}$ es la concentración media de NH_3 del NRTC con arranque en caliente [ppm]

2. **Cálculo de la concentración media para el NRSC de modo discreto**

La concentración media de NH_3 en el gas de escape a lo largo del ciclo de ensayo cNH3 [ppm] se determinará midiendo la concentración media de cada modo y ponderando el resultado de conformidad con los factores de ponderación aplicables al ciclo de ensayo. Se utilizará la ecuación (7-181):

$$c_{NH3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH3,i} \cdot WF_i \quad (7\text{-}181)$$

Donde:

$\overline{c}_{NH3,i}$ es la concentración media de NH_3 en el gas de escape correspondiente al modo *i* [ppm]

N_{mode} es el número de modos del ciclo de ensayo

WF_i es el factor de ponderación para el modo *i* [-]

▼B

ANEXO VIII

Requisitos de rendimiento y procedimientos de ensayo para motores de combustible dual

1. **Ámbito de aplicación**

El presente anexo se aplicará a los motores de combustible dual, tal como se definen en el artículo 3, apartado 18, del Reglamento (UE) 2016/1628, cuando estén funcionando simultáneamente con combustible líquido y combustible gaseoso (modo de combustible dual).

El presente anexo no se aplicará a los motores de ensayo, incluidos los motores de combustible dual, cuando estén funcionando con combustible líquido únicamente o con combustible gaseoso únicamente (es decir, cuando el valor de GER sea 1 o 0 dependiendo del tipo de combustible). En ese caso los requisitos serán los mismos que para cualquier motor de un solo combustible.

La homologación de tipo de motores que funcionen simultáneamente con una combinación de más de un combustible líquido y un combustible gaseoso o de un combustible líquido y más de un combustible gaseoso seguirá el procedimiento para nuevas tecnologías o nuevos conceptos que se establece en el artículo 33 del Reglamento (UE) 2016/1628.

2. **Definiciones y abreviaturas**

A los efectos del presente anexo se aplicarán las siguientes definiciones:

2.1. «GER (por sus siglas en inglés de *Gas Energy Ratio*)» o «coeficiente energético del gas»: tiene el mismo significado definido en el artículo 3, apartado 20, del Reglamento (UE) 2016/1628, basado en el poder calorífico inferior;

2.2. «GER_{cycle}»: coeficiente energético medio del gas cuando el motor funcione en el ciclo de ensayo de motor aplicable;

2.3. «motor de combustible dual de tipo 1A»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la categoría NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el arranque en caliente del ciclo de ensayo NRTC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), que no funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido y que no tenga modo de combustible líquido; o bien

b) motor de combustible dual de cualquier categoría o subcategoría excepto de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el NRSC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), que no funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido y que no tenga modo de combustible líquido;

2.4. «motor de combustible dual de tipo 1B»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la categoría NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), que no funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido en modo de combustible dual y que tenga modo de combustible líquido; o bien

b) motor de combustible dual de cualquier categoría o subcategoría excepto de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el NRSC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), que no funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido en modo de combustible dual y que tenga modo de combustible líquido;

▼B

2.5. «motor de combustible dual de tipo 2A»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el arranque en caliente del ciclo de ensayo NRTC con un coeficiente energético medio del gas superior al 10 % pero inferior al 90 % ($0{,}1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0{,}9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el arranque en caliente del ciclo de ensayo NRTC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$) pero que funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido y que no tenga modo de combustible líquido; o bien

b) motor de combustible dual de cualquier categoría o subcategoría excepto de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione duranteel NRSC con un coeficiente energético medio del gas superior al 10 % pero inferior al 90 % ($0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el NRSC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$) pero que funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido y que no tenga modo de combustible líquido;

2.6. «motor de combustible dual de tipo 2B»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el arranque en caliente del ciclo de ensayo NRTC con un coeficiente energético medio del gas superior al 10 % pero inferior al 90 % ($0{,}1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0{,}9$) y que tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el arranque en caliente del ciclo de ensayo NRTC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$) y que tenga un modo de combustible líquido pero que pueda funcionar al ralentí usando exclusivamente combustible líquido en modo de combustible dual; o bien

b) motor de combustible dual de cualquier categoría o subcategoría excepto de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante la parte caliente del NRSC con un coeficiente energético medio del gas superior o igual al 10 % pero inferior o igual al 90 % ($0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el NRSC con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$) y que tenga un modo de combustible líquido pero que pueda funcionar al ralentí usando exclusivamente combustible líquido en modo de combustible dual;

2.7. «motor de combustible dual de tipo 3B»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el arranque en caliente del ciclo de ensayo NRTC con un coeficiente energético medio del gas no superior al 10 % ($GER_{NRTC,\ hot} \leq 0{,}1$) y que tenga modo de combustible líquido; o bien

b) motor de combustible dual de cualquier categoría o subcategoría excepto de una subcategoría de la NRE $19 \leq kW \leq 560$, que funcione durante el NRSC con un coeficiente energético medio del gas no superior al 10 % ($GER_{NRSC} \leq 0{,}1$) y que tenga modo de combustible líquido.

3. **Requisitos de homologación adicionales específicos para el combustible dual**

3.1. Motores con control de GER_{cycle} ajustable por el operador.

En el caso de que, para un tipo de motor dado, el valor de GER_{cycle} se pueda reducir del máximo mediante un control ajustable por el operador, el GER_{cycle} mínimo no tendrá limitaciones, sino que el motor podrá conseguir los valores límite de emisión con cualquier valor de GER_{cycle} que permita el fabricante.

▼B

4. **Requisitos generales**

4.1. Modos de funcionamiento de los motores de combustible dual

4.1.1. Condiciones para que un motor de combustible dual funcione en modo líquido

Un motor de combustible dual solo podrá funcionar en modo de combustible líquido si, funcionando en modo de combustible líquido, ha sido certificado con arreglo a todos los requisitos del presente Reglamento en lo que respecta al funcionamiento únicamente con el combustible líquido especificado.

Cuando se desarrolla un motor de combustible dual a partir de un motor de combustible líquido previamente certificado, es necesario un nuevo certificado de homologación de tipo UE en el modo de combustible líquido.

4.1.2. Condiciones para que un motor de combustible dual funcione al ralentí usando exclusivamente combustible líquido

4.1.2.1. Los motores de combustible dual de tipo 1A no funcionarán al ralentí usando exclusivamente combustible líquido salvo en las condiciones definidas en el punto 4.1.3 para el calentamiento y el arranque.

4.1.2.2. Los motores de combustible dual de tipo 1B no funcionarán al ralentí usando exclusivamente combustible líquido en modo de combustible dual.

4.1.2.3. Los motores de combustible dual de los tipos 2A, 2B y 3B podrán funcionar al ralentí usando exclusivamente combustible líquido.

4.1.3. Condiciones para que un motor de combustible dual arranque o se caliente usando únicamente combustible líquido

4.1.3.1. Un motor de combustible dual de los tipos 1B, 2B o 3B podrá calentarse o arrancar usando únicamente combustible líquido. En el caso de que la estrategia de control de las emisiones durante el calentamiento o el arranque en modo de combustible dual sea la misma que la correspondiente estrategia de control de las emisiones en modo de combustible líquido, el motor puede funcionar en modo de combustible dual durante el calentamiento o el arranque. Si esta condición no se cumple, el motor solo puede calentar o arrancar usando combustible líquido únicamente cuando esté en modo de combustible líquido.

4.1.3.2. Un motor de combustible dual de los tipos 1A o 2A podrá calentarse o arrancar usando únicamente combustible líquido. Sin embargo, en ese caso la estrategia será declarada estrategia auxiliar de control de emisiones y se cumplirán los siguientes requisitos adicionales:

4.1.3.2.1. la estrategia dejará de estar activa cuando la temperatura del refrigerante haya alcanzado 343 K (70 ^{o}C) o a los 15 minutos de su activación, lo que suceda antes; y

4.1.3.2.2. mientras la estrategia permanezca activa, se activará el modo de mantenimiento.

4.2. Modo de mantenimiento

4.2.1. Condiciones para que los motores de combustible dual funcionen en modo de mantenimiento

Cuando un motor funciona en modo de mantenimiento, está sujeto a una limitación de funcionamiento y está temporalmente exento de cumplir los requisitos relativos a las emisiones de escape y el control de NO_x descritos en el presente Reglamento.

▼B

4.2.2. Limitación de funcionamiento en modo de mantenimiento

4.2.2.1. Requisito para las categorías de motor distintas de IWP, IWA, RLL y RLR

La limitación de funcionamiento aplicable a las máquinas móviles no de carretera equipadas con un motor de combustible dual de una categoría de motor distinta de IWP, IWA, RLL y RLR que funcione en modo de mantenimiento es la que se activa mediante el «sistema de inducción general» especificado en el punto 5.4 del apéndice 1 del anexo IV.

Para tener en cuenta los aspectos de seguridad y permitir los diagnósticos de autorreparación, se permitirá la utilización de una función de invalidación para liberar toda la potencia del motor con arreglo al punto 5.5 del apéndice 1 del anexo IV.

Excepto en ese caso, la limitación de funcionamiento no será desactivada ni por la activación ni por la desactivación de los sistemas de alerta e inducción especificados en el anexo IV.

La activación y la desactivación del modo de mantenimiento no activarán ni desactivarán los sistemas de alerta e inducción especificados en el anexo IV.

4.2.2.2. Requisito para las categorías de motor IWP, IWA, RLL y RLR

En el caso de los motores de categoría IWP, IWA, RLL y RLR y con el fin de tener en cuenta los aspectos de seguridad, se permitirá el funcionamiento en modo de mantenimiento sin que se apliquen limitaciones al par motor o al régimen del motor. En este caso, siempre que una limitación de funcionamiento esté activa con arreglo al punto 4.2.2.3, el ordenador de a bordo registrará en una memoria de ordenador no volátil todos los incidentes de funcionamiento del motor cuando se mantenga activo el modo de mantenimiento, de tal manera que se garantice que la información no pueda ser borrada intencionadamente.

Las autoridades nacionales de inspección tendrán la posibilidad de examinar estos registros con una herramienta de exploración. ►**M2** En el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, se incluirá una descripción de la conexión con estos registros y del método para su lectura. ◄

4.2.2.3. Activación de la limitación de funcionamiento

La limitación de funcionamiento se activará automáticamente cuando se active el modo de mantenimiento.

En el caso de que se active el modo de mantenimiento con arreglo al punto 4.2.3 debido a un mal funcionamiento del sistema de suministro de gas, la limitación de funcionamiento se activará en un plazo de treinta minutos de funcionamiento a partir del momento en que se haya activado el modo de mantenimiento.

En el caso de que se active el modo de mantenimiento porque el depósito de combustible gaseoso se encuentra vacío, la limitación de funcionamiento se activará tan pronto como se active el modo de mantenimiento.

4.2.2.4. Desactivación de la limitación de funcionamiento

El sistema de limitación del funcionamiento se desactivará cuando el motor deje de funcionar en modo de mantenimiento.

4.2.3. Falta de combustible gaseoso durante el funcionamiento en modo de combustible dual

Con el fin de permitir que las máquinas móviles no de carretera pasen a una posición segura tras haberse detectado que el depósito de combustible gaseoso se encuentra vacío o que el sistema de suministro de gas no funciona correctamente:

a) los motores de combustible dual de los tipos 1A y 2A activarán el modo de mantenimiento;

▼B

b) los motores de combustible dual de los tipos 1B, 2B y 3B funcionarán en modo líquido.

4.2.3.1. Falta de combustible gaseoso: depósito de combustible gaseoso vacío

En el caso de que el depósito de combustible gaseoso se encuentre vacío, el modo de mantenimiento o el modo de combustible líquido, según corresponda conforme al punto 4.2.3, se activarán tan pronto como el sistema de motor detecte que el depósito está vacío.

Cuando la disponibilidad de gas en el depósito vuelva a alcanzar el nivel que justificó la activación del sistema de alerta de depósito vacío especificado en el punto 4.3.2, podrá desactivarse el modo de mantenimiento o reactivarse el modo de combustible dual, según corresponda.

4.2.3.2. Falta de combustible gaseoso: mal funcionamiento del sistema de suministro de gas

En el caso de que el sistema de suministro de gas no funcione correctamente y de que, a consecuencia de ello, falte el combustible gaseoso, el modo de mantenimiento o el modo de combustible líquido, según corresponda con arreglo al punto 4.2.3, se activará cuando no esté disponible el suministro de combustible gaseoso.

Tan pronto como se disponga de suministro de combustible gaseoso, podrá desactivarse el modo de mantenimiento o, según corresponda, podrá reactivarse el modo de combustible dual.

4.3. Indicadores de combustible dual

4.3.1. Indicador de modo de funcionamiento con combustible dual

Las máquinas móviles no de carretera proporcionarán al operador una indicación visual del modo de funcionamiento del motor (modo de combustible dual, modo líquido o modo de mantenimiento).

Este indicador, cuyas características y ubicación se dejan al criterio del fabricante de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés), podrá formar parte de un sistema de indicación visual ya existente.

El indicador podrá completarse por un sistema de visualización de mensajes. El sistema utilizado para visualizar los mensajes mencionado en este punto podrá ser el mismo que los utilizados para los diagnósticos del control de NO_x u otros fines de mantenimiento.

El elemento visual del indicador de modo de funcionamiento con combustible dual no será el mismo que el utilizado a efectos de diagnóstico del control de NO_x o para otros fines de mantenimiento del motor.

La visualización de alertas de seguridad siempre tiene prioridad sobre la indicación del modo de funcionamiento.

4.3.1.1. El indicador de modo de combustible dual pasará al modo de mantenimiento tan pronto como se active el modo de mantenimiento (es decir, antes de que se encuentre realmente activo) y la indicación se mantendrá mientras se mantenga activo el modo de mantenimiento.

4.3.1.2. El indicador de modo de combustible dual permanecerá durante al menos un minuto en modo de combustible dual o en modo de combustible líquido en el momento en que el modo de funcionamiento del motor cambie de modo de combustible líquido a modo de combustible dual o viceversa. Esta indicación también es necesaria durante al menos un minuto cuando la llave esté en posición *on* o, a petición del fabricante, cuando arranque el motor. La indicación también se mostrará a petición del operador.

▼B

4.3.2. Sistema de alerta de depósito de combustible gaseoso vacío (sistema de alerta de combustible dual)

Las máquinas móviles no de carretera equipadas con un motor de combustible dual irán provistas de un sistema de alerta de combustible dual que avise al operador de que queda poco para que el depósito de combustible gaseoso se quede vacío.

El sistema de alerta de combustible dual permanecerá activo hasta que se rellene el depósito hasta un nivel superior al nivel de activación del sistema de alerta.

La señal del sistema de alerta de combustible dual podrá ser interrumpida temporalmente por otras señales de advertencia que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

No podrá apagarse el sistema de alerta de combustible dual mediante una herramienta de exploración mientras no se haya rectificado la causa que motivó la activación de la alerta.

4.3.2.1. Características del sistema de alerta de combustible dual

El sistema de alerta de combustible dual constará de un sistema de alerta visual (icono, pictograma, etc.) que se dejará a elección del fabricante.

Podrá incluir, a elección del fabricante, una indicación sonora. En tal caso, se permitirá que el operador cancele esa indicación.

El elemento visual del sistema de alerta de combustible dual no será el mismo que el utilizado a efectos de diagnóstico del control de NO_x o para otros fines de mantenimiento del motor.

Además, el sistema de alerta de combustible dual podrá mostrar mensajes cortos, incluidos mensajes que indiquen claramente la distancia o el tiempo restantes hasta la activación de la limitación de funcionamiento.

El sistema utilizado para visualizar la alerta o los mensajes mencionado en este punto podrá ser el mismo que el utilizado para visualizar la alerta o los mensajes relacionados con los diagnósticos del control de NO_x o la alerta o los mensajes para otros fines de mantenimiento.

Se podrá proporcionar un instrumento que permita al operador atenuar las alarmas visuales del sistema de alerta en máquinas móviles no de carretera destinadas a ser utilizadas por los servicios de salvamento o en máquinas móviles no de carretera diseñadas y fabricadas para ser utilizadas por el ejército, protección civil, los servicios de bomberos y las fuerzas responsables de mantener el orden público.

4.4. Par comunicado

4.4.1. Par comunicado cuando un motor de combustible dual funcione en modo de combustible dual

Cuando un motor de combustible dual funcione en modo de combustible dual:

a) la curva del par de referencia obtenida será la conseguida cuando dicho motor se someta a ensayo en un banco de ensayo de motores en el modo de combustible dual;

b) los pares efectivos registrados (par y par de fricción indicados) serán el resultado de la combustión del combustible dual y no los obtenidos durante el funcionamiento exclusivamente con combustible líquido.

▼B

4.4.2. Par comunicado cuando un motor de combustible dual funcione en modo de combustible líquido

Cuando un motor de combustible dual funcione en modo de combustible líquido, la curva del par de referencia obtenida será la conseguida cuando el motor se someta a ensayo en un banco de ensayo de motores en el modo de combustible líquido.

4.5. Requisitos adicionales

4.5.1. Cuando se usen estrategias de adaptación para un motor de combustible dual, estas deberán cumplir los siguientes requisitos adicionales, además de los del anexo IV:

a) el motor siempre seguirá perteneciendo al mismo tipo de motor de combustible dual (o sea, tipo 1A, tipo 2B, etc.) que se declaró para la homologación de tipo UE, y

▼M2

b) en el caso de un motor de tipo 2, la diferencia resultante entre los valores más elevado y más bajo del GER_{cycle} máximo dentro de la familia no superará nunca el intervalo establecido en el punto 2.4.15 del anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, excepto si lo permite el punto 3.1.

▼B

4.6 La homologación de tipo quedará supeditada a que, con arreglo a los anexos XIV y XV, se facilite al OEM y a los usuarios finales instrucciones de instalación y funcionamiento de los motores de combustible dual, incluido el modo de mantenimiento establecido en el punto 4.2 y el sistema de indicadores de combustible dual establecido en el punto 4.3.

5. **Requisitos de rendimiento**

5.1. Los requisitos de rendimiento, incluidos los valores límite de emisión, y los requisitos de homologación de tipo UE aplicables a los motores de combustible dual son idénticos a los de cualquier otro motor de la correspondiente categoría de motores, tal como se establece en el presente Reglamento y en el Reglamento (UE) 2016/1628, excepto en lo que se establezca en el presente anexo.

5.2 El límite de hidrocarburos (HC) para el funcionamiento en modo de combustible dual se determinará utilizando el coeficiente energético medio del gas durante el ciclo de ensayo especificado, como se establece en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628.

5.3 Los requisitos técnicos de las estrategias de control de emisiones, incluidas la documentación exigida para demostrar dichas estrategias, las disposiciones técnicas para evitar la manipulación y la prohibición relativa a los dispositivos de desactivación, son idénticos a los que se aplican a cualquier otro motor de la correspondiente categoría de motores, como se establece en el anexo IV.

5.4 Los requisitos técnicos del área asociada con el correspondiente NRSC, dentro de la cual tiene lugar un control de la cantidad permitida de emisiones en exceso respecto a los valores límite establecidos en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/1628, son idénticos a los que se aplican a cualquier otro motor de la correspondiente categoría de motores, como se establece en el anexo IV.

6. **Requisitos de demostración**

6.1. Los requisitos de demostración aplicables a los motores de combustible dual son idénticos a los de cualquier otro motor de la correspondiente categoría de motores, tal como se establece en el presente Reglamento y en el Reglamento (UE) 2016/1628, excepto en lo que se establezca en la sección 6.

▼B

6.2. El cumplimiento de los valores límite aplicables deberá demostrarse en modo de combustible dual.

6.3. En el caso de los tipos de motor de combustible dual que dispongan de un modo de combustible líquido (o sea, los tipos 1B, 2B y 3B), el cumplimiento de los valores límite aplicables se demostrará también en modo de combustible líquido.

6.4. Requisitos de demostración adicionales para los motores de tipo 2

▼M2

6.4.1 El fabricante deberá presentar a la autoridad de homologación pruebas que muestren que la calibración de rango de GER_{cycle} de todos los miembros de la familia de motores de combustible dual permanece dentro del intervalo establecido en el punto 2.4.15 del anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 o, en el caso de los motores con un GER_{cycle} ajustable por el operador, que satisface los requisitos del punto 6.5 (por ejemplo, mediante algoritmos, análisis funcionales, cálculos, simulaciones, resultado de ensayos anteriores, etc.).

▼B

6.5 Requisitos de demostración adicionales para los motores en que el operador pueda ajustar el GER_{cycle}

6.5.1 El cumplimiento de los valores límite aplicables se demostrará en el valor mínimo y máximo de GER_{cycle} permitidos por el fabricante.

6.6. Requisitos para demostrar la durabilidad de un motor de combustible dual

6.6.1 Serán de aplicación las disposiciones del anexo III.

6.7. Demostración de los indicadores de combustible dual, las alertas y la limitación de funcionamiento

6.7.1 Como parte de la solicitud de homologación de tipo UE en virtud del presente Reglamento, el fabricante demostrará el funcionamiento de los indicadores de combustible dual, de las alertas y de la limitación de funcionamiento con arreglo a las disposiciones del apéndice 1.

▼M2

6.8. Documentación de la demostración

Un informe de demostración documentará la demostración realizada con arreglo a los puntos 6.1 a 6.7.1. Dicho informe:

a) describirá la demostración realizada, incluyendo el ciclo de ensayo aplicable;

b) se incluirá en el expediente del fabricante que se establece en la parte A del anexo I del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

▼B

7. **Requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x**

7.1. El anexo IV (requisitos técnicos de las medidas de control de NO_x) se aplicará a los motores de combustible dual, independientemente de que funcionen en modo de combustible dual o en modo líquido.

7.2. Requisitos de control de NO_x adicionales para los motores de combustible dual de los tipos 1B, 2B y 3B

7.2.1. El par considerado para su aplicación a la inducción general definida en el punto 5.4 del apéndice 1 del anexo IV será el más bajo de los pares obtenidos en modo de combustible líquido y en modo de combustible dual.

7.2.2 La posible influencia del modo de funcionamiento en la detección de un mal funcionamiento no se usará para ampliar el tiempo hasta que se active la inducción.

▼B

7.2.3. En casos de mal funcionamiento cuya detección no dependa del modo de funcionamiento del motor, los mecanismos especificados en el apéndice 1 del anexo IV asociados a la situación del DTC no dependerán del modo de funcionamiento del motor (por ejemplo, cuando un DTC reciba la categoría de «DTC potencial» en el modo de combustible dual, recibirá la categoría de «DTC confirmado y activo» la siguiente vez que se detecte el fallo, incluso en el modo de combustible líquido).

7.2.4. En casos de mal funcionamiento en los que la detección dependa del modo de funcionamiento del motor, los DTC no tendrán una categoría previamente activa en un modo diferente de aquel en el que obtengan la categoría de confirmados y activos.

7.2.5. Los mecanismos incorporados para cumplir los requisitos establecidos en el anexo IV (contadores, etc.) no se detendrán ni se reinicializarán cuando cambie el modo de funcionamiento (de combustible dual a combustible líquido o viceversa). Sin embargo, en el caso de que alguno de estos mecanismos (por ejemplo, un sistema de diagnóstico) dependa del modo de funcionamiento real, el contador asociado a ese mecanismo podrá, a solicitud del fabricante y con la aprobación de la autoridad de homologación:

a) detenerse y, cuando proceda, conservar el valor que tenga en ese momento cuando cambie el modo de funcionamiento;

b) reiniciarse y, cuando proceda, seguir contando a partir del punto en que se detuvo cuando el modo de funcionamiento vuelva a cambiar al otro modo.

▼B

Apéndice 1

Indicador de combustible dual, sistema de alerta y limitación de funcionamiento de los motores de combustible dual: requisitos de demostración

1. **Indicadores de combustible dual**

1.1. Indicador de modo de combustible dual

La capacidad del motor para ordenar la activación del indicador de modo de combustible dual cuando funcione en modo de combustible dual se demostrará en la homologación de tipo UE.

1.2. Indicador de modo de combustible líquido

En el caso de los motores de combustible dual de los tipos 1B, 2B o 3B, la capacidad del motor para ordenar la activación del indicador de modo de combustible líquido cuando funcione en modo de combustible líquido se demostrará en la homologación de tipo UE.

1.3. Indicador de modo de mantenimiento

La capacidad del motor para ordenar la activación del indicador de modo de mantenimiento cuando funcione en modo de mantenimiento se demostrará en la homologación de tipo UE.

1.3.1. La demostración relacionada con el indicador de modo de mantenimiento podrá realizarse simplemente mediante la activación de un conmutador que active el modo de mantenimiento, cuando el vehículo esté equipado con este conmutador, y la presentación a la autoridad de homologación de pruebas que demuestren que la activación se produce cuando el propio sistema de motor ordena que se active el modo de mantenimiento (por ejemplo, mediante algoritmos, simulaciones, el resultado de ensayos internos, etc.).

2. **Sistema de alerta**

La capacidad del motor para ordenar la activación del sistema de alerta cuando la cantidad de combustible gaseoso que haya en el depósito de combustible gaseoso esté por debajo del nivel de alerta se demostrará en la homologación de tipo UE. A este fin, será posible simular la cantidad real de combustible gaseoso.

3. **Limitación de funcionamiento**

En el caso de los motores de combustible dual de los tipos 1A o 2A, la capacidad del motor para ordenar la activación de la limitación de funcionamiento cuando se detecte que el depósito de combustible gaseoso se encuentra vacío o que el sistema de suministro de gas no funciona correctamente se demostrará en la homologación de tipo UE. A este fin, será posible simular que el depósito de combustible gaseoso se encuentra vacío o que el sistema de suministro de gas no funciona correctamente.

3.1. Bastará con realizar la demostración en un caso de uso típico seleccionado con el acuerdo previo de la autoridad de homologación y presentar a dicha autoridad pruebas que demuestren que la limitación de funcionamiento se produce en los demás casos de uso posibles (por ejemplo, mediante algoritmos, simulaciones, el resultado de ensayos internos, etc.).

▼B

Apéndice 2

Requisitos aplicables al procedimiento de ensayo de emisiones de los motores de combustible dual

1. **Generalidades**

En este punto se definen los requisitos y las excepciones adicionales del presente anexo para que puedan efectuarse ensayos de emisiones de los motores de combustible dual independientemente de si dichas emisiones son únicamente emisiones de escape o también emisiones del cárter sumadas a las emisiones de escape conforme al punto 6.10 del anexo VI. En el caso de que no se enumere ningún requisito o excepción adicionales, se aplicarán a los motores de combustible dual los requisitos del presente Reglamento de la misma manera en que se aplican a cualesquiera otros tipos de motores o familias de motores homologados con arreglo al Reglamento (UE) 2016/1628.

Los ensayos de emisiones de un motor de combustible dual se ven dificultados por el hecho de que el combustible utilizado por el motor puede variar entre combustible líquido puro y una combinación compuesta principalmente de combustible gaseoso y tan solo una pequeña cantidad de combustible líquido utilizado como fuente de ignición. La relación entre los combustibles utilizados por un motor de combustible dual también puede cambiar dinámicamente según la condición de funcionamiento del motor. Debido a ello son necesarias ciertas precauciones y limitaciones especiales para que puedan efectuarse ensayos de emisiones de estos motores.

2. **Condiciones de ensayo**

Serán de aplicación las disposiciones de la sección 6 del anexo VI.

3. **Procedimientos de ensayo**

Serán de aplicación las disposiciones de la sección 7 del anexo VI.

4. **Procedimientos de medición**

Serán de aplicación las disposiciones de la sección 8 del anexo VI, excepto en los casos establecidos en el presente apéndice.

En la figura 6.6 del anexo VI, se ilustra un procedimiento de medición con dilución del flujo total para motores de combustible dual (sistema CVS).

Este procedimiento de medición asegura que la variación de la composición del combustible durante el ensayo afectará principalmente a los resultados de la medición de los hidrocarburos. ►M2 Esto se verá compensado mediante uno de los métodos descritos en el punto 7. ◄

La medición de flujo parcial o medición gaseosa bruta ilustrada en la figura 6.7 del anexo VI se puede utilizar tomando precauciones en cuanto a los métodos para determinar y calcular el caudal másico del gas de escape.

5. **Equipo de medición**

Serán de aplicación las disposiciones de la sección 9 del anexo VI.

6. **Recuento del número de partículas en las emisiones**

Serán de aplicación las disposiciones del apéndice 1 del anexo VI.

7. **Cálculo de las emisiones**

El cálculo de las emisiones se llevará a cabo con arreglo al anexo VII, excepto en lo que se establezca en la presente sección. Los requisitos adicionales establecidos en el punto 7.1 se aplicarán a los cálculos de base másica y los requisitos adicionales establecidos en el punto 7.2 se aplicarán a los cálculos de base molar.

▼B

El cálculo de las emisiones requiere conocer la composición de los combustibles utilizados. Cuando se suministre un combustible gaseoso junto con un certificado que confirme sus propiedades (por ejemplo, gas en bombonas), es aceptable utilizar la composición indicada por el proveedor. Cuando no se conoce la composición (por ejemplo, combustible de gasoductos), deberá analizarse la composición del combustible como mínimo antes y después de llevar a cabo el ensayo de emisiones del motor. Estará permitido hacer análisis con más frecuencia y utilizar sus resultados en el cálculo.

Cuando se utilice el coeficiente energético del gas (GER), este deberá estar en consonancia con la definición del artículo 3, apartado 2, del Reglamento (UE) 2016/1628 y con las disposiciones específicas que figuran en el anexo II de dicho Reglamento sobre límites de hidrocarburos (HC) totales para los motores alimentados total o parcialmente con combustibles gaseosos. Para calcular el valor medio del GER durante el ciclo, se utilizará uno de los siguientes métodos:

a) en el caso del NRTC con arranque en caliente y el RMC NRSC, dividiendo la suma del GER en cada punto de medición por el número de puntos de medición;

b) en el caso del NRSC de modo discreto, multiplicando el GER medio de cada modo de ensayo por el correspondiente factor de ponderación de dicho modo y calculando la suma de todos los modos. Se utilizarán los factores de ponderación que figuran en el apéndice 1 del anexo XVII para el ciclo aplicable.

7.1. Cálculo de las emisiones de base másica

Serán de aplicación las disposiciones de la sección 2 del anexo VII, excepto en los casos establecidos en la presente sección.

7.1.1. Corrección base seca / base húmeda

7.1.1.1. Gas de escape sin diluir

Para calcular la corrección base seca / base húmeda, se utilizarán las ecuaciones (7-3) y (7-4) del anexo VII.

Los parámetros específicos para el combustible se determinarán con arreglo al punto 7.1.5.

7.1.1.2. Gas de escape diluido

Para calcular la corrección base seca / base húmeda, se utilizará la ecuación (7-3), ya sea junto con la ecuación (7-25) o con la ecuación (7-26), del anexo VII.

Para la corrección base seca / base húmeda, se empleará la relación molar de hidrógeno α de la combinación de los dos combustibles. Dicha relación molar de hidrógeno se calculará a partir de los valores de medición del consumo de los dos combustibles con arreglo al punto 7.1.5.

7.1.2. Corrección de NO_x en función de la humedad

En el caso de los motores de encendido por compresión, se utilizará la corrección de NO_x en función de la humedad tal como se especifica en la ecuación (7-9) del anexo VII.

7.1.3. Dilución de flujo parcial (PFS) y medición de los componentes gaseosos brutos

7.1.3.1. Determinación del caudal másico del gas de escape

El caudal másico del gas de escape se determinará utilizando un caudalímetro de gas de escape sin diluir, tal como se describe en el punto 9.4.5.3 del anexo VI.

▼B

Alternativamente también se podrá utilizar el método de medición del flujo de aire y de la relación aire/combustible con arreglo a las ecuaciones (7-17) a (7-19) del anexo VII, únicamente si los valores de α, γ, δ y ε se determinan con arreglo al punto 7.1.5.3. No se permite utilizar un sensor de tipo Zirconia para determinar la relación aire/combustible.

En el caso de los ensayos de motores sometidos a ciclos de ensayo en estado continuo únicamente el caudal másico del gas de escape se podrá determinar mediante el método de medición del aire y del combustible con arreglo a la ecuación (7-15) del anexo VII.

7.1.3.2. Determinación de los componentes gaseosos

Serán de aplicación las disposiciones del punto 2.1 del anexo VII, excepto en los casos establecidos en la presente sección.

La posible variación de la composición del combustible afectará a todos los factores u_{gas} y las relaciones molares de los componentes en los cálculos de las emisiones. Para determinar los factores u_{gas} y las relaciones molares de los componentes, se utilizará uno de los siguientes enfoques a elección del fabricante.

a) Las ecuaciones exactas de los puntos 2.1.5.2 o 2.2.3 del anexo VII se aplicarán para calcular los valores instantáneos de u_{gas} utilizando las proporciones instantáneas de combustible líquido y gaseoso (determinadas a partir de las mediciones o los cálculos instantáneos del consumo de combustible) y las relaciones molares instantáneas de los componentes determinadas con arreglo al punto 7.1.5; o bien

b) Cuando se utilice el cálculo de base másica de la sección 2 del anexo VII para el caso específico de un motor de combustible dual que funcione con combustible gaseoso y diésel, se podrán utilizar valores tabulados para las relaciones molares de los componentes y los valores de u_{gas}. Dichos valores tabulados se aplicarán de la siguiente forma:

   i) En el caso de los motores que funcionen en el ciclo de ensayo aplicable con un coeficiente energético medio del gas superior o igual al 90 % (GER $\geq$ 0,9), los valores exigidos serán los del combustible gaseoso que figuran en los cuadros 7.1 o 7.2 del anexo VII.

   ii) En el caso de los motores que funcionen en el ciclo de ensayo aplicable con un coeficiente energético medio del gas superior al 10 % pero inferior al 90 % (0,1 < GER < 0,9), se supondrá que los valores exigidos están representados por los correspondientes a una mezcla del 50 % de combustible gaseoso y el 50 % de combustible diésel que figuran en los cuadros 8.1 y 8.2.

   iii) En el caso de los motores que funcionen en el ciclo de ensayo aplicable con un coeficiente energético medio del gas inferior o igual al 10 % (GER $\leq$ 0,1), los valores exigidos serán los del combustible diésel que figuran en los cuadros 7.1 o 7.2 del anexo VII.

   iv) Para calcular las emisiones de HC, se utilizará en todos los casos el valor u_{gas} del combustible gaseoso, independientemente de cuál sea el coeficiente energético medio del gas.

▼B

Cuadro 8.1

Relaciones molares de los componentes para una mezcla del 50 % de combustible gaseoso y el 50 % de combustible diésel (% de la masa)

Combustible gaseoso	α	γ	δ	ε
CH_4	2,8681	0	0	0,0040
G_R	2,7676	0	0	0,0040
G_{23}	2,7986	0	0,0703	0,0043
G_{25}	2,7377	0	0,1319	0,0045
Propano	2,2633	0	0	0,0039
Butano	2,1837	0	0	0,0038
GLP	2,1957	0	0	0,0038
Combustible GLP A	2,1740	0	0	0,0038
Combustible GLP B	2,2402	0	0	0,0039

7.1.3.2.1. Masa por ensayo de emisiones gaseosas

▼M2

En caso de que las ecuaciones exactas se apliquen para calcular valores instantáneos de u_{gas} con arreglo al punto 7.1.3.2, letra a), al calcular la masa por ensayo de emisiones gaseosas para los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y el RMC, u_{gas} deberá incluirse en la suma de la ecuación (7-2) del punto 2.1.2 del anexo VII mediante la ecuación (8-1):

▼B

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} (u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \qquad (8\text{-}1)$$

donde:

$u_{gas,i}$ es el valor instantáneo de u_{gas}

Los restantes términos de la ecuación son los establecidos en el punto 2.1.2 del anexo VII.

Cuadro 8.2

Valores de u_{gas} del gas de escape sin diluir y densidades de los componentes para una mezcla del 50 % de combustible gaseoso y el 50 % de combustible diésel (% de la masa)

Combustible gaseoso	Gas						
	ρ_e	NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				ρ_{gas} [kg/m^3]			
		2,053	1,250	([a])	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} ([b])			
GNC/GNL ([c])	1,2786	0,001606	0,000978	0,000528 ([d])	0,001536	0,001117	0,000560
Propano	1,2869	0,001596	0,000972	0,000510	0,001527	0,001110	0,000556
Butano	1,2883	0,001594	0,000971	0,000503	0,001525	0,001109	0,000556
GLP ([e])	1,2881	0,001594	0,000971	0,000506	0,001525	0,001109	0,000556

([a]) en función del combustible
([b]) con λ = 2, aire seco, 273 K, 101,3 kPa
([c]) Los valores *u* tienen una exactitud del 0,2 % para una composición másica de: C = 58 – 76 %; H = 19 – 25 %; N = 0 – 14 % (CH_4, G_{20}, G_{23}, y G_{25})
([d]) NMHC sobre la base de $CH_{2,93}$ (para los HC totales se utilizará el coeficiente u_{gas} de CH_4)
([e]) Los valores *u* tienen una exactitud del 0,2 % para una composición másica de: C_3 = 27 – 90 %; C4 = 10 – 73 % (combustibles GLP A y B)

▼B

7.1.3.3. Determinación de las partículas

Para determinar las emisiones de partículas mediante el método de medición de la dilución parcial, el cálculo se realizará con arreglo a las ecuaciones del punto 2.3 del anexo VII.

▼M2

Para controlar la relación de dilución, se aplicarán los requisitos del punto 8.2.1.2. del anexo VI. En concreto, si el tiempo combinado de transformación de la medición del caudal del gas de escape y el sistema de flujo parcial es superior a 0,3 s, se hará un control previo basado en un período de ensayo grabado previamente. En este caso, el tiempo de subida combinado será ≤ 1 s y el tiempo de retraso combinado será ≤ 10 s. Excepto en el caso de que se mida directamente el caudal másico del gas de escape, para determinar dicho caudal se utilizarán los valores de α, γ, δ y ε determinados con arreglo al punto 7.1.5.3.

▼B

En toda medición se llevará a cabo un control de calidad con arreglo al punto 8.2.1.2 del anexo VI.

7.1.3.4. Requisitos adicionales relativos al caudalímetro másico del gas de escape

►M2 El caudalímetro contemplado en los puntos 9.4.5.3 y 9.4.5.4 del anexo VI no será sensible a los cambios que se produzcan en la composición y la densidad del gas de escape. ◄ Podrán ignorarse los pequeños errores debidos, por ejemplo, a la medición con un tubo de Pitot o de tipo orificio (equivalente a la raíz cuadrada de la densidad del gas de escape).

7.1.4. Medición con sistema de dilución del flujo total (CVS)

Serán de aplicación las disposiciones del punto 2.2 del anexo VII, excepto en los casos establecidos en la presente sección.

La posible variación de la composición del combustible afectará principalmente al valor del hidrocarburo tabulado u_{gas}. Se aplicarán las ecuaciones exactas para calcular las emisiones de hidrocarburos usando las relaciones molares de los componentes determinadas mediante las mediciones del consumo de los dos combustibles con arreglo al punto 7.1.5.

▼M2

7.1.4.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

▼B

Para determinar el factor estequiométrico, la relación molar de hidrógeno α del combustible se calculará como promedio de la relación molar de hidrógeno de la mezcla de combustibles durante el ensayo conforme al punto 7.1.5.3.

Alternativamente podrá emplearse el valor F_s del combustible gaseoso en la ecuación (7-28) del anexo VII.

7.1.5. Determinación de las relaciones molares de los componentes

7.1.5.1. Generalidades

Esta sección se utilizará para determinar las relaciones molares de los componentes cuando se conozca la mezcla de combustibles (método exacto).

▼M2

7.1.5.2. Cálculo de los componentes de la mezcla de combustible

Para calcular la composición elemental de la mezcla de combustible se utilizarán las ecuaciones (8-2) a (8-7):

▼**M2**

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad (8\text{-}2)$$

$$w_H = \frac{w_{H1} \times q_{mf1} + w_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}3)$$

$$w_C = \frac{w_{C1} \times q_{mf1} + w_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}4)$$

$$w_S = \frac{w_{S1} \times q_{mf1} + w_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}5)$$

$$w_N = \frac{w_{N1} \times q_{mf1} + w_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}6)$$

$$w_O = \frac{w_{O1} \times q_{mf1} + w_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}7)$$

donde:

q_{mf1} es el caudal másico del combustible 1 [kg/s]

q_{mf2} es el caudal másico del combustible 2 [kg/s]

w_H es el contenido en hidrógeno del combustible [% de la masa]

w_C es el contenido en carbono del combustible [% de la masa]

w_S es el contenido en azufre del combustible [% de la masa]

w_N es el contenido en nitrógeno del combustible [% de la masa]

w_O es el contenido en oxígeno del combustible [% de la masa]

7.1.5.3. Cálculo de las relaciones molares de H, C, S, N y O respecto a C para la mezcla de combustible

El cálculo de las relaciones atómicas (especialmente de la relación H/C α) viene dado por el anexo VII mediante las ecuaciones (8-8) a (8-11):

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_H}{w_C} \quad (8\text{-}8)$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_S}{w_C} \quad (8\text{-}9)$$

$$\delta = 0{,}85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad (8\text{-}10)$$

$$\varepsilon = 0{,}75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad (8\text{-}11)$$

donde:

w_H es el contenido en hidrógeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% de la masa]

w_C es el contenido en carbono del combustible, fracción másica [g/g] o [% de la masa]

w_S es el contenido en azufre del combustible, fracción másica [g/g] o [% de la masa]

w_N es el contenido en nitrógeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% de la masa]

w_O es el contenido en oxígeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% de la masa]

α es la relación molar de hidrógeno (H/C)

γ es la relación molar de azufre (S/C)

δ es la relación molar de nitrógeno (N/C)

ε es la relación molar de oxígeno (O/C)

en referencia a un combustible $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$.

▼B

7.2. Cálculo de las emisiones de base molar

Serán de aplicación las disposiciones del anexo VII, sección 3, excepto en los casos establecidos en la presente sección.

7.2.1. Corrección de NO_x en función de la humedad

Se utilizará la ecuación (7-102) del anexo VII (corrección para los motores de encendido por compresión).

7.2.2. Determinación del caudal másico del gas de escape cuando no se use un caudalímetro de gas de escape sin diluir

Se utilizará la ecuación (7-112) del anexo VII (cálculo del caudal molar basado en el aire de admisión). La ecuación (7-113) del anexo VII (cálculo del caudal molar basado en el caudal másico del combustible) podrá utilizarse como alternativa únicamente cuando se realice un ensayo NRSC.

7.2.3. Relaciones molares de los componentes para la determinación de los componentes gaseosos

El enfoque exacto se utilizará para determinar las relaciones molares de los componentes empleando las proporciones instantáneas de combustible líquido y gaseoso determinadas a partir de las mediciones o cálculos instantáneos del consumo de combustible. ►M2 Las relaciones molares instantáneas de los componentes se usarán en las ecuaciones (7-88), (7-90) y (7-91) del anexo VII para el balance químico continuo. ◄

La determinación de las relaciones se hará ya sea con arreglo al punto 7.2.3.1. o al punto 7.1.5.3.

Los combustibles gaseosos, ya sea mezclados o procedentes de una conducción terrestre, pueden contener cantidades significativas de componentes inertes, como el CO_2 y el N_2. El fabricante deberá incluir dichos componentes en los cálculos de la relación atómica descritos en el punto 7.2.3.1. o en el punto 7.1.5.3., según proceda, o bien, alternativamente, el fabricante excluirá los componentes inertes de las relaciones atómicas y los asignará como resulte adecuado a los parámetros del aire de admisión del balance químico x_{O2int}, x_{CO2int} y x_{H2Oint} en el punto 3.4.3. del anexo VII.

7.2.3.1. Determinación de las relaciones molares de los componentes

Las relaciones molares instantáneas de los componentes por lo que se refiere al número de átomos de hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno respecto de los átomos de carbono en el combustible mezclado para los motores de combustible dual podrá calcularse mediante las ecuaciones (8-12) a (8-15):

$$\alpha\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas})]}{M_{\mathrm{H}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}12)$$

$$\beta\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas})]}{M_{\mathrm{O}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}13)$$

$$\gamma\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas})]}{M_{\mathrm{S}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}14)$$

$$\delta\,(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t)\times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t)\times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_{\mathrm{C}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas})]}{M_{\mathrm{N}} \times [(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})]} \quad (8\text{-}15)$$

donde:

$w_{i,fuel}$ = la fracción másica del elemento de referencia, C, H, O, S o N, de combustible líquido o gaseoso;

▼B

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = el caudal másico instantáneo del combustible líquido a tiempo t [kg/h];

$\dot{m}_{gas}$ (t) = el caudal másico instantáneo del combustible gaseoso a tiempo t [kg/h];

▼M2

En los casos en que el caudal másico del gas de escape se calcule sobre la base del combustible mezclado, en la ecuación (7-113) del anexo VII, w_C se calculará mediante la ecuación (8-16):

▼B

$$w_{C} = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad (8\text{-}16)$$

donde:

w_C = la fracción másica del carbono en el diésel o el combustible gaseoso;

$\dot{m}_{liquid}$ = el caudal másico del combustible líquido [kg/hr];

$\dot{m}_{gas}$ = el caudal másico del combustible gaseoso [kg/hr];

7.3. Determinación del CO_2

Será de aplicación lo dispuesto en el anexo VII, excepto cuando el motor se someta a ensayo en ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) o en el RMC usando una muestra de gas sin diluir.

7.3.1 Determinación del CO_2 cuando el motor se someta a ensayo en ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) o en el RMC usando una muestra de gas sin diluir

No se aplicará el cálculo de las emisiones de CO_2 a partir de las mediciones de CO_2 en el gas de escape con arreglo al anexo VII. En su lugar se aplicarán las siguientes disposiciones:

El promedio del consumo de combustible medido en los ensayos se determinará a partir de la suma de los valores instantáneos a lo largo del ciclo y se usará como base para calcular las emisiones de CO_2 medias de los ensayos.

La masa consumida de cada combustible se usará para determinar, con arreglo al punto 7.1.5, la relación molar de hidrógeno y las fracciones másicas de la mezcla de combustible del ensayo.

La masa de combustible total corregida de los dos combustibles $m_{fuel,\ corr}$ [g/test] y la emisión másica de CO_2 procedente del combustible $m_{CO2,\ fuel}$[g/test] se determinarán mediante las ecuaciones (8-17) y (8-18).

$$m_{\ fuel,corr} = m_{\ fuel} - \left(m_{\ THC} + \frac{A_{\ C} + a \cdot A_{\ H}}{M_{\ CO}} x m_{\ CO} + \frac{W_{\ GAM} + W_{\ DEL} + W_{\ EPS}}{100} \cdot m_{\ fuel} \right) \quad (8\text{-}17)$$

$$m_{\ CO_2 fuel} = \frac{M_{\ CO_2}}{A_{\ C} + a + A_{\ H}} \cdot m_{\ fuel,corr} \quad (8\text{-}18)$$

donde:

m_{fuel} = masa de combustible total de los dos combustibles [g/ensayo]

m_{THC} = emisión másica total de hidrocarburos medida en el gas de escape [g/ensayo]

m_{CO} = emisión másica total de monóxido de carbono medida en el gas de escape [g/ensayo]

▼B

w_{GAM} = contenido de azufre de los combustibles [% de la masa]

w_{DEL} = contenido de nitrógeno de los combustibles [% de la masa]

w_{EPS} = contenido de oxígeno de los combustibles [% de la masa]

α = relación molar del hidrógeno de los combustibles (H/C) [-]

A_C = masa atómica del carbono: 12,011 [g/mol]

A_H = masa atómica del hidrógeno: 1,0079 [g/mol]

M_{CO} = masa molecular del monóxido de carbono: 28,011 [g/mol]

M_{CO2} = masa molecular del dióxido de carbono 44,01 [g/mol]

La emisión de CO_2 resultante de la urea $m_{CO2,\ urea}$ [g/ensayo] se calculará mediante la ecuación (8-19):

$$m_{\ CO_2,urea} = \frac{c_{\ urea}}{100} \times \frac{M_{\ CO2}}{M_{\ CO(NH_2)_2}} \times m_{\ urea} \qquad (8\text{-}20)$$

donde:

c_{urea} = concentración de urea [%]

m_{urea} = consumo másico total de urea [g/ensayo]

$M_{CO(NH2)2}$ = masa molecular de la urea: 60,056 [g/mol]

La emisión total de CO_2 resultante m_{CO2} [g/ensayo] se calculará mediante la ecuación (8-20):

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \qquad (8\text{-}20)$$

La emisión total de CO_2 calculada mediante la ecuación (8-20) se utilizará en el cálculo de las emisiones de CO_2 específicas del freno, e_{CO2} [g/kWh] en los puntos 2.4.1.1 o 3.8.1.1 del anexo VII. Cuando proceda, se llevará a cabo la corrección del CO_2 del gas de escape derivado del CO_2 del combustible gaseoso con arreglo a lo dispuesto en el apéndice 3 del anexo IX.

▼B

Apéndice 3

Tipos de motores de combustible dual que funcionen con gas natural/biometano o GLP y un combustible líquido: ilustración de las definiciones y los principales requisitos

Tipo de combustible dual	GER_{cycle}	Al ralentí con combustible líquido	Calentamiento con combustible líquido	Funcionamiento con combustible líquido únicamente	Funcionamiento en ausencia de gas	Observaciones
1A	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ o $GER_{NRSC,} \geq 0{,}9$	NO permitido	Permitido solo en modo de mantenimiento	Permitido solo en modo de mantenimiento	Modo de mantenimiento	
1B	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ o bien $GER_{NRSC} \geq 0{,}9$	Permitido solo en modo de combustible líquido	Permitido solo en modo de combustible líquido	Permitido solo en modo de combustible líquido y modo de mantenimiento	Modo de combustible líquido	
2A	$0{,}1 < GER_{NRTC,hot} < 0{,}9$ o $0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$	Permitido	Permitido solo en modo de mantenimiento	Permitido solo en modo de mantenimiento	Modo de mantenimiento	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ o bien $GER_{NRSC} \geq 0{,}9$ Permitido
2B	$0{,}1 < GER_{NRTC,hot} < 0{,}9$ o $0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$	Permitido	Permitido	Permitido	Modo de combustible líquido	$GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$ o bien $GER_{NRSC} \geq 0{,}9$ permitido
3A	Ni definido ni permitido					
3B	$GER_{NRTC,hot} \leq 0{,}1$ o bien $GER_{NRSC} \leq 0{,}1$	Permitido	Permitido	Permitido	Modo de combustible líquido	

▼B

ANEXO IX

Combustibles de referencia

1. **Datos técnicos sobre combustibles para someter a ensayo motores de encendido por compresión**

1.1. Tipo: Diésel (gasóleo no de carretera)

Parámetro	Unidad	Límites ([1])		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
Índice de cetano ([2])		45	56,0	EN-ISO 5165
Densidad a 15 °C	kg/m^3	833	865	EN-ISO 3675
Destilación:				
punto 50 %	°C	245	-	EN-ISO 3405
punto 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— - Punto final de ebullición	°C	-	370	EN-ISO 3405
Punto de inflamación	°C	55	-	EN 22719
CFPP	°C	-	-5	EN 116
Viscosidad a 40 °C	mm^2/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	2,0	6,0	IP 391
Contenido de azufre ([3])	mg/kg	-	10	ASTM D 5453
Corrosión del cobre		-	clase 1	EN-ISO 2160
Carbono Conradson en el residuo (10 % DR)	% m/m	-	0,2	EN-ISO 10370
Contenido de cenizas	% m/m	-	0,01	EN-ISO 6245
Contaminación total	mg/kg	-	24	EN 12662
Contenido en agua	% m/m	-	0,02	EN-ISO 12937
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg KOH/g	-	0,10	ASTM D 974
Estabilidad a la oxidación ([3])	mg/ml	-	0,025	EN-ISO 12205
Lubricidad (diámetro de la marca de desgaste tras ensayo HFRR a 60 °C)	µm	-	400	CEC F-06-A-96
Estabilidad a la oxidación a 110 °C ([3])	H	20,0	-	EN 15751
Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME)	% v/v	-	7,0	EN 14078

([1]) Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Al establecer los valores límite se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación a los métodos de ensayo», y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad).
A pesar de esta medida, que es necesaria por razones técnicas, el fabricante de combustibles debería procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259.

([2]) El intervalo del índice de cetano no cumple el requisito de un intervalo mínimo de 4R. No obstante, en caso de desacuerdo entre el proveedor y el usuario del combustible, podrán aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259, siempre que se dé preferencia a las repeticiones de mediciones en número suficiente sobre las determinaciones únicas, para conseguir la precisión necesaria.

([3]) Aunque la estabilidad frente a la oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Se recomienda consultar al proveedor acerca de las condiciones y el período de conservación.

▼B

1.2. Tipo: Etanol para motores de encendido por compresión (ED95) ([1])

Parámetro	Unidad	Límites ([2])		Método de ensayo ([3])
		Mínimo	Máximo	
Alcohol total (etanol, incluido el contenido de alcohol superior saturado)	% m/m	92,4		EN 15721
Otros monoalcoholes superiores saturados (C_3-C_5)	% m/m		2,0	EN 15721
Metanol	% m/m		0,3	EN 15721
Densidad 15 °C	kg/m^3	793,0	815,0	EN-ISO 12185
Acidez, calculada como ácido acético	% m/m		0,0025	EN 15491
Aspecto		Brillante y claro		
Punto de inflamación	°C	10		EN 3679
Residuo seco	mg/kg		15	EN 15691
Contenido en agua	% m/m		6,5	EN 15489 ([4]) EN-ISO 12937 EN 15692
Aldehídos, calculados como acetaldehído	% m/m		0,0050	ISO 1388-4
Ésteres, calculados como acetato de etilo	% m/m		0,1	ASTM D 1617
Contenido de azufre	mg/kg		10,0	EN 15485 EN 15486
Sulfatos	mg/kg		4,0	EN 15492
Contaminación por partículas	mg/kg		24	EN 12662
Fósforo	mg/l		0,20	EN 15487
Cloruro inorgánico	mg/kg		1,0	EN 15484 o EN 15492
Cobre	mg/kg		0,100	EN 15488
Conductividad eléctrica	µS/cm		2,50	DIN 51627-4 o prEN 15938

Notas:

([1]) Se pueden añadir aditivos, como mejoradores del índice de cetano conformes a las especificaciones del fabricante del motor, al combustible de etanol, siempre que no haya constancia de efectos secundarios adversos. Si se cumplen estas condiciones, la cantidad máxima permitida es del 10 % m/m.

([2]) Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Al establecer los valores límite se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación a los métodos de ensayo», y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones técnicas, el fabricante de combustibles debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple los requisitos de las especificaciones, se aplicarían los términos de la norma ISO 4259.

([3]) Se adoptarán métodos EN/ISO equivalentes una vez que se publiquen para las características indicadas anteriormente.

([4]) Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple los requisitos de las especificaciones, se aplicarían los términos de la norma EN 15489.

▼B

2. **Datos técnicos sobre combustibles para someter a ensayo motores de encendido por chispa**

2.1. Tipo: Gasolina (E10)

Parámetro	Unidad	Límites ([1])		Método de ensayo ([2])
		Mínimo	Máximo	
Índice de octanos investigado (RON)		91,0	98,0	EN-ISO 5164:2005 ([3])
Índice de octanos motor (MON)		83,0	89,0	EN-ISO 5163:2005 ([3])
Densidad a 15 °C	kg/m^3	743	756	EN-ISO 3675 EN-ISO 12185
Presión de vapor	kPa	45,0	60,0	EN-ISO 13016-1 (DVPE)
Contenido en agua			Max 0,05 % v/v Aspecto a -7 °C: claro y brillante	EN 12937
Destilación:				
— - evaporado a 70 °C	% v/v	18,0	46,0	EN-ISO 3405
— - evaporado a 100 °C	% v/v	46,0	62,0	EN-ISO 3405
— - evaporado a 150 °C	% v/v	75,0	94,0	EN-ISO 3405
— - punto final de ebullición	°C	170	210	EN-ISO 3405
Residuo	% v/v	—	2,0	EN-ISO 3405
Análisis de hidrocarburos:				
— - olefinas	% v/v	3,0	18,0	EN 14517 EN 15553
— - compuestos aromáticos	% v/v	19,5	35,0	EN 14517 EN 15553
— - benceno	% v/v	—	1,0	EN 12177 EN 238, EN 14517
— - saturados	% v/v	Informe		EN 14517 EN 15553
Relación carbono/hidrógeno		Informe		
Relación carbono/oxígeno		Informe		
Periodo de inducción ([4])	minutos	480		EN-ISO 7536
Contenido de oxígeno ([5])	% m/m	3,3 ([8])	3,7	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Goma existente	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246

▼B

Parámetro	Unidad	Límites ([1])		Método de ensayo ([2])
		Mínimo	Máximo	
Contenido de azufre ([6])	mg/kg	—	10	EN-ISO 20846 EN-ISO 20884
Corrosión del cobre (3 h a 50 °C)	clasificación	—	Clase 1	EN-ISO 2160
Contenido de plomo	mg/l	—	5	EN 237
Contenido de fósforo ([7])	mg/l	—	1,3	ASTM D 3231
Etanol ([4])	% v/v	9,0 ([8])	10,2 ([8])	EN 22854

Notas:

([1]) Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Al establecer los valores límite se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación a los métodos de ensayo», y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones técnicas, el fabricante de combustibles debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple los requisitos de las especificaciones, se aplicarían los términos de la norma ISO 4259.

([2]) Se adoptarán métodos EN/ISO equivalentes una vez que se publiquen para las características indicadas anteriormente.

([3]) Se sustraerá un factor de corrección de 0,2 del MON y el RON para el cálculo del resultado final de conformidad con la norma EN 228:2008.

([4]) El combustible podrá contener antioxidantes y desactivadores de metales utilizados normalmente para estabilizar el caudal de la gasolina en las refinerías, pero no llevará ningún aditivo detergente/dispersante ni aceites disolventes.

([5]) A condición de que cumpla la especificación de la norma EN 15376, el etanol es el único compuesto oxigenado que se añadirá intencionadamente a este combustible de referencia.

([6]) Se declarará el contenido real de azufre del combustible utilizado en el ensayo de tipo 1.

([7]) No se añadirán de manera intencionada a este combustible de referencia compuestos que contengan fósforo, hierro, manganeso o plomo.

([8]) A elección del fabricante, el contenido de etanol y el correspondiente contenido de oxígeno podrá ser igual a cero en los motores de categoría SMB. De ser así, todos los ensayos de la familia de motores o del tipo de motor, en los casos en que no haya una familia, se llevarán a cabo con gasolina que tenga un contenido de etanol igual a cero.

2.2. Tipo: Etanol (E85)

Parámetro	Unidad	Límites ([1])		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Índice de octanos investigado (RON)		95,0	—	EN-ISO 5164
Índice de octanos motor (MON)		85,0	—	EN-ISO 5163
Densidad a 15 °C	kg/m^3	Informe		ISO 3675
Presión de vapor	kPa	40,0	60,0	EN-ISO 13016-1 (DVPE)
Contenido de azufre ([2])	mg/kg	—	10	EN 15485 o EN 15486
Estabilidad a la oxidación	Minutos	360		EN-ISO 7536
Contenido de goma existente (lavada por solvente)	mg/100 ml	—	5	EN-ISO 6246
Aspecto Este se determinará a temperatura ambiente o a 15 °C, de las dos la que sea superior.		Claro y brillante, visiblemente libre de contaminantes suspendidos o precipitados		Inspección visual

▼B

Parámetro	Unidad	Límites (1)		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Etanol y alcoholes superiores (3)	% v/v	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517 E DIN 51627-3
Alcoholes superiores (C_3 — C_8)	% v/v	—	2,0	E DIN 51627-3
Metanol	% v/v		1,00	E DIN 51627-3
Gasolina (4)	% v/v	Resto		EN 228
Fósforo	mg/l	0,20 (5)		EN 15487
Contenido en agua	% v/v		0,300	EN 15489 o EN 15692
Contenido de cloruro inorgánico	mg/l		1	EN 15492
pHe		6,5	9,0	EN 15490
Corrosión de la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	Clasificación	Clase 1		EN-ISO 2160
Acidez (como ácido acético CH_3COOH)	% m/m (mg/l)	—	0,0050 (40)	EN 15491
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,5		DIN 51627-4 o prEN 15938
Relación carbono/hidrógeno		Informe		
Relación carbono/oxígeno		Informe		

Notas:

(1) Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Al establecer los valores límite se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación a los métodos de ensayo», y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones técnicas, el fabricante de combustibles debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple los requisitos de las especificaciones, se aplicarían los términos de la norma ISO 4259.

(2) Se comunicará el contenido real de azufre del combustible utilizado en los ensayos de emisiones.

(3) A condición de que cumpla la especificación de la norma EN 15376, el etanol es el único compuesto oxigenado que se añadirá intencionadamente a este combustible de referencia.

(4) El contenido de gasolina sin plomo puede determinarse como 100 menos la suma del contenido en porcentaje de agua, alcoholes, MTBE y ETBE.

(5) No se añadirán de manera intencionada a este combustible de referencia compuestos que contengan fósforo, hierro, manganeso o plomo.

3. **Datos técnicos sobre combustibles gaseosos para motores de un solo combustible o de combustible dual**

3.1. Tipo: GLP

Parámetro	Unidad	Combustible A	Combustible B	Método de ensayo
Composición:				EN 27941
Contenido de C_3	% v/v	30 ± 2	85 ± 2	
Contenido de C_4	% v/v	Resto (1)	Resto (1)	
$< C_3$, $> C_4$	% v/v	Máximo 2	Máximo 2	

▼B

Parámetro	Unidad	Combustible A	Combustible B	Método de ensayo
Olefinas	% v/v	Máximo 12	Máximo 15	
Residuo de evaporación	mg/kg	Máximo 50	Máximo 50	EN 15470
Agua a 0 °C		Libre	Libre	EN 15469
Contenido total de azufre, incluido el odorante	mg/kg	Máximo 10	Máximo 10	EN 24260, ASTM D 3246, ASTM 6667
Sulfuro de hidrógeno		Inexistente	Inexistente	EN-ISO 8819
Corrosión de la lámina de cobre (1 h a 40 °C)	Clasificación	Clase 1	Clase 1	ISO 6251 (2)
Olores		Característico	Característico	
Índice de octano motor (3)		Mínimo 89,0	Mínimo 89,0	EN 589 anexo B

Notas:

(1) El resto se expresará de la siguiente forma: resto = 100 — C_3 — $<C_3$ — $>C_4$.
(2) Este método puede no determinar con exactitud la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de la corrosión u otros productos químicos que disminuyan la corrosividad de la muestra a la lámina de cobre. Por consiguiente, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de ensayo.
(3) A petición del fabricante del motor, podría utilizarse un MON superior para realizar los ensayos de homologación de tipo.

3.2. Tipo: Gas natural/Biometano

3.2.1. Especificación de los combustibles de referencia suministrados con propiedades fijas (por ejemplo, procedentede un contenedor precintado)

Como alternativa a los combustibles de referencia establecidos en este punto se podrán usar los combustibles equivalentes del punto 3.2.2.

Características	Unidades	Fundamento	Límites		Método de ensayo
			mínimo	máximo	
Combustible de referencia G_R					
Composición:					
Metano		87	84	89	
Etano		13	11	15	
Resto[1]	% mol	—	—	1	ISO 6974
Contenido de azufre	mg/m^3 [2]	—		10	ISO 6326-5

Notas:
[1] Gases inertes + C_{2+}
[2] Valor a determinar en condiciones normales a 293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa.

Combustible de referencia G_{23}					
Composición:					
Metano		92,5	91,5	93,5	
Resto[1]	% mol	—	—	1	ISO 6974
N_2	% mol	7,5	6,5	8,5	

▼B

Características	Unidades	Fundamento	Límites		Método de ensayo
			mínimo	máximo	
Contenido de azufre	mg/m^3 [2]	—	—	10	ISO 6326-5

Notas:
[1] Gases inertes (que no sean N_2) + C_2 + C_{2+}.
[2] Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa.

Combustible de referencia G_{25}

Composición:					
Metano	% mol	86	84	88	
Resto[1]	% mol	—	—	1	ISO 6974
N_2	% mol	14	12	16	
Contenido de azufre	mg/m^3 [2]	—	—	10	ISO 6326-5

Notas:
[1] Gases inertes (que no sean N_2) + C_2 + C_{2+}.
[2] Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa.

Combustible de referencia G_{20}

Composición:					
Metano	% mol	100	99	100	ISO 6974
Resto ([1])	% mol	—	—	1	ISO 6974
N_2	% mol				ISO 6974
Contenido de azufre	mg/m^3 ([2])	—	—	10	ISO 6326-5
Índice de Wobbe (neto)	MJ/m^3 ([3])	48,2	47,2	49,2	

([1]) Gases inertes (que no sean N_2) + C_2 + C_2+.
([2]) Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa.
([3]) Valor a determinar a 273,2 K (0 °C) y 101,3 kPa.

3.2.2. Especificación del combustible de referencia suministrado a partir de un gasoducto con adición de otros gases cuando las propiedades del gas se determinen mediante medición *in situ*

Como alternativa a los combustibles de referencia de este punto se podrán usar los combustibles de referencia equivalentes del punto 3.2.1.

3.2.2.1. La base de todo combustible de referencia procedente de un gasoducto (G_R, G_{20}, etc.) será el gas extraído de una red pública de distribución de gas, mezclado, cuando sea necesario para cumplir la correspondiente especificación de desplazamiento lambda (S_λ) del cuadro 9.1, con adición de uno o más de los siguientes gases disponibles en el comercio ([1]):

a) dióxido de carbono;

b) etano;

c) metano;

d) nitrógeno;

e) propano.

([1]) Para esto no será necesario usar gas de calibración.

▼B

3.2.2.2. El valor de S_λ de la mezcla resultante de gas de gasoducto y gas añadido se situará dentro del intervalo especificado en el cuadro 9.1. para el combustible de referencia especificado.

Cuadro 9.1

Intervalo de S_λ exigido para cada combustible de referencia

Combustible de referencia	S_λ mínimo	S_λ máximo
G_R ([1])	0,87	0,95
G_{20}	0,97	1,03
G_{23}	1,05	1,10
G_{25}	1,12	1,20

([1]) No será obligatorio someter el motor a un ensayo con una mezcla de gases cuyo índice de metano (MN) sea inferior a 70. En el caso de que el intervalo de S_λ exigido para G_R dé como resultado un MN inferior a 70, se podrá ajustar el valor de S_λ para G_R tanto como sea necesario hasta alcanzar un valor de MN superior o igual a 70.

3.2.2.3. El acta de ensayo del motor deberá incluir los siguientes elementos por cada ensayo que se lleve a cabo:

a) el gas o gases añadidos elegidos de la lista del punto 3.2.2.1;

b) el valor de S_λ de la mezcla de combustibles resultante;

c) el índice de metano (MN) de la mezcla de combustibles resultante.

3.2.2.4. Se cumplirán los requisitos de los apéndices 1 y 2 en cuanto a la determinación de las propiedades de los gases de gasoducto y los gases añadidos, la determinación de S_λ y MN para la mezcla de gases resultante y la verificación de que se mantuvo la mezcla durante el ensayo.

3.2.2.5. En el caso de que una o más corrientes de gas (gas de gasoducto o gas o gases añadidos) contengan CO_2 en proporción superior a la proporción *de minimis*, el cálculo de las emisiones específicas de CO_2 en el anexo VII se corregirá con arreglo al apéndice 3.

▼B

Apéndice 1

Requisitos complementarios para llevar a cabo ensayos de emisiones utilizando combustibles de referencia gaseosos, incluido el gas de gasoducto con adición de otros gases

1. **Método de análisis de los gases y medición del caudal de gases**

1.1. A efectos del presente apéndice, cuando sea necesario, la composición del gas se determinará analizando el gas mediante cromatografía de gases con arreglo a la norma EN ISO 6974 o mediante una técnica alternativa que obtenga, como mínimo, un nivel similar de exactitud y repetibilidad.

1.2. A efectos del presente apéndice, cuando sea necesario, la medición del caudal de gas se llevará a cabo utilizando un caudalímetro de base másica.

2. **Análisis y caudal del suministro entrante de gas público**

2.1. Se deberá analizar la composición del suministro de gas público antes del sistema de mezcla de los gases añadidos.

2.2. Deberá medirse el caudal del gas público que se incorpore al sistema de mezcla de los gases añadidos.

3. **Análisis y caudal de los gases añadidos**

3.1. Cuando se disponga de un certificado de análisis aplicable para determinados gases añadidos (por ejemplo, un certificado extendido por el proveedor de gas), se podrá utilizar como fuente de la composición de dichos gases añadidos. De ser así, el análisis sobre el terreno de la composición de los gases añadidos estará permitido pero no será obligatorio.

3.2. Cuando no se disponga de un certificado de análisis aplicable para determinados gases añadidos, se analizará la composición de dichos gases añadidos.

3.3. Deberá medirse el caudal de toda adición que se incorpore al sistema de mezcla de los gases añadidos.

4. **Análisis del gas mezclado**

4.1. El análisis de la composición del gas suministrado al motor tras haber salido del sistema de mezcla de los gases añadidos estará permitido además del análisis exigido en los puntos 2.1 y 3.1 o como alternativa a él, pero no será obligatorio.

5. **Cálculo de S_λ y del MN del gas mezclado**

5.1. Los resultados de los análisis de los gases con arreglo a los puntos 2.1, 3.1 o 3.2 y, cuando proceda, 4.1, junto con el caudal másico del gas medido con arreglo a los puntos 2.2 y 3.3, se utilizarán para calcular el MN con arreglo a la norma EN 16726:2015. El mismo conjunto de datos se utilizarán para calcular S_λ con arreglo al procedimiento establecido en el apéndice 2.

6. **Control y verificación de la mezcla de gases durante el ensayo**

6.1 El control y la verificación de la mezcla de gases durante el ensayo se llevará a cabo utilizando un sistema de control ya sea de bucle abierto o de bucle cerrado.

6.2 Sistema de control de la mezcla de bucle abierto

6.2.1 En este caso, el análisis de los gases, las mediciones del caudal y los cálculos establecidos en los puntos 1, 2, 3 y 4 se llevarán a cabo antes del ensayo de emisiones.

6.2.2 La proporción de gas público y de gases añadidos se establecerá de forma que S_λ esté dentro del intervalo permitido para el correspondiente combustible de referencia en el cuadro 9.1.

▼B

6.2.3 Cuando se hayan establecido las proporciones relativas, se mantendrán a lo largo de todo el ensayo de emisiones. Se permitirán ajustes de cada uno de los caudales para mantener las proporciones relativas.

6.2.4 Cuando haya finalizado el ensayo de emisiones, se repetirán el análisis de la composición de los gases, las mediciones del caudal y los cálculos establecidos en los puntos 2, 3, 4 5. Para que el ensayo sea dado por válido, el valor de S_λ deberá permanecer dentro del intervalo especificado para el correspondiente combustible de referencia en el cuadro 9.1.

6.3 Sistema de control de la mezcla de bucle cerrado

6.3.1 En este caso, el análisis de la composición de los gases, las mediciones del caudal y los cálculos establecidos en los puntos 2, 3, 4 y 5 se llevarán a cabo a intervalos durante del ensayo de emisiones. Los intervalos se elegirán teniendo en cuenta la capacidad de frecuencia del cromatógrafo de gases y el correspondiente sistema de cálculo.

6.3.2 Los resultados de las mediciones y cálculos periódicos se utilizarán para ajustar las proporciones relativas de gas público y gases añadidos con el fin de mantener el valor de S_λ dentro del intervalo especificado en el cuadro 9.1 para el correspondiente combustible de referencia. La frecuencia de los ajustes no será superior a la frecuencia de las mediciones.

6.3.3 Para que el ensayo sea dado por válido, el valor de S_λ deberá permanecer dentro del intervalo especificado en el cuadro 9.1 para el correspondiente combustible de referencia en el 90 % de los puntos de medición como mínimo.

▼B

Apéndice 2

Cálculo del factor de desplazamiento λ (S_λ)

1. **Cálculo**

El factor de desplazamiento λ (S_λ) ([1]) se calculará utilizando la ecuación (9-1):

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad (9\text{-}1)$$

donde:

S_λ = factor de desplazamiento λ;

inerte % = % en volumen de gases inertes en el combustible (es decir, N_2, CO_2, He, etc.);

O^*_2 = % en volumen de oxígeno original en el combustible;

n y *m* = se refieren al promedio de C_nH_m que representan los hidrocarburos del carburante, es decir:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100} + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100} + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100} + ..\right]\right]\right]}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} \quad (9\text{-}2)$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100} + \ldots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100} + ..\right]\right]}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} \quad (9\text{-}3)$$

donde:

CH_4 = % en volumen de metano en el combustible;

C_2 = % en volumen de todos los hidrocarburos C_2 (por ejemplo: C_2H_6, C_2H_4, etc.) en el combustible;

C_3 = % en volumen de todos los hidrocarburos C_3 (por ejemplo: C_3H_8, C_3H_6, etc.) en el combustible;

C_4 = % en volumen de todos los hidrocarburos C_4 (por ejemplo: C_4H_{10}, C_4H_8, etc.) en el combustible;

C_5 = % en volumen de todos los hidrocarburos C_5 (por ejemplo: C_5H_{12}, C_5H_{10}, etc.) en el combustible;

diluent = % en volumen de los gases de dilución en el combustible (es decir: O_2*, N_2, CO_2, He, etc.).

2. **Ejemplos para el cálculo del factor de desplazamiento λ (S_λ)**

Ejemplo 1: G_{25}: CH_4 = 86 %, N_2 = 14 % (en volumen)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1-\text{diluent\%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

([1]) *Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels* - SAE J1829, junio de 1987. John B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, 1988, capítulo 3.4 «*Combustion stoichiometry*» (páginas 68 a 72).

▼B

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Ejemplo 2: G_R: CH_4 = 87 %, C_2H_6 = 13 % (en volumen)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Ejemplo 3: EE.UU.: CH_4 = 89 %, C_2H_6 = 4,5 %, C_3H_8 = 2,3 %, C_6H_{14} = 0,2 %, O_2 = 0,6 %, N_2 = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64 + 4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + .. + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right]}{\frac{1 - diluent\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6 + 4}{100}} = 4{,}24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

Como alternativa a la anterior ecuación, se podrá calcular S_λ a partir de la relación entre la demanda estequiométrica de aire del metano puro y la demanda estequiométrica de aire de la mezcla de combustibles suministrada al motor, como se especifica más adelante.

El factor de desplazamiento lambda (S_λ) expresa la demanda de oxígeno de toda mezcla de combustibles en relación con la demanda de oxígeno del metano puro. La demanda de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar el metano en una composición estequiométrica de reactivos en los productos de una combustión completa (es decir, dióxido de carbono y agua).

En la combustión de metano puro, la reacción es la que figura en la ecuación (9-4):

$$1 \cdot CH_4 + 2 \cdot O_2 \rightarrow 1 \cdot CO_2 + 2 \cdot H_2O \qquad (9\text{-}4)$$

En este caso, la relación de moléculas en la composición estequiométrica de los reactivos es exactamente 2:

$$\frac{n_{O_2}}{n_{CH_4}} = 2$$

donde:

n_{O2} = número de moléculas de oxígeno

n_{CH4} = número de moléculas de metano

▼B

Por lo tanto, la demanda de oxígeno del metano puro es:

n_{O2} = 2 ·n_{CH4} con un valor de referencia de [n_{CH4}]= 1kmol

▼M2

El valor de S_λ se puede determinar a partir de la relación que se establece entre la relación de la composición estequiométrica del oxígeno y el metano y la relación de la composición estequiométrica del oxígeno y la mezcla de combustibles suministrada al motor, como figura en la ecuación (9-5):

▼B

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{\text{blend}}} \quad (9\text{-}5)$$

donde:

n_{blend} = número de moléculas de la mezcla de combustible

$(n_{O2})_{blend}$ = relación de las moléculas en la composición estequiométrica del oxígeno y de la mezcla de combustibles suministrada al motor

Dado que el aire contiene un 21 % de oxígeno, la demanda estequiométrica de aire L_{st} de todo combustible deberá calcularse mediante la ecuación (9-6):

$$L_{st,fuel} = \frac{n_{O2,fuel}}{0{,}21} \quad (9\text{-}6)$$

donde:

$L_{st,fuel}$ = demanda estequiométrica de aire del combustible

$n_{O2\ fuel}$ = demanda estequiométrica de oxígeno del combustible

En consecuencia, el valor de S_λ también se puede determinar a partir de la relación entre la composición estequiométrica del aire y el metano y la relación de la composición estequiométrica del aire y la mezcla de combustibles suministrada al motor, es decir, la relación entre la demanda estequiométrica de aire del metano y la de la mezcla de combustibles suministrada al motor, como figura en la ecuación (9-7):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0{,}21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0{,}21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{CH_4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH_4}}{L_{st,blend}} \quad (9\text{-}7)$$

Por lo tanto, todo cálculo en que se especifique la demanda estequiométrica de aire puede utilizarse para expresar el factor de desplazamiento lambda.

▼B

Apéndice 3

Corrección del CO_2 del gas de escape derivado del CO_2 del combustible gaseoso

1. **Caudal másico instantáneo de CO_2 en la corriente del combustible gaseoso**

1.1. La composición del gas y el flujo del gas se determinarán con arreglo a los requisitos de las secciones 1 a 4 del apéndice 1.

1.2. El caudal másico instantáneo de CO_2 en la corriente del gas suministrado al motor se calculará mediante la ecuación (9-8).

$$\dot{m}_{CO2i} = (M_{CO2}/M_{stream}) \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad (9\text{-}8)$$

donde:

$\dot{m}_{CO2i}$ = Caudal másico instantáneo de CO_2 a partir de la corriente de gas [g/s]

$\dot{m}_{streami,}$ = Caudal másico instantáneo de la corriente de gas [g/s]

x_{CO2i} = Fracción molar de CO_2 en la corriente gaseosa [-]

M_{CO2} = Masa molar del CO_2 [g/mol]

M_{stream} = Masa molar de la corriente de gas [g/mol]

M_{stream} se calculará a partir de todos los componentes medidos (1, 2, …, n) mediante la ecuación (9-9).

$$M_{stream} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \ldots + x_n \cdot M_n \quad (9\text{-}9)$$

donde:

$X_{1,\ 2,\ \ldots n}$ = Fracción molar de cada componente medido en la corriente de gas (CH_4, CO_2, …) [-]

$M_{1,\ 2,\ \ldots n}$ = Masa molar de cada componente medido en la corriente de gas [g/mol]

1.3. Con el fin de determinar el caudal másico total de CO_2 en el combustible gaseoso que se incorpore al motor, se llevará a cabo el cálculo de la ecuación (9-8) para toda corriente individual de gas que contenga CO_2 que se incorpore al sistema de mezcla de los gases y se sumarán los resultados de todas las corrientes de gas, o bien se calculará el gas mezclado que salga del sistema de mezcla y se incorpore al motor mediante la ecuación (9-10):

$$\dot{m}_{CO2i,\ fuel} = \dot{m}_{CO2i,\ a} + \dot{m}_{CO2i,\ b} + \ldots + \dot{m}_{CO2i,\ n} \quad (9\text{-}10)$$

donde:

$\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ = caudal másico instantáneo combinado de CO_2 derivado del CO_2 del combustible gaseoso que se incorpore al motor [g/s]

$\dot{m}_{CO2i,\ a,\ b,\ \ldots,\ n}$ = caudal másico instantáneo de CO_2 derivado del CO_2 de cada corriente individual de gas a, b, …, n [g/s]

▼B

2. **Cálculo de las emisiones específicas de CO_2 en ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC) y en el RMC**

2.1. La masa total por ensayo de emisiones de CO_2 procedentes del CO_2 presente en el combustible $m_{CO2,\ fuel}$ [g/ensayo] se calculará sumando el caudal másico instantáneo de CO_2 en el combustible gaseoso que se incorpore al motor $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ [g/s] durante el ciclo de ensayo mediante la ecuación (9-11):

$$m_{\ CO2,fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \tag{9-11}$$

donde:

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

2.2. La masa total de emisiones de CO_2 m_{CO2} [g/ensayo] usada en las ecuaciones (7-61), (7-63), (7-128) o (7-130) del anexo VII para calcular el resultado de las emisiones específicas e_{CO2} [g/kWh] se sustituirá en dichas ecuaciones por el valor corregido $m_{CO2,\ corr}$ [g/ensayo] calculado mediante la ecuación (9-12).

$$m_{CO2,\ corr} = m_{CO2} - m_{CO2,\ fuel} \tag{9-12}$$

3. **Cálculo de las emisiones específicas de CO_2 del NRSC en modo discreto**

3.1. El caudal másico medio de emisiones de CO_2 procedentes del CO_2 presente en el combustible por hora $q_{mCO2,\ fuel}$ o $\dot{m}_{CO2fuel}$ [g/h] se calculará para cada uno de los modos de ensayo a partir de las mediciones del caudal másico instantáneo de CO_2 $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ fuel [g/s] resultante de la ecuación (9-10) realizadas durante el período de muestreo del correspondiente modo de ensayo mediante la ecuación (9-13):

$$q_{\ mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,fuel} = \frac{1}{3\ 600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \tag{9-13}$$

donde:

N = número de mediciones realizadas durante el modo de ensayo [-]

3.2. El caudal másico medio de emisiones de CO_2 q_{mCO2} o $\dot{m}_{CO2}$ [g/h] para cada uno de los modos de ensayo utilizados en las ecuaciones (7-64) o (7-131) del anexo VII para calcular el resultado de las emisiones específicas e_{CO2} [g/kWh] se sustituirá en dichas ecuaciones por el valor corregido $q_{mCO2,\ corr}$ o $\dot{m}_{CO2,\ corr}$ [g/h] para cada uno de los modos de ensayo calculado mediante las ecuaciones (9-14) o (9-15).

$$q_{\ mCO2,\ corr} = q_{\ mCO2} - q_{\ mCO2,\ fuel} \tag{9-14}$$

$$\dot{m}_{CO2,\ corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,\ fuel} \tag{9-15}$$

▼B

ANEXO X

Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para entregar un motor separado de su sistema de postratamiento de los gases de escape

1. El envío por separado, tal como se establece en el artículo 34, apartado 3, del Reglamento (UE) 2016/1628, tiene lugar cuando el fabricante y el OEM que instale el motor sean entidades jurídicas independientes, el fabricante envíe el motor desde un lugar por separado de su sistema de postratamiento de los gases de escape, y dicho sistema de postratamiento de los gases de escape se entregue a partir de un lugar distinto y/o en otro momento.

2. **En dicho caso, el fabricante:**

2.1. será considerado responsable de la introducción en el mercado del motor y de garantizar que el motor se haya puesto en conformidad con el tipo de motor homologado;

2.2. hará todos los pedidos de las piezas enviadas por separado antes de enviar al OEM el motor separado de su sistema de postratamiento de los gases de escape;

2.3. pondrá a disposición del OEM las instrucciones de instalación del motor, incluido el sistema de postratamiento de los gases de escape, y las marcas de identificación de las piezas enviadas por separado, así como la información necesaria para comprobar que el motor montado funciona correctamente con arreglo al tipo de motor o familia de motores homologados;

2.4. mantendrá registros de la siguiente información:

1) instrucciones puestas a disposición del OEM;

2) lista de todas las piezas entregadas por separado;

3) registros devueltos por el OEM con la confirmación de que los motores entregados se hayan puesto en conformidad con lo dispuesto en la sección 3;

2.4.1. mantendrá estos registros durante un plazo mínimo de diez años;

2.4.2. pondrá los registros a disposición de la autoridad de homologación, de la Comisión Europea o de las autoridades de vigilancia del mercado cuando así se lo pidan;

2.5. velará por que, además del marcado reglamentario exigido por el artículo 32 del Reglamento (UE) 2016/1628, se fije en el motor sin sistema de postratamiento de los gases de escape una marca temporal, tal como se exige en el artículo 33, apartado 1, de dicho Reglamento y de conformidad con las disposiciones del anexo III del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

2.6. velará por que las piezas enviadas por separado de los motores tengan marcas de identificación (por ejemplo, número de pieza);

2.7. velará por que, en el caso de un motor de transición, el motor (incluido el sistema de postratamiento de los gases de escape) tenga una fecha de fabricación del motor anterior a la fecha de introducción en el mercado de los motores establecida en el anexo III del Reglamento (UE) 2016/1628, tal como lo exige el artículo 3, apartados 7, 30 y 32, de dicho Reglamento.

2.7.1. Los registros establecidos en el punto 2.4 incluirán pruebas de que el sistema de postratamiento de los gases de escape que forme parte de un motor de transición ha sido fabricado antes de dicha fecha en el caso de que la fecha de fabricación no sea visible en las marcas del sistema de postratamiento de los gases de escape.

▼B

3. **El OEM:**

3.1. confirmará al fabricante que el motor se ha puesto en conformidad con el tipo de motor o familia de motores homologados con arreglo a las instrucciones recibidas y que se han llevado a cabo todas las comprobaciones necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del motor montado con arreglo al tipo de motor homologado.

3.2. Cuando el OEM reciba periódicamente suministros de motores de un fabricante, podrá facilitar la confirmación establecida en el punto 3.1 a intervalos regulares acordados entre las partes pero de duración no superior a un año.

▼B

ANEXO XI

Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para la introducción temporal en el mercado a efectos de ensayo de campo

Las siguientes condiciones serán de aplicación para la introducción temporal en el mercado de motores a efectos de ensayos de campo con arreglo al artículo 34, apartado 4, del Reglamento (UE) 2016/1628:

1. El fabricante seguirá manteniendo la propiedad del motor hasta que se complete el procedimiento establecido en el punto 5, lo que no será óbice para un acuerdo financiero con el OEM o los usuarios finales que participen en el procedimiento de ensayo.

2. Antes de introducir el motor en el mercado, el fabricante facilitará a la autoridad de homologación del Estado miembro información sobre su nombre o marca, el número único de identificación del motor, la fecha de fabricación del motor, todo dato pertinente sobre el rendimiento del motor en materia de emisiones y sobre el OEM o los usuarios finales que participen en el procedimiento de ensayo.

3. El motor irá acompañado de una declaración de conformidad expedida por el fabricante y que cumpla lo dispuesto en el anexo II del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656; en la declaración de conformidad se indicará, concretamente, que se trata de un motor de ensayo de campo introducido temporalmente en el mercado de conformidad con el artículo 34, apartado 4, del Reglamento (UE) 2016/1628.

4. El motor llevará el marcado reglamentario establecido en el anexo III del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

5. Cuando los ensayos hayan terminado y, en cualquier caso, en un plazo de veinticuatro meses a partir de la introducción en el mercado del motor, el fabricante se encargará de que el motor o bien sea retirado del mercado, o bien se haya puesto en conformidad con el Reglamento (UE) 2016/1628. El fabricante informará a la autoridad de homologación de la opción elegida.

6. No obstante lo dispuesto en el punto 5, el fabricante podrá solicitar una ampliación de la duración del ensayo de hasta veinticuatro meses más ante la misma autoridad de homologación; al hacerlo deberá justificar debidamente la petición de ampliación.

6.1. La autoridad de homologación podrá autorizar la ampliación, si la considera justificada. En ese caso:

   1) el fabricante deberá presentar una nueva declaración de conformidad para el período adicional, y

   2) las disposiciones del punto 5 se aplicarán hasta que finalice el período de ampliación o, en cualquier caso, durante cuarenta y ocho meses a partir de la introducción en el mercado.

▼B

ANEXO XII

Especificaciones y condiciones técnicas detalladas para motores con fines especiales

Las siguientes condiciones serán de aplicación para la introducción en el mercado de motores que cumplan los valores límite de emisiones de gases y partículas contaminantes para motores con fines especiales que figuran en el anexo VI del Reglamento (UE) 2016/1628.

1. Antes de introducir el motor en el mercado, el fabricante tomará medidas razonables para asegurarse de que el motor vaya a ser instalado en máquinas móviles no de carretera para su uso exclusivo en atmósferas potencialmente explosivas, con arreglo al artículo 34, apartado 5, de dicho Reglamento o para el lanzamiento y la recuperación de botes salvavidas operados por un servicio nacional de salvamento, con arreglo al artículo 34, apartado 6, de dicho Reglamento.

2. A los efectos del punto 1, se considerará como medida razonable una declaración escrita del OEM o del operador económico que reciba el motor en la que confirmen que será instalado en máquinas móviles no de carretera y utilizado exclusivamente para tales fines especiales.

3. El fabricante:

   1) conservará la declaración escrita establecida en el punto 2 durante diez años como mínimo, y

   2) la pondrá a disposición de la autoridad de homologación, de la Comisión Europea o de las autoridades de vigilancia del mercado cuando así se lo pidan.

4. El motor irá acompañado de una declaración de conformidad expedida por el fabricante y que cumpla lo dispuesto en el anexo II del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656 de la Comisión, sobre requisitos administrativos; en la declaración de conformidad se indicará, concretamente, que se trata de un motor con fines especiales introducido en el mercado de conformidad con las condiciones establecidas en el artículo 34, apartados 5 y 6, del Reglamento (UE) 2016/1628.

5. El motor llevará el marcado reglamentario establecido en el anexo III del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

▼B

ANEXO XIII

Aceptación de homologaciones de tipo de motores equivalentes

1. En el caso de las familias de motores y tipos de motor de la categoría NRE, las siguientes homologaciones de tipo y, cuando proceda, el correspondiente marcado reglamentario se reconocerán como equivalentes a las homologaciones de tipo UE concedidas con arreglo al Reglamento (UE) 2016/1628 y al marcado reglamentario exigido en dicho Reglamento:

▼M2

1) las homologaciones de tipo UE concedidas con arreglo al Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo ([1]) y sus normas de desarrollo, si un servicio técnico confirma que el tipo de motor cumple:

▼B

a) los requisitos establecidos en el apéndice 2 del anexo IV, cuando el motor esté destinado exclusivamente para ser utilizado en lugar de motores de la fase V de las categorías IWP e IWA, con arreglo al artículo 4, apartado 1, punto 1), letra b), del Reglamento (UE) 2016/1628; o

b) los requisitos establecidos en el apéndice 1 del anexo IV en el caso de los motores no incluidos en la letra a);

▼M3

2) las homologaciones de tipo conformes al Reglamento n.º 49 ([2]) de la CEPE, serie 06 de enmiendas, si un servicio técnico confirma que el tipo de motor cumple:

a) los requisitos establecidos en el apéndice 2 del anexo IV, cuando el motor esté destinado exclusivamente para ser utilizado en lugar de motores de la fase V de las categorías IWP e IWA, con arreglo al artículo 4, apartado 1, punto 1), letra b), del Reglamento (UE) 2016/1628, o

b) los requisitos establecidos en el apéndice 1 del anexo IV en el caso de los motores no incluidos en la letra a),

y si la autoridad de homologación confirma que el fabricante cumple las obligaciones establecidas en el artículo 19 del Reglamento (UE) 2016/1628.

3) las homologaciones de tipo conformes al Reglamento n.º 96 ([3]) de la CEPE, serie 05 de enmiendas, de familias de motores o tipos de motores de la categoría NRE, que se establecen en el cuadro I-1 del anexo I del Reglamento (UE) 2016/1628, si una autoridad de homologación confirma que el fabricante cumple las obligaciones establecidas en el artículo 19 del Reglamento (UE) 2016/1628.

2. En el caso de las familias de motores y tipos de motor de las categorías NRG, NRSh, NRS, SMB y ATS, las homologaciones de tipo conformes al Reglamento n.º 96* de la CEPE, serie 05 de enmiendas, de motores que correspondan a las categorías de motores de los cuadros I-2, I-3 e I-4 y los cuadros I-9 a I-10 del anexo I del Reglamento (UE) 2016/1628 y, cuando proceda, el

([1]) Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2009, relativo a la homologación de los vehículos de motor y los motores en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y al acceso a la información sobre reparación y mantenimiento de vehículos y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 715/2007 y la Directiva 2007/46/CE y se derogan las Directivas 80/1269/CEE, 2005/55/CE y 2005/78/CE (DO L 188 de 18.7.2009, p. 1).

([2]) Reglamento n.º 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE): Disposiciones uniformes relativas a las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión y motores de encendido por chispa destinados a la propulsión de vehículos (DO L 171 de 24.6.2013, p. 1).

([3]) Reglamento n.º 96 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los motores con los que se equipen los tractores agrícolas y forestales y máquinas móviles no de carretera en lo que respecta a las emisiones de contaminantes por el motor (DO L 107 de 17.4.2019, p. 1).

▼M3

correspondiente marcado reglamentario, se reconocerán como equivalentes a las homologaciones de tipo UE concedidas y al marcado reglamentario exigido con arreglo al Reglamento (UE) 2016/1628, si la autoridad de homologación confirma que el fabricante cumple las obligaciones establecidas en el artículo 19 de este último Reglamento.

3. En el caso de los motores con fines especiales (SPE) incluidos en el ámbito de aplicación del artículo 34, apartados 5 y 6, del Reglamento (UE) 2016/1628, de categoría NRE con una potencia de referencia de, como mínimo, 19 kW y, como máximo, 560 kW, las homologaciones de tipo de fase III A conformes al Reglamento n.º 96* de la CEPE, series 02 ([1]), 03 ([2]), o 04 ([3]) de enmiendas, de familias de motores o tipos de motores de la categoría NRE, que se establecen en el cuadro VI-I del anexo VI del Reglamento (UE) 2106/1628 y, cuando proceda, el correspondiente marcado reglamentario, se reconocerán como equivalentes a las homologaciones de tipo UE concedidas y al marcado reglamentario exigido con arreglo al mencionado Reglamento.

3.1. Requisitos adicionales:

Los motores basados en una homologación de tipo aceptada como equivalente a una homologación de tipo UE de conformidad con el punto 3 cumplirán los requisitos del anexo XII del Reglamento Delegado (UE) 2017/654.

4. En el caso de las siguientes fases de emisiones, las homologaciones de tipo sobre la base de los Reglamentos de la CEPE de familias de motores o tipos de motores pertenecientes a las categorías enumeradas a continuación y, en su caso, el correspondiente marcado reglamentario, se reconocerán como equivalentes a las homologaciones de tipo UE concedidas y al marcado reglamentario exigido con arreglo a la Directiva 97/68/CE, de conformidad con las disposiciones transitorias establecidas en el artículo 58 del Reglamento (UE) 2016/1628:

1) Fase IV: homologaciones de tipo de motores pertenecientes a las categorías Q y R establecidas en el artículo 9 de la Directiva 97/68/CE de conformidad con el Reglamento n.º 96 de la CEPE, serie 04 de enmiendas;

2) Fase III B: homologaciones de tipo de motores pertenecientes a las categorías L, M, N y P establecidas en el artículo 9 de la Directiva 97/68/CE de conformidad con el Reglamento n.º 96 de la CEPE, series 03 o 04 de enmiendas;

3) Fase III A: homologaciones de tipo de motores pertenecientes a las categorías H, I, J y K establecidas en el artículo 9 de la Directiva 97/68/CE de conformidad con el Reglamento n.º 96 de la CEPE, series 02, 03 o 04 de enmiendas;

4) Fase II: homologaciones de tipo de motores pertenecientes a las categorías D, E, F y G establecidas en el artículo 9 de la Directiva 97/68/CE de conformidad con el Reglamento n.º 96 de la CEPE, series 01 ([4]), 02, 03 o 04 de enmiendas;

5) Fase I: homologaciones de tipo de motores pertenecientes a las categorías A, B y C establecidas en el artículo 9 de la Directiva 97/68/CE de conformidad con el Reglamento n.º 96 de la CEPE, serie 00 ([5]) de enmiendas.

4.1. Requisitos adicionales

Los motores basados en una homologación de tipo aceptada como equivalente a una homologación de tipo UE de conformidad con el punto 4 irán acompañados de una declaración de conformidad y de información suplementaria en su marcado reglamentario como se exige en el artículo 31 y el artículo 32, apartado 2, del Reglamento (UE) 2016/1628 y se establece en los anexos II y III del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

([1]) la serie 02 de enmiendas no se ha publicado en el DO.
([2]) la serie 03 de enmiendas no se ha publicado en el DO.
([3]) Reglamento n.º 96 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los motores de encendido por compresión (EC) con los que se equipen los tractores agrícolas y forestales y máquinas móviles no de carretera en lo que respecta a las emisiones de contaminantes por el motor (DO L 88 de 22.3.2014, p. 1).
([4]) la serie 01 de enmiendas no se ha publicado en el DO.
([5]) la serie 00 de enmiendas no se ha publicado en el DO.

▼B

ANEXO XIV

Detalles de la información pertinente y las instrucciones destinadas a los OEM

1. Como exige el artículo 43, apartado 2, del Reglamento (UE) 2016/1628, el fabricante proporcionará al OEM toda la información pertinente y las instrucciones necesarias para garantizar que motor sea conforme con el tipo de motor homologado cuando se instale en máquinas móviles no de carretera. Las instrucciones para este fin deberán estar claramente identificadas para el OEM.

2. Las instrucciones podrán facilitarse en papel o en un formato electrónico de uso común.

3. Si se suministran al mismo OEM varios motores que requieren las mismas instrucciones, solo será necesario facilitar un único conjunto de instrucciones.

4. La información y las instrucciones facilitadas al OEM incluirán como mínimo los siguientes elementos:

   1) los requisitos de instalación necesarios para conseguir el rendimiento en materia de emisiones del tipo de motor, incluido el sistema de control de emisiones, que deben tenerse en cuenta para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones;

   2) una descripción de todo tipo de condiciones o restricciones especiales vinculadas a la instalación o el uso del motor, como se indica en el certificado de homologación de tipo UE establecido en el anexo IV del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656.

   3) una declaración en la que se indique que la instalación del motor no condicionará a este de forma permanente a funcionar exclusivamente en una gama de potencia correspondiente a una categoría o subcategoría cuyos límites de emisiones de gases y partículas contaminantes son más estrictos que los de la categoría o subcategoría a que pertenece el motor;

   4) en el caso de las familias de motores a las que se aplique el anexo V, los extremos superior e inferior de la zona de control aplicable y una declaración en la que se indique que la instalación del motor no condicionará a este a funcionar exclusivamente en puntos de régimen y carga situados fuera de la zona de control de la curva de par del motor;

   5) cuando proceda, requisitos de diseño de los componentes suministrados por el OEM que no sean parte del motor y que sean necesarios para garantizar que, una vez instalado, el motor sea conforme al tipo de motor homologado;

   6) cuando proceda, requisitos de diseño para el depósito de reactivo, incluida la protección contra la congelación, la monitorización del nivel de reactivo y la forma de tomar muestras del reactivo;

   7) cuando proceda, información sobre la posible instalación de un sistema de reactivo no calentado;

   8) cuando proceda, una declaración en la que se indique que el motor está destinado exclusivamente a ser instalado en quitanieves;

   9) cuando proceda, una declaración en la que se indique que el OEM proporcionará un sistema de alerta establecido en los apéndices 1 a 4 del anexo IV;

   10) cuando proceda, información sobre la interfaz entre el motor y las máquinas móviles no de carretera para el sistema de alerta del operador mencionado en el punto 9);

▼B

11) cuando proceda, información sobre la interfaz entre el motor y las máquinas móviles no de carretera para el sistema de inducción del operador establecido en la sección 5 del apéndice 1 del anexo IV;

12) cuando proceda, información sobre cómo desactivar temporalmente la inducción del operador tal como se define en el punto 5.2.1 del apéndice 1 del anexo IV;

13) cuando proceda, información sobre la función de invalidación de la inducción tal como se define en el punto 5.5 del apéndice 1 del anexo IV;

14) en el caso de los motores de combustible dual:

a) una declaración en la que se indique que el OEM proporcionará un indicador de modo de funcionamiento con combustible dual tal como se describe en el punto 4.3.1 del anexo VIII;

b) una declaración en la que se indique que el OEM proporcionará un sistema de alerta de combustible dual tal como se describe en el punto 4.3.2 del anexo VIII;

c) información sobre la interfaz entre el motor y las máquinas móviles no de carretera para el sistema de alerta y de indicación del operador mencionado en el punto 14), letras a) y b);

15) en el caso de los motores de régimen variable de categoría IWP con homologación de tipo para ser utilizados en una o más de las aplicaciones de navegación interior establecidas en el punto 1.1.1.2 del anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656, información detallada de toda categoría o subcategoría y modo de funcionamiento (régimen de funcionamiento) para los que tenga una homologación de tipo y en los que pueda utilizarse una vez que esté instalado;

16) en el caso de los motores de régimen constante equipados con regímenes alternativos establecidos en el punto 1.1.2.3 del anexo IX del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656:

a) una declaración en la que se indique que la instalación del motor garantizará que:

i) el motor se pare antes de reiniciar el regulador del régimen constante para pasar a un régimen alternativo, y que

ii) en el regulador del régimen constante solo se puedan seleccionar los regímenes alternativos permitidos por el fabricante del motor;

b) información detallada de toda categoría o subcategoría y modo de funcionamiento (régimen de funcionamiento) para los que el motor tenga una homologación de tipo y en los que pueda utilizarse una vez que esté instalado;

17) en el caso de que el motor esté provisto de un régimen de ralentí para el arranque y la parada, como lo permite el artículo 3, punto 18, del Reglamento (UE) 2016/1628, una declaración en la que se indique que la instalación del motor garantizará que la función del regulador del régimen constante esté activada antes de aumentar la demanda de carga del motor a partir de la posición sin carga.

5. Como exige el artículo 43, apartado 3, del Reglamento (UE) 2016/1628, el fabricante proporcionará al OEM toda la información pertinente y las instrucciones necesarias que el OEM deberá facilitar a los usuarios finales con arreglo al anexo XV.

▼B

6. Como exige el artículo 43, apartado 4, del Reglamento (UE) 2016/1628, el fabricante proporcionará al OEM el valor de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en g/kWh determinado durante el proceso de homologación de tipo UE y registrado en el certificado de homologación de tipo UE. El OEM proporcionará este valor a los usuarios finales junto con la siguiente declaración*: La presente medición de CO_2 es el resultado de ensayos realizados durante un ciclo de ensayo fijo en condiciones de laboratorio con un motor (de referencia) representativo del tipo de motor (familia de motores) de que se trate y no constituye garantía alguna ni implícita ni expresa del rendimiento de un motor concreto.*

▼B

ANEXO XV

Detalles de la información pertinente y las instrucciones destinadas a los usuarios finales

1. El OEM proporcionará a los usuarios finales toda la información y las instrucciones necesarias para el correcto funcionamiento del motor con el fin de mantener las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor dentro de los límites del tipo de motor o familia de motores homologados. Las instrucciones para este fin deberán estar claramente identificadas para los usuarios finales.

2. Las instrucciones para los usuarios finales:

2.1. estarán redactadas de manera clara y no técnica usando el mismo lenguaje que en las instrucciones para usuarios finales de las máquinas móviles no de carretera;

2.2. podrán facilitarse en papel o, alternativamente, en un formato electrónico de uso habitual;

2.3. formarán parte de las instrucciones para los usuarios finales de máquinas no de carretera o, alternativamente, se facilitarán en un documento aparte;

2.3.1. cuando se faciliten por separado de las instrucciones para los usuarios finales de máquinas no de carretera, se facilitarán en la misma forma que estas últimas.

3. La información y las instrucciones para los usuarios finales incluirán como mínimo los siguientes elementos:

1) una descripción de todo tipo de condiciones o restricciones especiales vinculadas al uso del motor, como se indica en el certificado de homologación de tipo UE establecido en el anexo IV del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/656;

2) una declaración en la que se indique que el motor, incluido el sistema de control de emisiones, deberá funcionar, ser utilizado y mantenido con arreglo a las instrucciones facilitadas a los usuarios finales con el fin de mantener el rendimiento del motor en materia de emisiones dentro de los requisitos aplicables a la categoría del motor;

3) una declaración en la que se indique que no se debe manipular intencionadamente el sistema de control de emisiones ni hacer uso indebido de él, en concreto, en lo que se refiere a la desactivación o no desactivación de un sistema de recirculación de los gases de escape (EGR) o de dosificación del reactivo;

4) una declaración en la que se indique que es esencial actuar inmediatamente para corregir todo funcionamiento, uso o mantenimiento incorrectos del sistema de control de emisiones con arreglo a las medidas correctoras indicadas por las alertas a que se refieren los puntos 5) y 6);

5) explicaciones detalladas de los posibles casos de mal funcionamiento del sistema de control de emisiones generados por un funcionamiento, uso o mantenimiento incorrectos del motor instalado, junto con las correspondientes señales de advertencia y medidas correctoras;

6) explicaciones detalladas de los posibles casos de uso incorrecto de las máquinas móviles no de carretera que darían como resultado un mal funcionamiento del sistema de control de emisiones del motor, junto con las correspondientes señales de advertencia y medidas correctoras;

7) cuando proceda, información sobre el posible uso de un depósito de reactivo no calentado y de un sistema de dosificación;

▼B

8) cuando proceda, una declaración en la que se indique que el motor está destinado exclusivamente a ser usado en quitanieves;

9) en el caso de las máquinas móviles no de carretera con un sistema de alerta del operador, tal como se define en la sección 4, apéndice 1 del anexo IV (categorías: NRE, NRG, IWP, IWA o RLR) y/o en la sección 4 del apéndice 4 del anexo IV (categorías: NRE, NRG, IWP, IWA o RLR) o en la sección 3 del apéndice 3 del anexo IV (categoría RLL), una declaración en la que se indique que el sistema de alerta del operador informará a este cuando el sistema de control de emisiones no funcione correctamente;

10) en el caso de las máquinas móviles no de carretera con un sistema de inducción del operador, tal como se define en la sección 5 del apéndice 1 del anexo IV (categorías NRE y NRG), una declaración en la que se indique que, si se hace caso omiso de las señales de advertencia del operador, se activará el sistema de inducción del operador, lo que tendrá por consecuencia la desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina móvil no de carretera;

11) en el caso de las máquinas móviles no de carretera con función de invalidación de la inducción, tal como se define en el punto 5.5 del apéndice 1 del anexo IV, para liberar toda la potencia del motor, información sobre el funcionamiento de esta función;

12) cuando proceda, explicaciones de cómo funcionan los sistemas de alerta e inducción del operador mencionados en los puntos 9), 10) y 11), incluidas las consecuencias que puede tener, en términos de rendimiento y registro de fallos, hacer caso omiso de las señales del sistema de alerta, no reponer el reactivo cuando se use, o no corregir el problema detectado;

13) cuando se registren en el ordenador de a bordo deficiencias en la inyección del reactivo o en la calidad del reactivo con arreglo al punto 4.1 del apéndice 2 del anexo IV (categorías: IWP, IWA y RLR), declaración en la que se indique que las autoridades nacionales de inspección tendrán la posibilidad de leer dichos registros con una herramienta de exploración;

14) en el caso de las máquinas móviles no de carretera en las que se pueda desactivar la inducción del operador, tal como se define en el punto 5.2.1 del apéndice 1 del anexo IV, información sobre el funcionamiento de esta función y una declaración en la que se indique que dicha función solo se activará en caso de emergencia, que toda activación quedará registrada en el ordenador de a bordo y que las autoridades nacionales de inspección tendrán la posibilidad de leer dichos registros con una herramienta de exploración;

15) información sobre las especificaciones del combustible necesarias para mantener el rendimiento del sistema de control de emisiones en cumplimiento de los requisitos del anexo I y en consonancia con las especificaciones establecidas en la homologación de tipo UE del motor, incluidas, cuando proceda, las referencias de las correspondientes normas de la UE o internacionales y, en concreto:

▼M2

a) en el caso de que el motor funcione dentro de la Unión con diésel o gasóleo no de carretera, una declaración en la que se indique que debe utilizarse un combustible con un contenido de azufre no superior a 10 mg/kg (20 mg/kg en el punto de distribución final), un índice de cetano no inferior a 45 y un contenido de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) no superior al 8 % v/v;

▼B

b) si hay otros combustibles, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles compatibles para su uso en el motor, según declara el fabricante y se constata en el certificado de homologación de tipo UE, estos deberán indicarse;

▼B

16) información sobre las especificaciones de los aceites lubricantes necesarias para mantener el rendimiento del sistema de control de emisiones;

17) si el sistema de control de emisiones requiere un reactivo, las características de este, entre las que figurarán el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo esté en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura y la referencia a normas internacionales de composición y calidad, en consonancia con las especificaciones establecidas en la homologación de tipo UE del motor;

18) cuando proceda, instrucciones en las que se especifique la forma en que el operador debe reponer los reactivos consumibles entre los intervalos normales de mantenimiento; en estas instrucciones se deberá indicar de qué manera el operador debe rellenar el depósito de reactivo y la frecuencia de reposición prevista, dependiendo del uso de las máquinas móviles no de carretera;

19) una declaración en la que se indique que, para mantener el rendimiento del motor en materia de emisiones, es esencial utilizar y reponer el reactivo con arreglo a las especificaciones establecidas en los puntos 17) y 18);

20) requisitos relativos al calendario de las operaciones de mantenimiento relacionadas con las emisiones, incluida toda sustitución prevista de componentes esenciales relacionados con las emisiones;

21) en el caso de los motores de combustible dual:

a) cuando proceda, información sobre los indicadores de combustible dual establecidos en el punto 4.3 del anexo VIII;

b) si un motor de combustible dual tiene limitaciones de funcionamiento en modo de mantenimiento, tal como se definen en el punto 4.2.2.1 del anexo VIII (con exclusión de las categorías IWP, IWA, RLL y RLR), una declaración en la que se indique que la activación del modo de mantenimiento tendrá como resultado una desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina móvil no de carretera;

c) si hay disponible una función de invalidación de la inducción para liberar toda la potencia del motor, deberá proporcionarse información sobre el funcionamiento de dicha función;

d) si un motor de combustible dual funciona en modo de mantenimiento con arreglo al punto 4.2.2.2 del anexo VIII (categorías: IWP, IWA, RLL y RLR), una declaración en la que se indique que la activación del modo de mantenimiento quedará registrada en el ordenador de a bordo y que las autoridades nacionales de inspección tendrán la posibilidad de leer dichos registros con una herramienta de exploración.

4. Como exige el artículo 43, apartado 4, del Reglamento (UE) 2016/1628, el OEM proporcionará a los usuarios finales el valor de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en g/kWh determinado durante el proceso de homologación de tipo UE y registrado en el certificado de homologación de tipo UE, junto con la siguiente declaración: *La presente medición de CO_2 es el resultado de ensayos realizados durante un ciclo de ensayo fijo en condiciones de laboratorio con un motor (de referencia) representativo del tipo de motor (familia de motores) de que se trate y no constituye garantía alguna ni implícita ni expresa del rendimiento de un motor concreto.*

▼B

ANEXO XVI

Prestaciones y evaluación de los servicios técnicos

1. **Requisitos generales**

Los servicios técnicos deberán demostrar que cuentan con competencias adecuadas, conocimientos técnicos específicos y experiencia contrastada en los ámbitos específicos de competencia incluidos en el Reglamento (UE) 2016/1628 y en los actos delegados y de ejecución adoptados en virtud de dicho Reglamento.

2. **Normas que deben cumplir los servicios técnicos**

2.1. Los servicios técnicos de las distintas categorías establecidas en el artículo 45 del Reglamento (UE) 2016/1628 cumplirán las normas enumeradas en el apéndice 1 del anexo V de la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo ([1]) que sean pertinentes para las actividades que desempeñan.

2.2. La referencia al artículo 41 de la Directiva 2007/46/CE hecha en dicho apéndice se entenderá hecha al artículo 45 del Reglamento (UE) 2016/1628.

2.3. La referencia al anexo IV de la Directiva 2007/46/CE hecha en dicho apéndice se entenderá hecha al Reglamento (UE) 2016/1628 y a los actos delegados y de ejecución adoptados en virtud de dicho Reglamento.

3. **Procedimiento para evaluar los servicios técnicos**

3.1. Para evaluar si los servicios técnicos cumplen los requisitos del Reglamento (UE) 2016/1628 y de los actos delegados y de ejecución adoptados en virtud de dicho Reglamento se utilizará el procedimiento establecido en el apéndice 2 del anexo V de la Directiva 2007/46/CE.

3.2. Las referencias al artículo 42 de la Directiva 2007/46/CE hechas en el apéndice 2 del anexo V de la Directiva 2007/46/CE se entenderán hechas al artículo 48 del Reglamento (UE) 2016/1628.

([1]) Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos (DO L 263 de 9.10.2007, p. 1).

▼B

ANEXO XVII

Características de los ciclos de ensayo en estado continuo y transitorio

1. En el apéndice 1 se establecen los cuadros de modos de ensayo y factores de ponderación para el NRSC en modo discreto.

2. En el apéndice 2 se establecen los cuadros de modos de ensayo y factores de ponderación para el RMC.

3. En el apéndice 3 se establecen los cuadros de programas dinamométricos para los ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC).

▼B

Apéndice 1

NRSC de modo discreto en estado continuo

Ciclos de ensayo de tipo C

NRSC de modo discreto en estado continuo

Número de modo	1	2	3	4	5	6	7	8
Régimen (a)	100 %				Intermedio			Ralentí
Par (b) (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Factor de ponderación	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

(a) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
(b) El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.

Cuadro de modos de ensayo y factores de ponderación del ciclo C2

Número de modo	1	2	3	4	5	6	7
Régimen (a)	100 %	Intermedio					Ralentí
Par (b) (%)	25	100	75	50	25	10	0
Factor de ponderación	0,06	0,02	0,05	0,32	0,30	0,10	0,15

(a) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
(b) El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.

Ciclos de ensayo de tipo D

Cuadro de modos de ensayo y factores de ponderación del ciclo D2

Número de modo (ciclo D2)	1	2	3	4	5
Régimen (a)	100 %				
Par (b) (%)	100	75	50	25	10
Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

(a) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
(b) El porcentaje de par se refiere al par correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante.

Ciclos de ensayo de tipo E

Cuadro de modos de ensayo y factores de ponderación de los ciclos de tipo E

Número de modo (ciclo E2)	1	2	3	4						
Régimen (a)	100 %				Intermedio					
Par (b) (%)	100	75	50	25						
Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15						

▼B

Número de modo (ciclo E3)	1	2	3	4
Régimen ([a]) (%)	100	91	80	63
Potencia ([c]) (%)	100	75	50	25
Factor de ponderación	0,2	0,5	0,15	0,15

([a]) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante en régimen de mando.
([c]) El porcentaje de potencia se refiere a la potencia nominal máxima al 100 % del régimen.

Ciclos de ensayo de tipo F

Cuadro de modos de ensayo y factores de ponderación de los ciclos de tipo F

Número de modo	1	2 ([d])	3
Régimen ([a])	100 %	Intermedio	Ralentí
Potencia (%)	100 ([c])	50 ([c])	5 ([b])
Factor de ponderación	0,15	0,25	0,6

([a]) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
([b]) El porcentaje de potencia se refiere a la potencia en modo 1.
([c]) El porcentaje de potencia en este modo se refiere a la potencia neta máxima en régimen de mando.
([d]) En el caso de los motores que utilicen un sistema de control discreto (es decir, controles de tipo entalladura), el modo 2 se define como funcionamiento en la entalladura más cercana al modo 2 o al 35 % de la potencia nominal.

Ciclos de ensayo de tipo G

Table of cycles type G test modes and weighting factors

Número de modo (ciclo G1)						1	2	3	4	5	6
Régimen ([a])	100 %					Intermedio					Ralentí
Par ([b]) (%)						100	75	50	25	10	0
Factor de ponderación						0,09	0,20	0,29	0,30	0,07	0,05
Número de modo (ciclo G2)	1	2	3	4	5						6
Régimen ([a])	100 %					Intermedio					Ralentí
Par ([b]) (%)	100	75	50	25	10						0
Factor de ponderación	0,09	0,20	0,29	0,30	0,07						0,05
Número de modo (ciclo G3)	1										2
Régimen ([a])	100 %					Intermedio					Ralentí
Par ([b]) (%)	100										0
Factor de ponderación	0,85										0,15

([a]) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.

▼B

Ciclos de ensayo de tipo H

Cuadro de modos de ensayo y factores de ponderación de los ciclos de tipo H

Número de modo	1	2	3	4	5
Régimen [a] (%)	100	85	75	65	Ralentí
Par [b] (%)	100	51	33	19	0
Factor de ponderación	0,12	0,27	0,25	0,31	0,05

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.

▼B

Apéndice 1

NRSC de modo discreto en estado continuo

Ciclos de ensayo de tipo C

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-C1

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Par (%) [b] [c]
1a Estado continuo	126	Ralentí	0
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo	159	Intermedio	100
2b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
3a Estado continuo	160	Intermedio	50
3b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
4a Estado continuo	162	Intermedio	75
4b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
5a Estado continuo	246	100 %	100
5b Transición	20	100 %	Transición lineal
6a Estado continuo	164	100 %	10
6b Transición	20	100 %	Transición lineal
7a Estado continuo	248	100 %	75
7b Transición	20	100 %	Transición lineal
8a Estado continuo	247	100 %	50
8b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
9 Estado continuo	128	Ralentí	0

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.
[c] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, si hubiese algún cambio en el nivel de régimen, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-C2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Par (%) [b] [c]
1a Estado continuo	119	Ralentí	0
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo	29	Intermedio	100

▼B

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Par (%) [b] [c]
2b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
3a Estado continuo	150	Intermedio	10
3b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
4a Estado continuo	80	Intermedio	75
4b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
5a Estado continuo	513	Intermedio	25
5b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
6a Estado continuo	549	Intermedio	50
6b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
7a Estado continuo	96	100 %	25
7b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
8 Estado continuo	124	Ralentí	0

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.
[c] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, si hubiese algún cambio en el nivel de régimen, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

Ciclos de ensayo de tipo D

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-D2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor (%) [a]	Par (%) [b] [c]
1a Estado continuo	53	100	100
1b Transición	20	100	Transición lineal
2a Estado continuo	101	100	10
2b Transición	20	100	Transición lineal
3a Estado continuo	277	100	75
3b Transición	20	100	Transición lineal
4a Estado continuo	339	100	25
4b Transición	20	100	Transición lineal
5 Estado continuo	350	100	50

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante.
[c] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo.

▼B

Ciclos de ensayo de tipo E

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-E2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor (%) (a)	Par (%) (b) (c)
1a Estado continuo	229	100	100
1b Transición	20	100	Transición lineal
2a Estado continuo	166	100	25
2b Transición	20	100	Transición lineal
3a Estado continuo	570	100	75
3b Transición	20	100	Transición lineal
4 Estado continuo	175	100	50

(a) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
(b) El porcentaje de par se refiere al par máximo correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante en régimen de mando.
(c) Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo.

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-E3

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor (%) (a) (c)	Potencia (%) (b) (c)
1a Estado continuo	229	100	100
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo	166	63	25
2b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
3a Estado continuo	570	91	75
3b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
4 Estado continuo	175	80	50

(a) Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
(b) El porcentaje de potencia se refiere a la potencia neta nominal máxima al 100 % del régimen.
(c) Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

Ciclo de ensayo de tipo F

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-F

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor (a) (e)	Potencia (%) (e)
1a Estado continuo	350	Ralentí	5 (b)
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo (d)	280	Intermedio	50 (c)

▼B

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Potencia (%) [c]
2b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
3a Estado continuo	160	100 %	100 [c]
3b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
4 Estado continuo	350	Ralentí	5 [c]

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de potencia se refiere a la potencia neta en modo 3a.
[c] El porcentaje de potencia en este modo se refiere a la potencia neta máxima en régimen de mando.
[d] En el caso de los motores que utilicen un sistema de control discreto (es decir, controles de tipo entalladura), el modo 2a se define como funcionamiento en la entalladura más cercana al modo 2a o al 35 % de la potencia nominal.
[e] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, si hubiese algún cambio en el nivel de régimen, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

Ciclo de ensayo de tipo G

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-G1

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Par (%) [b] [c]
1a Estado continuo	41	Ralentí	0
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo	135	Intermedio	100
2b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
3a Estado continuo	112	Intermedio	10
3b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
4a Estado continuo	337	Intermedio	75
4b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
5a Estado continuo	518	Intermedio	25
5b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
6a Estado continuo	494	Intermedio	50
6b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
7 Estado continuo	43	Ralentí	0

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.
[c] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, si hubiese algún cambio en el nivel de régimen, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

▼B

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-G2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Par (%) [b] [c]
1a Estado continuo	41	Ralentí	0
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo	135	100 %	100
2b Transición	20	100 %	Transición lineal
3a Estado continuo	112	100 %	10
3b Transición	20	100 %	Transición lineal
4a Estado continuo	337	100 %	75
4b Transición	20	100 %	Transición lineal
5a Estado continuo	518	100 %	25
5b Transición	20	100 %	Transición lineal
6a Estado continuo	494	100 %	50
6b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
7 Estado continuo	43	Ralentí	0

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.
[c] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, si hubiese algún cambio en el nivel de régimen, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

Ciclo de ensayo de tipo H

Cuadro de modos de ensayo del ciclo RMC-H

RMC Número de modo	Tiempo en el modo (segundos)	Régimen del motor [a] [c]	Par (%) [b] [c]
1a Estado continuo	27	Ralentí	0
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
2a Estado continuo	121	100 %	100
2b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
3a Estado continuo	347	65 %	19
3b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
4a Estado continuo	305	85 %	51
4b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
5a Estado continuo	272	75 %	33
5b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
6 Estado continuo	28	Ralentí	0

[a] Para determinar los regímenes de ensayo exigidos, véanse los puntos 5.2.5, 7.6 y 7.7 del anexo VI.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.
[c] Progresión de un modo al siguiente en un modo de transición de 20 s. Durante el modo de transición, se mandará una progresión lineal desde el nivel de par del modo actual al nivel de par del siguiente modo y, simultáneamente, si hubiese algún cambio en el nivel de régimen, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

▼B

Apéndice 3

2.4.2.1. **Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC)**

Programa dinamométrico NRTC

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)	Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)	Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1	0	0	37	33	42	73	62	24
2	0	0	38	57	46	74	64	8
3	0	0	39	44	33	75	58	44
4	0	0	40	31	0	76	65	10
5	0	0	41	22	27	77	65	12
6	0	0	42	33	43	78	68	23
7	0	0	43	80	49	79	69	30
8	0	0	44	105	47	80	71	30
9	0	0	45	98	70	81	74	15
10	0	0	46	104	36	82	71	23
11	0	0	47	104	65	83	73	20
12	0	0	48	96	71	84	73	21
13	0	0	49	101	62	85	73	19
14	0	0	50	102	51	86	70	33
15	0	0	51	102	50	87	70	34
16	0	0	52	102	46	88	65	47
17	0	0	53	102	41	89	66	47
18	0	0	54	102	31	90	64	53
19	0	0	55	89	2	91	65	45
20	0	0	56	82	0	92	66	38
21	0	0	57	47	1	93	67	49
22	0	0	58	23	1	94	69	39
23	0	0	59	1	3	95	69	39
24	1	3	60	1	8	96	66	42
25	1	3	61	1	3	97	71	29
26	1	3	62	1	5	98	75	29
27	1	3	63	1	6	99	72	23
28	1	3	64	1	4	100	74	22
29	1	3	65	1	4	101	75	24
30	1	6	66	0	6	102	73	30
31	1	6	67	1	4	103	74	24
32	2	1	68	9	21	104	77	6
33	4	13	69	25	56	105	76	12
34	7	18	70	64	26	106	74	39
35	9	21	71	60	31	107	72	30
36	17	20	72	63	20	108	75	22

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
109	78	64
110	102	34
111	103	28
112	103	28
113	103	19
114	103	32
115	104	25
116	103	38
117	103	39
118	103	34
119	102	44
120	103	38
121	102	43
122	103	34
123	102	41
124	103	44
125	103	37
126	103	27
127	104	13
128	104	30
129	104	19
130	103	28
131	104	40
132	104	32
133	101	63
134	102	54
135	102	52
136	102	51
137	103	40
138	104	34
139	102	36
140	104	44
141	103	44
142	104	33
143	102	27
144	103	26
145	79	53
146	51	37
147	24	23
148	13	33
149	19	55
150	45	30
151	34	7
152	14	4
153	8	16
154	15	6
155	39	47
156	39	4
157	35	26
158	27	38
159	43	40
160	14	23
161	10	10
162	15	33
163	35	72
164	60	39
165	55	31
166	47	30
167	16	7
168	0	6
169	0	8
170	0	8
171	0	2
172	2	17
173	10	28
174	28	31
175	33	30
176	36	0
177	19	10
178	1	18
179	0	16
180	1	3
181	1	4
182	1	5
183	1	6
184	1	5
185	1	3
186	1	4
187	1	4
188	1	6
189	8	18
190	20	51
191	49	19
192	41	13
193	31	16
194	28	21
195	21	17
196	31	21
197	21	8
198	0	14
199	0	12
200	3	8
201	3	22
202	12	20
203	14	20
204	16	17
205	20	18
206	27	34
207	32	33
208	41	31
209	43	31
210	37	33
211	26	18
212	18	29
213	14	51
214	13	11
215	12	9
216	15	33
217	20	25
218	25	17
219	31	29
220	36	66
221	66	40
222	50	13
223	16	24
224	26	50
225	64	23
226	81	20
227	83	11
228	79	23

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
229	76	31
230	68	24
231	59	33
232	59	3
233	25	7
234	21	10
235	20	19
236	4	10
237	5	7
238	4	5
239	4	6
240	4	6
241	4	5
242	7	5
243	16	28
244	28	25
245	52	53
246	50	8
247	26	40
248	48	29
249	54	39
250	60	42
251	48	18
252	54	51
253	88	90
254	103	84
255	103	85
256	102	84
257	58	66
258	64	97
259	56	80
260	51	67
261	52	96
262	63	62
263	71	6
264	33	16
265	47	45
266	43	56
267	42	27
268	42	64
269	75	74
270	68	96
271	86	61
272	66	0
273	37	0
274	45	37
275	68	96
276	80	97
277	92	96
278	90	97
279	82	96
280	94	81
281	90	85
282	96	65
283	70	96
284	55	95
285	70	96
286	79	96
287	81	71
288	71	60
289	92	65
290	82	63
291	61	47
292	52	37
293	24	0
294	20	7
295	39	48
296	39	54
297	63	58
298	53	31
299	51	24
300	48	40
301	39	0
302	35	18
303	36	16
304	29	17
305	28	21
306	31	15
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50
460	79	58
461	79	71
462	83	44
463	53	48
464	40	48
465	51	75
466	75	72
467	89	67
468	93	60

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
469	89	73
470	86	73
471	81	73
472	78	73
473	78	73
474	76	73
475	79	73
476	82	73
477	86	73
478	88	72
479	92	71
480	97	54
481	73	43
482	36	64
483	63	31
484	78	1
485	69	27
486	67	28
487	72	9
488	71	9
489	78	36
490	81	56
491	75	53
492	60	45
493	50	37
494	66	41
495	51	61
496	68	47
497	29	42
498	24	73
499	64	71
500	90	71
501	100	61
502	94	73
503	84	73
504	79	73
505	75	72
506	78	73
507	80	73
508	81	73
509	81	73
510	83	73
511	85	73
512	84	73
513	85	73
514	86	73
515	85	73
516	85	73
517	85	72
518	85	73
519	83	73
520	79	73
521	78	73
522	81	73
523	82	72
524	94	56
525	66	48
526	35	71
527	51	44
528	60	23
529	64	10
530	63	14
531	70	37
532	76	45
533	78	18
534	76	51
535	75	33
536	81	17
537	76	45
538	76	30
539	80	14
540	71	18
541	71	14
542	71	11
543	65	2
544	31	26
545	24	72
546	64	70
547	77	62
548	80	68
549	83	53
550	83	50
551	83	50
552	85	43
553	86	45
554	89	35
555	82	61
556	87	50
557	85	55
558	89	49
559	87	70
560	91	39
561	72	3
562	43	25
563	30	60
564	40	45
565	37	32
566	37	32
567	43	70
568	70	54
569	77	47
570	79	66
571	85	53
572	83	57
573	86	52
574	85	51
575	70	39
576	50	5
577	38	36
578	30	71
579	75	53
580	84	40
581	85	42
582	86	49
583	86	57
584	89	68
585	99	61
586	77	29
587	81	72
588	89	69

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
589	49	56
590	79	70
591	104	59
592	103	54
593	102	56
594	102	56
595	103	61
596	102	64
597	103	60
598	93	72
599	86	73
600	76	73
601	59	49
602	46	22
603	40	65
604	72	31
605	72	27
606	67	44
607	68	37
608	67	42
609	68	50
610	77	43
611	58	4
612	22	37
613	57	69
614	68	38
615	73	2
616	40	14
617	42	38
618	64	69
619	64	74
620	67	73
621	65	73
622	68	73
623	65	49
624	81	0
625	37	25
626	24	69
627	68	71
628	70	71
629	76	70
630	71	72
631	73	69
632	76	70
633	77	72
634	77	72
635	77	72
636	77	70
637	76	71
638	76	71
639	77	71
640	77	71
641	78	70
642	77	70
643	77	71
644	79	72
645	78	70
646	80	70
647	82	71
648	84	71
649	83	71
650	83	73
651	81	70
652	80	71
653	78	71
654	76	70
655	76	70
656	76	71
657	79	71
658	78	71
659	81	70
660	83	72
661	84	71
662	86	71
663	87	71
664	92	72
665	91	72
666	90	71
667	90	71
668	91	71
669	90	70
670	90	72
671	91	71
672	90	71
673	90	71
674	92	72
675	93	69
676	90	70
677	93	72
678	91	70
679	89	71
680	91	71
681	90	71
682	90	71
683	92	71
684	91	71
685	93	71
686	93	68
687	98	68
688	98	67
689	100	69
690	99	68
691	100	71
692	99	68
693	100	69
694	102	72
695	101	69
696	100	69
697	102	71
698	102	71
699	102	69
700	102	71
701	102	68
702	100	69
703	102	70
704	102	68
705	102	70
706	102	72
707	102	68
708	102	69

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
709	100	68
710	102	71
711	101	64
712	102	69
713	102	69
714	101	69
715	102	64
716	102	69
717	102	68
718	102	70
719	102	69
720	102	70
721	102	70
722	102	62
723	104	38
724	104	15
725	102	24
726	102	45
727	102	47
728	104	40
729	101	52
730	103	32
731	102	50
732	103	30
733	103	44
734	102	40
735	103	43
736	103	41
737	102	46
738	103	39
739	102	41
740	103	41
741	102	38
742	103	39
743	102	46
744	104	46
745	103	49
746	102	45
747	103	42
748	103	46
749	103	38
750	102	48
751	103	35
752	102	48
753	103	49
754	102	48
755	102	46
756	103	47
757	102	49
758	102	42
759	102	52
760	102	57
761	102	55
762	102	61
763	102	61
764	102	58
765	103	58
766	102	59
767	102	54
768	102	63
769	102	61
770	103	55
771	102	60
772	102	72
773	103	56
774	102	55
775	102	67
776	103	56
777	84	42
778	48	7
779	48	6
780	48	6
781	48	7
782	48	6
783	48	7
784	67	21
785	105	59
786	105	96
787	105	74
788	105	66
789	105	62
790	105	66
791	89	41
792	52	5
793	48	5
794	48	7
795	48	5
796	48	6
797	48	4
798	52	6
799	51	5
800	51	6
801	51	6
802	52	5
803	52	5
804	57	44
805	98	90
806	105	94
807	105	100
808	105	98
809	105	95
810	105	96
811	105	92
812	104	97
813	100	85
814	94	74
815	87	62
816	81	50
817	81	46
818	80	39
819	80	32
820	81	28
821	80	26
822	80	23
823	80	23
824	80	20
825	81	19
826	80	18
827	81	17
828	80	20

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
829	81	24
830	81	21
831	80	26
832	80	24
833	80	23
834	80	22
835	81	21
836	81	24
837	81	24
838	81	22
839	81	22
840	81	21
841	81	31
842	81	27
843	80	26
844	80	26
845	81	25
846	80	21
847	81	20
848	83	21
849	83	15
850	83	12
851	83	9
852	83	8
853	83	7
854	83	6
855	83	6
856	83	6
857	83	6
858	83	6
859	76	5
860	49	8
861	51	7
862	51	20
863	78	52
864	80	38
865	81	33
866	83	29
867	83	22
868	83	16
869	83	12
870	83	9
871	83	8
872	83	7
873	83	6
874	83	6
875	83	6
876	83	6
877	83	6
878	59	4
879	50	5
880	51	5
881	51	5
882	51	5
883	50	5
884	50	5
885	50	5
886	50	5
887	50	5
888	51	5
889	51	5
890	51	5
891	63	50
892	81	34
893	81	25
894	81	29
895	81	23
896	80	24
897	81	24
898	81	28
899	81	27
900	81	22
901	81	19
902	81	17
903	81	17
904	81	17
905	81	15
906	80	15
907	80	28
908	81	22
909	81	24
910	81	19
911	81	21
912	81	20
913	83	26
914	80	63
915	80	59
916	83	100
917	81	73
918	83	53
919	80	76
920	81	61
921	80	50
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36
970	81	39
971	81	38
972	80	41
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1000	81	50
1001	81	41
1002	81	35
1003	81	37
1004	81	29
1005	81	28
1006	81	24
1007	81	19
1008	81	16
1009	80	16
1010	83	23
1011	83	17
1012	83	13
1013	83	27
1014	81	58
1015	81	60
1016	81	46
1017	80	41
1018	80	36
1019	81	26
1020	86	18
1021	82	35
1022	79	53
1023	82	30
1024	83	29
1025	83	32
1026	83	28
1027	76	60
1028	79	51
1029	86	26
1030	82	34
1031	84	25
1032	86	23
1033	85	22
1034	83	26
1035	83	25
1036	83	37
1037	84	14
1038	83	39
1039	76	70
1040	78	81
1041	75	71
1042	86	47
1043	83	35
1044	81	43
1045	81	41
1046	79	46
1047	80	44
1048	84	20
1049	79	31
1050	87	29
1051	82	49
1052	84	21
1053	82	56
1054	81	30
1055	85	21
1056	86	16
1057	79	52
1058	78	60
1059	74	55
1060	78	84
1061	80	54
1062	80	35
1063	82	24
1064	83	43
1065	79	49
1066	83	50
1067	86	12
1068	64	14

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1069	24	14
1070	49	21
1071	77	48
1072	103	11
1073	98	48
1074	101	34
1075	99	39
1076	103	11
1077	103	19
1078	103	7
1079	103	13
1080	103	10
1081	102	13
1082	101	29
1083	102	25
1084	102	20
1085	96	60
1086	99	38
1087	102	24
1088	100	31
1089	100	28
1090	98	3
1091	102	26
1092	95	64
1093	102	23
1094	102	25
1095	98	42
1096	93	68
1097	101	25
1098	95	64
1099	101	35
1100	94	59
1101	97	37
1102	97	60
1103	93	98
1104	98	53
1105	103	13
1106	103	11
1107	103	11
1108	103	13
1109	103	10
1110	103	10
1111	103	11
1112	103	10
1113	103	10
1114	102	18
1115	102	31
1116	101	24
1117	102	19
1118	103	10
1119	102	12
1120	99	56
1121	96	59
1122	74	28
1123	66	62
1124	74	29
1125	64	74
1126	69	40
1127	76	2
1128	72	29
1129	66	65
1130	54	69
1131	69	56
1132	69	40
1133	73	54
1134	63	92
1135	61	67
1136	72	42
1137	78	2
1138	76	34
1139	67	80
1140	70	67
1141	53	70
1142	72	65
1143	60	57
1144	74	29
1145	69	31
1146	76	1
1147	74	22
1148	72	52
1149	62	96
1150	54	72
1151	72	28
1152	72	35
1153	64	68
1154	74	27
1155	76	14
1156	69	38
1157	66	59
1158	64	99
1159	51	86
1160	70	53
1161	72	36
1162	71	47
1163	70	42
1164	67	34
1165	74	2
1166	75	21
1167	74	15
1168	75	13
1169	76	10
1170	75	13
1171	75	10
1172	75	7
1173	75	13
1174	76	8
1175	76	7
1176	67	45
1177	75	13
1178	75	12
1179	73	21
1180	68	46
1181	74	8
1182	76	11
1183	76	14
1184	74	11
1185	74	18
1186	73	22
1187	74	20
1188	74	19

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1189	70	22
1190	71	23
1191	73	19
1192	73	19
1193	72	20
1194	64	60
1195	70	39
1196	66	56
1197	68	64
1198	30	68
1199	70	38
1200	66	47
1201	76	14
1202	74	18
1203	69	46
1204	68	62
1205	68	62
1206	68	62
1207	68	62
1208	68	62
1209	68	62
1210	54	50
1211	41	37
1212	27	25
1213	14	12
1214	0	0
1215	0	0
1216	0	0
1217	0	0
1218	0	0
1219	0	0
1220	0	0
1221	0	0
1222	0	0
1223	0	0
1224	0	0
1225	0	0
1226	0	0
1227	0	0
1228	0	0
1229	0	0
1230	0	0
1231	0	0
1232	0	0
1233	0	0
1234	0	0
1235	0	0
1236	0	0
1237	0	0
1238	0	0

Programa dinamométrico LSI-NRTC

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	1	8
10	6	54
11	8	61
12	34	59
13	22	46
14	5	51
15	18	51
16	31	50
17	30	56
18	31	49
19	25	66
20	58	55
21	43	31
22	16	45
23	24	38
24	24	27
25	30	33
26	45	65
27	50	49
28	23	42
29	13	42
30	9	45
31	23	30
32	37	45
33	44	50
34	49	52
35	55	49
36	61	46
37	66	38
38	42	33
39	17	41
40	17	37
41	7	50
42	20	32
43	5	55
44	30	42
45	44	53
46	45	56
47	41	52
48	24	41
49	15	40
50	11	44
51	32	31
52	38	54
53	38	47

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
54	9	55
55	10	50
56	33	55
57	48	56
58	49	47
59	33	44
60	52	43
61	55	43
62	59	38
63	44	28
64	24	37
65	12	44
66	9	47
67	12	52
68	34	21
69	29	44
70	44	54
71	54	62
72	62	57
73	72	56
74	88	71
75	100	69
76	100	34
77	100	42
78	100	54
79	100	58
80	100	38
81	83	17
82	61	15
83	43	22
84	24	35
85	16	39
86	15	45
87	32	34
88	14	42
89	8	48
90	5	51
91	10	41
92	12	37
93	4	47
94	3	49
95	3	50
96	4	49
97	4	48
98	8	43
99	2	51
100	5	46
101	8	41
102	4	47
103	3	49
104	6	45
105	3	48
106	10	42
107	18	27
108	3	50
109	11	41
110	34	29
111	51	57
112	67	63
113	61	32
114	44	31
115	48	54
116	69	65
117	85	65
118	81	29
119	74	21
120	62	23
121	76	58
122	96	75
123	100	77
124	100	27
125	100	79
126	100	79
127	100	81
128	100	57
129	99	52
130	81	35
131	69	29
132	47	22
133	34	28
134	27	37
135	83	60
136	100	74
137	100	7
138	100	2
139	70	18
140	23	39
141	5	54
142	11	40
143	11	34
144	11	41
145	19	25
146	16	32
147	20	31
148	21	38
149	21	42
150	9	51
151	4	49
152	2	51
153	1	58
154	21	57
155	29	47
156	33	45
157	16	49
158	38	45
159	37	43
160	35	42
161	39	43
162	51	49
163	59	55
164	65	54
165	76	62
166	84	59
167	83	29
168	67	35
169	84	54
170	90	58
171	93	43
172	90	29
173	66	19

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
174	52	16
175	49	17
176	56	38
177	73	71
178	86	80
179	96	75
180	89	27
181	66	17
182	50	18
183	36	25
184	36	24
185	38	40
186	40	50
187	27	48
188	19	48
189	23	50
190	19	45
191	6	51
192	24	48
193	49	67
194	47	49
195	22	44
196	25	40
197	38	54
198	43	55
199	40	52
200	14	49
201	11	45
202	7	48
203	26	41
204	41	59
205	53	60
206	44	54
207	22	40
208	24	41
209	32	53
210	44	74
211	57	25
212	22	49
213	29	45
214	19	37
215	14	43
216	36	40
217	43	63
218	42	49
219	15	50
220	19	44
221	47	59
222	67	80
223	76	74
224	87	66
225	98	61
226	100	38
227	97	27
228	100	53
229	100	72
230	100	49
231	100	4
232	100	13
233	87	15
234	53	26
235	33	27
236	39	19
237	51	33
238	67	54
239	83	60
240	95	52
241	100	50
242	100	36
243	100	25
244	85	16
245	62	16
246	40	26
247	56	39
248	81	75
249	98	86
250	100	76
251	100	51
252	100	78
253	100	83
254	100	100
255	100	66
256	100	85
257	100	72
258	100	45
259	98	58
260	60	30
261	43	32
262	71	36
263	44	32
264	24	38
265	42	17
266	22	51
267	13	53
268	23	45
269	29	50
270	28	42
271	21	55
272	34	57
273	44	47
274	19	46
275	13	44
276	25	36
277	43	51
278	55	73
279	68	72
280	76	63
281	80	45
282	83	40
283	78	26
284	60	20
285	47	19
286	52	25
287	36	30
288	40	26
289	45	34
290	47	35
291	42	28
292	46	38
293	48	44

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
294	68	61
295	70	47
296	48	28
297	42	22
298	31	29
299	22	35
300	28	28
301	46	46
302	62	69
303	76	81
304	88	85
305	98	81
306	100	74
307	100	13
308	100	11
309	100	17
310	99	3
311	80	7
312	62	11
313	63	11
314	64	16
315	69	43
316	81	67
317	93	74
318	100	72
319	94	27
320	73	15
321	40	33
322	40	52
323	50	50
324	11	53
325	12	45
326	5	50
327	1	55
328	7	55
329	62	60
330	80	28
331	23	37
332	39	58
333	47	24
334	59	51
335	58	68
336	36	52
337	18	42
338	36	52
339	59	73
340	72	85
341	85	92
342	99	90
343	100	72
344	100	18
345	100	76
346	100	64
347	100	87
348	100	97
349	100	84
350	100	100
351	100	91
352	100	83
353	100	93
354	100	100
355	94	43
356	72	10
357	77	3
358	48	2
359	29	5
360	59	19
361	63	5
362	35	2
363	24	3
364	28	2
365	36	16
366	54	23
367	60	10
368	33	1
369	23	0
370	16	0
371	11	0
372	20	0
373	25	2
374	40	3
375	33	4
376	34	5
377	46	7
378	57	10
379	66	11
380	75	14
381	79	11
382	80	16
383	92	21
384	99	16
385	83	2
386	71	2
387	69	4
388	67	4
389	74	16
390	86	25
391	97	28
392	100	15
393	83	2
394	62	4
395	40	6
396	49	10
397	36	5
398	27	4
399	29	3
400	22	2
401	13	3
402	37	36
403	90	26
404	41	2
405	25	2
406	29	2
407	38	7
408	50	13
409	55	10
410	29	3
411	24	7
412	51	16
413	62	15

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
414	72	35
415	91	74
416	100	73
417	100	8
418	98	11
419	100	59
420	100	98
421	100	99
422	100	75
423	100	95
424	100	100
425	100	97
426	100	90
427	100	86
428	100	82
429	97	43
430	70	16
431	50	20
432	42	33
433	89	64
434	89	77
435	99	95
436	100	41
437	77	12
438	29	37
439	16	41
440	16	38
441	15	36
442	18	44
443	4	55
444	24	26
445	26	35
446	15	45
447	21	39
448	29	52
449	26	46
450	27	50
451	13	43
452	25	36
453	37	57

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
454	29	46
455	17	39
456	13	41
457	19	38
458	28	35
459	8	51
460	14	36
461	17	47
462	34	39
463	34	57
464	11	70
465	13	51
466	13	68
467	38	44
468	53	67
469	29	69
470	19	65
471	52	45
472	61	79
473	29	70
474	15	53
475	15	60
476	52	40
477	50	61
478	13	74
479	46	51
480	60	73
481	33	84
482	31	63
483	41	42
484	26	69
485	23	65
486	48	49
487	28	57
488	16	67
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
494	34	49
495	35	66
496	56	47
497	49	64
498	59	64
499	42	69
500	6	77
501	5	59
502	17	59
503	45	53
504	21	62
505	31	60
506	53	68
507	48	79
508	45	61
509	51	47
510	41	48
511	26	58
512	21	62
513	50	52
514	39	65
515	23	65
516	42	62
517	57	80
518	66	81
519	64	62
520	45	42
521	33	42
522	27	57
523	31	59
524	41	53
525	45	72
526	48	73
527	46	90
528	56	76
529	64	76
530	69	64
531	72	59
532	73	58
533	71	56

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
534	66	48
535	61	50
536	55	56
537	52	52
538	54	49
539	61	50
540	64	54
541	67	54
542	68	52
543	60	53
544	52	50
545	45	49
546	38	45
547	32	45
548	26	53
549	23	56
550	30	49
551	33	55
552	35	59
553	33	65
554	30	67
555	28	59
556	25	58
557	23	56
558	22	57
559	19	63
560	14	63
561	31	61
562	35	62
563	21	80
564	28	65
565	7	74
566	23	54
567	38	54
568	14	78
569	38	58
570	52	75
571	59	81
572	66	69
573	54	44
574	48	34
575	44	33
576	40	40
577	28	58
578	27	63
579	35	45
580	20	66
581	15	60
582	10	52
583	22	56
584	30	62
585	21	67
586	29	53
587	41	56
588	15	67
589	24	56
590	42	69
591	39	83
592	40	73
593	35	67
594	32	61
595	30	65
596	30	72
597	48	51
598	66	58
599	62	71
600	36	63
601	17	59
602	16	50
603	16	62
604	34	48
605	51	66
606	35	74
607	15	56
608	19	54
609	43	65
610	52	80
611	52	83
612	49	57
613	48	46
614	37	36
615	25	44
616	14	53
617	13	64
618	23	56
619	21	63
620	18	67
621	20	54
622	16	67
623	26	56
624	41	65
625	28	62
626	19	60
627	33	56
628	37	70
629	24	79
630	28	57
631	40	57
632	40	58
633	28	44
634	25	41
635	29	53
636	31	55
637	26	64
638	20	50
639	16	53
640	11	54
641	13	53
642	23	50
643	32	59
644	36	63
645	33	59
646	24	52
647	20	52
648	22	55
649	30	53
650	37	59
651	41	58
652	36	54
653	29	49

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
654	24	53
655	14	57
656	10	54
657	9	55
658	10	57
659	13	55
660	15	64
661	31	57
662	19	69
663	14	59
664	33	57
665	41	65
666	39	64
667	39	59
668	39	51
669	28	41
670	19	49
671	27	54
672	37	63
673	32	74
674	16	70
675	12	67
676	13	60
677	17	56
678	15	62
679	25	47
680	27	64
681	14	71
682	5	65
683	6	57
684	6	57
685	15	52
686	22	61
687	14	77
688	12	67
689	12	62
690	14	59
691	15	58
692	18	55
693	22	53
694	19	69
695	14	67
696	9	63
697	8	56
698	17	49
699	25	55
700	14	70
701	12	60
702	22	57
703	27	67
704	29	68
705	34	62
706	35	61
707	28	78
708	11	71
709	4	58
710	5	58
711	10	56
712	20	63
713	13	76
714	11	65
715	9	60
716	7	55
717	8	53
718	10	60
719	28	53
720	12	73
721	4	64
722	4	61
723	4	61
724	10	56
725	8	61
726	20	56
727	32	62
728	33	66
729	34	73
730	31	61
731	33	55
732	33	60
733	31	59
734	29	58
735	31	53
736	33	51
737	33	48
738	27	44
739	21	52
740	13	57
741	12	56
742	10	64
743	22	47
744	15	74
745	8	66
746	34	47
747	18	71
748	9	57
749	11	55
750	12	57
751	10	61
752	16	53
753	12	75
754	6	70
755	12	55
756	24	50
757	28	60
758	28	64
759	23	60
760	20	56
761	26	50
762	28	55
763	18	56
764	15	52
765	11	59
766	16	59
767	34	54
768	16	82
769	15	64
770	36	53
771	45	64
772	41	59
773	34	50

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
774	27	45
775	22	52
776	18	55
777	26	54
778	39	62
779	37	71
780	32	58
781	24	48
782	14	59
783	7	59
784	7	55
785	18	49
786	40	62
787	44	73
788	41	68
789	35	48
790	29	54
791	22	69
792	46	53
793	59	71
794	69	68
795	75	47
796	62	32
797	48	35
798	27	59
799	13	58
800	14	54
801	21	53
802	23	56
803	23	57
804	23	65
805	13	65
806	9	64
807	27	56
808	26	78
809	40	61
810	35	76
811	28	66
812	23	57
813	16	50
814	11	53
815	9	57
816	9	62
817	27	57
818	42	69
819	47	75
820	53	67
821	61	62
822	63	53
823	60	54
824	56	44
825	49	39
826	39	35
827	30	34
828	33	46
829	44	56
830	50	56
831	44	52
832	38	46
833	33	44
834	29	45
835	24	46
836	18	52
837	9	55
838	10	54
839	20	53
840	27	58
841	29	59
842	30	62
843	30	65
844	27	66
845	32	58
846	40	56
847	41	57
848	18	73
849	15	55
850	18	50
851	17	52
852	20	49
853	16	62
854	4	67
855	2	64
856	7	54
857	10	50
858	9	57
859	5	62
860	12	51
861	14	65
862	9	64
863	31	50
864	30	78
865	21	65
866	14	51
867	10	55
868	6	59
869	7	59
870	19	54
871	23	61
872	24	62
873	34	61
874	51	67
875	60	66
876	58	55
877	60	52
878	64	55
879	68	51
880	63	54
881	64	50
882	68	58
883	73	47
884	63	40
885	50	38
886	29	61
887	14	61
888	14	53
889	42	6
890	58	6
891	58	6
892	77	39
893	93	56

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
894	93	44
895	93	37
896	93	31
897	93	25
898	93	26
899	93	27
900	93	25
901	93	21
902	93	22
903	93	24
904	93	23
905	93	27
906	93	34
907	93	32
908	93	26
909	93	31
910	93	34
911	93	31
912	93	33
913	93	36
914	93	37
915	93	34
916	93	30
917	93	32
918	93	35
919	93	35
920	93	32
921	93	28
922	93	23
923	94	18
924	95	18
925	96	17
926	95	13
927	96	10
928	95	9
929	95	7
930	95	7
931	96	7
932	96	6
933	96	6
934	95	6
935	90	6
936	69	43
937	76	62
938	93	47
939	93	39
940	93	35
941	93	34
942	93	36
943	93	39
944	93	34
945	93	26
946	93	23
947	93	24
948	93	24
949	93	22
950	93	19
951	93	17
952	93	19
953	93	22
954	93	24
955	93	23
956	93	20
957	93	20
958	94	19
959	95	19
960	95	17
961	96	13
962	95	10
963	96	9
964	95	7
965	95	7
966	95	7
967	95	6
968	96	6
969	96	6
970	89	6
971	68	6
972	57	6
973	66	32
974	84	52
975	93	46
976	93	42
977	93	36
978	93	28
979	93	23
980	93	19
981	93	16
982	93	15
983	93	16
984	93	15
985	93	14
986	93	15
987	93	16
988	94	15
989	93	32
990	93	45
991	93	43
992	93	37
993	93	29
994	93	23
995	93	20
996	93	18
997	93	16
998	93	17
999	93	16
1000	93	15
1001	93	15
1002	93	15
1003	93	14
1004	93	15
1005	93	15
1006	93	14
1007	93	13
1008	93	14
1009	93	14
1010	93	15
1011	93	16
1012	93	17
1013	93	20

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1014	93	22
1015	93	20
1016	93	19
1017	93	20
1018	93	19
1019	93	19
1020	93	20
1021	93	32
1022	93	37
1023	93	28
1024	93	26
1025	93	24
1026	93	22
1027	93	22
1028	93	21
1029	93	20
1030	93	20
1031	93	20
1032	93	20
1033	93	19
1034	93	18
1035	93	20
1036	93	20
1037	93	20
1038	93	20
1039	93	19
1040	93	18
1041	93	18
1042	93	17
1043	93	16
1044	93	16
1045	93	15
1046	93	16
1047	93	18
1048	93	37
1049	93	48
1050	93	38
1051	93	31
1052	93	26
1053	93	21
1054	93	18
1055	93	16
1056	93	17
1057	93	18
1058	93	19
1059	93	21
1060	93	20
1061	93	18
1062	93	17
1063	93	17
1064	93	18
1065	93	18
1066	93	18
1067	93	19
1068	93	18
1069	93	18
1070	93	20
1071	93	23
1072	93	25
1073	93	25
1074	93	24
1075	93	24
1076	93	22
1077	93	22
1078	93	22
1079	93	19
1080	93	16
1081	95	17
1082	95	37
1083	93	43
1084	93	32
1085	93	27
1086	93	26
1087	93	24
1088	93	22
1089	93	22
1090	93	22
1091	93	23
1092	93	22
1093	93	22
1094	93	23
1095	93	23
1096	93	23
1097	93	22
1098	93	23
1099	93	23
1100	93	23
1101	93	25
1102	93	27
1103	93	26
1104	93	25
1105	93	27
1106	93	27
1107	93	27
1108	93	24
1109	93	20
1110	93	18
1111	93	17
1112	93	17
1113	93	18
1114	93	18
1115	93	18
1116	93	19
1117	93	22
1118	93	22
1119	93	19
1120	93	17
1121	93	17
1122	93	18
1123	93	18
1124	93	19
1125	93	19
1126	93	20
1127	93	19
1128	93	20
1129	93	25
1130	93	30
1131	93	31
1132	93	26
1133	93	21

▼B

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1134	93	18
1135	93	20
1136	93	25
1137	93	24
1138	93	21
1139	93	21
1140	93	22
1141	93	22
1142	93	28
1143	93	29
1144	93	23
1145	93	21
1146	93	18
1147	93	16
1148	93	16
1149	93	16
1150	93	17
1151	93	17
1152	93	17
1153	93	17
1154	93	23
1155	93	26
1156	93	22
1157	93	18
1158	93	16
1159	93	16
1160	93	17
1161	93	19
1162	93	18
1163	93	16
1164	93	19
1165	93	22
1166	93	25
1167	93	29
1168	93	27
1169	93	22
1170	93	18
1171	93	16
1172	93	19
1173	93	19
1174	93	17
1175	93	17
1176	93	17
1177	93	16
1178	93	16
1179	93	15
1180	93	16
1181	93	15
1182	93	17
1183	93	21
1184	93	30
1185	93	53
1186	93	54
1187	93	38
1188	93	30
1189	93	24
1190	93	20
1191	95	20
1192	96	18
1193	96	15
1194	96	11
1195	95	9
1196	95	8
1197	96	7
1198	94	33
1199	93	46
1200	93	37
1201	16	8
1202	0	0
1203	0	0
1204	0	0
1205	0	0
1206	0	0
1207	0	0
1208	0	0
1209	0	0