II

(Actos no legislativos)

ACTOS ADOPTADOS POR ÓRGANOS CREADOS MEDIANTE ACUERDOS INTERNACIONALES

Solo los textos CEPE originales tienen efecto jurídico en el marco del Derecho internacional público. La situación y la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento deben consultarse en la última versión del documento de situación CEPE TRANS/WP.29/343, disponible en:

http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html

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 [2019/547]

Incorpora todos los textos válidos hasta:

la serie 05 de enmiendas — Fecha de entrada en vigor: 29 de diciembre de 2018

ÍNDICE

REGLAMENTO

1. Ámbito de aplicación
2. Definiciones y abreviaturas
3. Solicitud de homologación de un tipo o familia de motores
4. Homologación
5. Requisitos y ensayos
6. Instalación en el vehículo
7. Familias de motores y tipos de motores
8. Conformidad de la producción
9. Sanciones por no conformidad de la producción
10. Modificaciones y extensión de la homologación del tipo homologado
11. Cese definitivo de la producción
12. Disposiciones transitorias
13. Nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de realizar los ensayos de homologación y de los autoridades de homologación

ANEXOS

1 Modelos del expediente del fabricante y de la ficha de características

2 Comunicación

3 Disposiciones relativas a las marcas de homologación

4 Procedimiento de ensayo

5 Método para la evaluación y el cálculo de los datos

6 Características técnicas de los combustibles de referencia prescritas para los ensayos de homologación y para la verificación de la conformidad de la producción

7 Requisitos técnicos para los motores de combustible dual

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

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

10 Parámetros para la definición de los tipos y familias de motores y sus modos de funcionamiento

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento se aplica a todos los motores pertenecientes a las categorías establecidas en el punto 1.1 que estén instalados o que estén destinados a ser instalados en vehículos de la categoría T ([1]) y en máquinas móviles no de carretera.

1.1. A los efectos del presente Reglamento, serán de aplicación las siguientes categorías de motores, divididas en las subcategorías que figuran en el apéndice 1 del presente Reglamento:

1.1.1. «Categoría NRE»: motores para vehículos de la categoría T y máquinas móviles no de carretera destinados y adecuados para moverse o para ser movidos, por carretera o de otro modo, no incluidos en ninguna otra de las categorías de los puntos 1.1.2 a 1.1.7;

1.1.2. «Categoría NRG»: motores con una potencia de referencia igual o superior a 560 kW destinados exclusivamente al uso en grupos electrógenos; los motores para grupos electrógenos distintos de los que tengan dichas características se incluyen en las categorías NRE o NRS, en función de sus características;

1.1.3. «Categoría NRSh»: motores portátiles de encendido por chispa con una potencia de referencia inferior a 19 kW y destinados exclusivamente al uso en máquinas portátiles;

1.1.4. «Categoría NRS»: motores de encendido por chispa para vehículos de la categoría T y máquinas móviles no de carretera con una potencia de referencia inferior a 56 kW y no incluidos en la categoría NRSh;

1.1.5. «Categoría SMB»: motores de encendido por chispa destinados exclusivamente al uso en motos de nieve; los motores para motos de nieve distintos de los motores de encendido por chispa se incluyen en la categoría NRE;

([1]) La clasificación de los vehículos de motor y sus remolques figura en el anexo 2 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6, www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html.

1.1.6 «Categoría ATS»: motores de encendido por chispa destinados para su uso en vehículos todo terreno (ATV) y en vehículos de asientos yuxtapuestos (SbS) que pertenecen a la categoría T o son máquinas móviles no de carretera; los motores para vehículos todo terreno y de asientos yuxtapuestos distintos de los motores de encendido por chispa se incluyen en la categoría NRE.

1.1.7. Un motor de régimen variable de una categoría determinada puede utilizarse en lugar de un motor de régimen constante de la misma categoría.

1.2. El presente Reglamento de las Naciones Unidas no se aplica para la supervisión de las emisiones de contaminantes de motores que funcionan en vehículos de la categoría T o en máquinas móviles no de carretera con arreglo a sus pautas de funcionamiento, condiciones y cargas útiles normales.

2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

2.1. A los efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

2.1.1. «Parámetro ajustable»: cualquier dispositivo, sistema o elemento del diseño que alguien pueda ajustar (incluidos los de difícil acceso) y que, si se ajusta, puede afectar a las emisiones o al rendimiento del motor durante los ensayos de emisiones o en un funcionamiento normal en servicio. Esto incluye, entre otros, los parámetros relacionados con la regulación de la inyección y el caudal de combustible.

2.1.2. «Factores de ajuste»: los factores aditivos (factor de ajuste al alza y factor de ajuste a la baja) o multiplicativos que se han de tener en cuenta durante la regeneración periódica (infrecuente).

2.1.3. «Vehículo todo terreno (VTT)»: máquina móvil no de carretera o vehículo de la categoría T, impulsado por un motor, destinado primordialmente a moverse sobre superficies no pavimentadas con cuatro o más ruedas con neumáticos de baja presión, con un solo sillín para el conductor o para el conductor y un pasajero como máximo y dirección con manillar.

2.1.4. «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.

2.1.5. «Condensación acuosa»: la precipitación de componentes que contienen agua de una fase gaseosa a una fase líquida.

2.1.6. «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.

2.1.7. «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.

2.1.8. «Calibración»: proceso de establecimiento de la respuesta de un sistema de medición, de manera que su resultado concuerde con una serie de señales de referencia. Se ha de diferenciar de «verificación».

2.1.9. «Gas de calibración»: la mezcla purificada de gases que se utiliza para calibrar los analizadores de gases.

2.1.10. «Motor de encendido por compresión (EC)»: motor que funciona según el principio del encendido por compresión.

2.1.11. «Motor de régimen constante»: motor cuya homologación de tipo se limita al funcionamiento a régimen constante, sin contar los motores cuya función de regulación del régimen constante se ha eliminado o inactivado. Puede estar provisto de un régimen de ralentí que puede utilizarse durante el arranque y la parada y puede estar equipado de un regulador que puede ajustarse a un régimen distinto cuando el motor está parado.

2.1.12. «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 apéndice A.6 del anexo 4 del presente Reglamento que se indican a continuación: D2, G1, G2 o G3.

2.1.13. «Funcionamiento a régimen constante»: el funcionamiento de un motor dotado de un regulador que mantiene la velocidad del motor, incluso con carga variable.

2.1.14. «Cárter»: los espacios cerrados existentes dentro o fuera del motor y unidos al colector del lubricante por conductos internos o externos por los que se da salida a los gases y vapores.

2.1.15. «Estrategia de desactivación»: estrategia de control de las emisiones que reduce la eficacia del sistema de control de las emisiones en condiciones ambientales u operativas del motor que se produzcan ya sea durante un funcionamiento normal de la máquina o fuera de los procedimientos de ensayo de la homologación.

2.1.16. «Sistema de reducción de NOx»: sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) [por ejemplo, existen catalizadores activos y pasivos de NOx pobres, adsorbentes de NOx y sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR)].

2.1.17. «Factores de deterioro»: el conjunto de factores que indican la relación entre las emisiones al principio y al final del período de durabilidad de las emisiones.

2.1.18. «Punto de rocío»: medida de la humedad correspondiente a la temperatura de equilibrio en la que se condensa el agua a una presión dada a partir del aire húmedo a una humedad absoluta dada. El punto de rocío se indica como una temperatura en °C o K y solo es válido para la presión en la que se mide.

2.1.19. «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, a condición de que el instrumento se haya puesto a cero y se haya ajustado exactamente antes del ensayo.

2.1.20. «Motor de combustible dual»: un motor diseñado para funcionar simultáneamente con un combustible líquido y con un combustible gaseoso que se miden por separado y en el que la cantidad consumida de uno de ellos en relación con el otro puede variar según el funcionamiento.

2.1.21. «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.

2.1.22. «Unidad electrónica de control»: dispositivo electrónico del motor que forma parte del sistema de control de emisiones y que utiliza datos de los sensores del motor para controlar los parámetros de este.

2.1.23. «Sistema de control de emisiones»: cualquier dispositivo, sistema o elemento de diseño que controle o reduzca las emisiones de los contaminantes regulados emitidos por un motor.

2.1.24. «Estrategia de control de las emisiones»: un elemento o un conjunto de elementos de diseño que se incorporan en el diseño general de un motor, o en una máquina móvil no de carretera en la que está instalado un motor, y que se utiliza para controlar las emisiones.

2.1.25. «Período de durabilidad de las emisiones»o «EDP»: el número de horas o, cuando sea aplicable, la distancia utilizados para determinar los factores de deterioro.

2.1.26. «Usuario final»: toda persona física o jurídica distinta del fabricante o del OEM que es responsable de utilizar el motor instalado en una máquina móvil no de carretera o del vehículo de la categoría T.

2.1.27. «Familia de motores»: agrupación de tipos de motores realizada por el fabricante que, por su diseño, tienen características similares de emisiones de escape y cumplen los valores límite de emisiones aplicables.

2.1.28. «Régimen de regulación del motor»: régimen de funcionamiento del motor cuando está controlado por el regulador instalado.

2.1.29. «Fecha de fabricación del motor»: la fecha, expresada en mes y año, en que el motor pasa la inspección final una vez que ha salido de la línea de fabricación y está listo para su entrega o almacenamiento.

2.1.30. «Tipo de motor»: categoría de motores que no presentan diferencias entre sí en cuanto a aspectos esenciales como las características del motor definidas en el anexo 10 del presente Reglamento de las Naciones Unidas.

2.1.31. «Puesta en servicio»: primera utilización de un vehículo de la categoría T en una Parte Contratante.

2.1.32. «Sistema de postratamiento de las emisiones de escape»: un catalizador, un filtro de partículas, un sistema de reducción de NOx, o cualquier otro dispositivo de reducción de las emisiones, incluida cualquier combinación de sistemas que compartan los mismos componentes físicos, que está instalado después del motor. Esta definición excluye la recirculación del gas de escape y los turbocompresores, que se consideran parte integrante del motor.

2.1.33. «Recirculación de los gases de escape»o «EGR»: dispositivo técnico que forma parte del sistema de control de emisiones y que las reduce conduciendo de nuevo hacia el motor los gases de escape procedentes de la cámara o cámaras de combustión para que se mezclen con el aire de admisión antes de la combustión o durante esta, con excepción del uso de la regulación de las válvulas para aumentar los restos de gases de escape que permanecen en la cámara o cámaras de combustión y se mezclan con el aire de admisión antes de la combustión o durante esta.

2.1.34. «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.

2.1.35. «Combustible gaseoso»: combustible que, en condiciones ambientales normales, se encuentra íntegramente en estado gaseoso (298 K, presión ambiente absoluta 101,3 kPa).

2.1.36. «Gases contaminantes»: los siguientes contaminantes en estado gaseoso emitidos por un motor: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos totales (THC) y óxidos de nitrógeno (NOx), denominación esta que representa el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2), expresados como equivalentes de NO_2.

2.1.37. «Grupo electrógeno»: máquina móvil no de carretera independiente que no forma parte de un grupo motopropulsor, destinada primordialmente a generar electricidad.

2.1.38. «Coeficiente energético del gas»o «GER»: en el caso de un motor de combustible dual, el cociente entre el contenido energético del combustible gaseoso y el contenido energético de ambos combustibles. En el caso de un motor de un solo combustible, el coeficiente energético del gas es 1 o 0, según el tipo de combustible.

2.1.39. «Buenas prácticas técnicas»: prácticas coherentes con los principios científicos y de ingeniería generalmente aceptados y la información pertinente disponible.

2.1.40. «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.

2.1.41. «Motor portátil de encendido por chispa»: motor de encendido por chispa con una potencia de referencia inferior a 19 kW, y usado en un equipo que cumple al menos una de las siguientes condiciones:

a) es transportado por el operario durante el desempeño de las funciones para las que está destinado;

b) funciona en distintas posiciones, como boca abajo o de lado, para llevar a cabo las funciones para las que está destinado;

c) su masa en seco, incluido el motor, es inferior a 20 kg y cumple al menos una de las condiciones siguientes:

i) el operario sujeta físicamente o lleva encima el equipo durante el desempeño de las funciones para las que está destinado;

ii) el operario sujeta físicamente o controla la posición del equipo durante el desempeño de las funciones para las que está destinado;

iii) se utiliza en un generador o en una bomba.

2.1.42. «Filtro HEPA»: filtro de aire para partículas de elevada eficacia capaz de lograr una eficiencia inicial mínima en la eliminación de partículas del 99,97 % de acuerdo con la norma ASTM F 1471–93.

2.1.43. «Régimen alto (n_{hi})»: régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima.

2.1.44. «Régimen de ralentí»: régimen más bajo del motor con carga mínima (superior o igual a la carga cero), en el cual 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.

2.1.45. «Puesta en servicio inicial»:

a) la primera matriculación, si la matriculación es obligatoria, o

b) la introducción en el mercado, si la matriculación es obligatoria solo para la circulación por carretera o si no es obligatoria.

2.1.46. «Motor de combustión interna»o «motor»: dispositivo de transformación de la energía, distinto de una turbina de gas, diseñado para transformar energía química (entrada) en energía mecánica (salida) mediante un proceso de combustión interna. Incluye, cuando haya sido instalado, el sistema de control de emisiones y la interfaz de comunicación (*hardware* y mensajes) entre la unidad o las unidades de control electrónico del motor y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor, del vehículo de categoría T o de la máquina móvil no de carretera necesaria para cumplir lo dispuesto en el presente Reglamento.

2.1.47. «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;

2.1.48. «Combustible líquido»: un combustible que, en condiciones ambientales normales, se encuentra en estado líquido (298 K, presión ambiente absoluta 101,3 kPa).

2.1.49. «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.

2.1.50. «Régimen bajo (n_{hi})»: régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 50 % de la potencia máxima.

2.1.51. «Comercialización»: todo suministro, remunerado o gratuito, de un motor o máquina móvil no de carretera para su distribución o utilización en el mercado de una Parte Contratante en el transcurso de una actividad comercial.

2.1.52. «Fabricante»: toda persona física o jurídica responsable ante la autoridad de homologación de tipo de todos los aspectos de la homologación de tipo y de asegurar la conformidad de la fabricación del motor, con independencia de que intervenga directamente o no en todas las etapas del diseño y la construcción del motor sujeto al proceso de homologación.

2.1.53. «Representante del fabricante»o «representante»: toda persona física o jurídica establecida en la Parte Contratante, debidamente habilitada por el fabricante mediante un poder escrito para que lo represente en cuestiones relacionadas con la autoridad de homologación de tipo y para que actúe en su nombre en los asuntos a los que se aplica el presente Reglamento.

2.1.54. «Potencia neta máxima»: valor máximo de la potencia neta en la curva de potencia nominal a plena carga para el tipo de motor.

2.1.55. «Régimen del par máximo»: régimen del motor al que se obtiene el par máximo de acuerdo con lo especificado por el fabricante.

2.1.56. «Potencia neta»: potencia en kW obtenida en el banco de pruebas, en el extremo del cigüeñal o del órgano equivalente, medida de acuerdo con el método de medición establecido en el Reglamento n.º 120 de las Naciones Unidas para la medición de la potencia neta, el par neto y el consumo específico de combustible de los motores de combustión interna de los tractores agrícolas o forestales y las máquinas móviles no de carretera.

2.1.57. «Máquina móvil no de carretera»: máquina móvil, equipo transportable o vehículo con o sin carrocería o con o sin ruedas, no destinado al transporte de pasajeros ni de mercancías por carretera, incluidas las máquinas instaladas en el bastidor de vehículos destinados al transporte por carretera de pasajeros o de mercancías.

2.1.58. «Emisiones del cárter»: todo flujo procedente del cárter de un motor que sale directamente al medio ambiente.

2.1.59. «Demanda del operador»: intervención del operador del motor destinada a controlar la potencia de este.

2.1.60. «Fabricante de equipo original»u «OEM»: persona física o jurídica que fabrica máquinas móviles no de carretera o vehículos de la categoría T.

2.1.61. «Motor de referencia»: tipo de motor seleccionado dentro de una familia de motores cuyas características en cuanto a emisiones sean representativas de esa familia de motores.

2.1.62. «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.

2.1.63. «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.

2.1.64. «Número de partículas»o «PN»: número de partículas sólidas de diámetro superior a 23 nm emitidas por un motor.

2.1.65. «Partículas (PM)»: cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir el gas de escape del motor de encendido por compresión con aire limpio filtrado, de forma que la temperatura no supere 325 K (52 °C).

2.1.66. «Partículas contaminantes»: cualquier materia emitida por el motor que se mida como PM o PN.

2.1.67. «Porcentaje de carga»: la proporción del par máximo disponible a un régimen del motor determinado.

2.1.68. «Instalada de forma permanente»: dícese de una máquina empernada o sujeta de otro modo a unos cimientos o con alguna clase de condicionante tal que no pueda retirarse sin emplear herramientas u otros equipos y que está destinada a funcionar en un único lugar en un edificio, estructura, planta o instalación.

2.1.69. «Introducción en el mercado»: primera comercialización en el mercado de una Parte Contratante de un motor o máquina móvil no de carretera. En el caso de los vehículos de la categoría T, se entenderá que la introducción en el mercado es la entrada en servicio inicial del vehículo.

2.1.70. «Sonda»: primera sección del conducto de transferencia que transfiere la muestra al siguiente componente del sistema de muestreo.

2.1.71. «Potencia neta nominal»: potencia neta en kW declarada por el fabricante de un motor a régimen nominal.

2.1.72. «Régimen nominal»: el régimen máximo del motor a plena carga que permita el regulador, tal como lo diseñe el fabricante, o, en caso de que no haya regulador, el régimen al que se obtenga la potencia neta máxima del motor, tal como lo especifique el fabricante.

2.1.73. «Reactivo»: cualquier consumible o medio no recuperable que se requiera y se utilice para el funcionamiento efectivo del sistema de postratamiento de gases de escape.

2.1.74. «Potencia de referencia»: la potencia neta que se utiliza para determinar los valores límite de emisión aplicables al motor.

2.1.75. «Regeneración»: suceso durante el cual los niveles de emisiones cambian mientras se restaura por diseño el rendimiento del postratamiento de las emisiones de escape; se clasifica como regeneración continua o regeneración infrecuente (periódica).

2.1.76. «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.

2.1.77. «Motor SI»: motor que funciona según el principio del encendido por chispa (SI).

2.1.78. «Vehículo de asientos yuxtapuestos»o «SbS»: máquina móvil no de carretera o vehículo de categoría T autopropulsado, controlado por un operario, no articulado, destinado primordialmente a desplazarse por superficies no pavimentadas con cuatro o más ruedas, con un peso mínimo sin carga y en orden de marcha de 300 kg (incluidos el equipamiento de serie, el refrigerante, los lubricantes, el combustible y las herramientas, pero excluidos los accesorios opcionales y el conductor) y una velocidad máxima de diseño de 25 km/h o más. Además, tal vehículo está diseñado para transportar personas o mercancías y para arrastrar o empujar otros equipos y la dirección no se controla con un manillar; está diseñado con fines recreativos o utilitarios y no admite a más de seis personas, incluido el conductor, sentadas unas junto a otras en una o más filas de asientos que no sean sillines.

2.1.79. «Motor de un solo combustible»: motor que no es de combustible dual.

2.1.80. «Moto de nieve»: máquina autopropulsada destinada al desplazamiento fuera de las carreteras, principalmente por la nieve, movida por orugas en contacto con la nieve y dirigida con uno o más esquíes en contacto con la nieve y con un peso máximo sin carga y en orden de marcha de 454 kg (incluidos el equipamiento de serie, el refrigerante, los lubricantes, el combustible y las herramientas, pero excluidos los accesorios opcionales y el conductor).

2.1.81. «Ajustar»: 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 del calibre del instrumento o el rango de uso previsto.

2.1.82. «Gas patrón»: mezcla purificada de gases que se utiliza para ajustar los analizadores de gases.

2.1.83. «Emisiones específicas»: emisiones másicas expresadas en g/kWh.

2.1.84. «Máquina estacionaria»: máquina destinada a ser instalada de forma permanente en un lugar durante su primer uso y no destinada a moverse, por carretera ni en otro medio, salvo durante el envío desde el lugar de fabricación al lugar de su primera instalación.

2.1.85. «Ciclo de ensayo en estado continuo»: ciclo de ensayo en el cual el régimen y el par del motor se mantienen en un conjunto finito de valores nominalmente constantes. Los ensayos en estado continuo se efectúan en modo discreto o con aumentos.

2.1.86. «Estequiométrica»: dícese de la relación específica de aire y combustible en la que, si el combustible se oxidase completamente, no quedaría ni combustible ni oxígeno.

2.1.87. «Medio de almacenamiento»: filtro de partículas, bolsa de muestreo o cualquier otro dispositivo de almacenamiento utilizado para el muestreo por lotes.

2.1.88. «Manipulación»: la desactivación, el ajuste o la modificación del sistema de control de emisiones del motor, lo que incluye cualquier software u otros elementos de control lógico de dicho sistema, que tenga el efecto, intencionado o no, de empeorar el rendimiento en materia de emisiones del motor.

2.1.89. «Ciclo de ensayo»: una secuencia de puntos de ensayo, cada uno de ellos con un régimen y un par determinados, que debe seguir durante el ensayo el motor en estado continuo o de transición.

2.1.90. «Intervalo de ensayo»: tiempo durante el cual se determinan las emisiones específicas del freno.

2.1.91. «Tolerancia»: intervalo en el cual deberá estar comprendido el 95 % de un conjunto de valores registrados de una determinada cantidad, mientras que el 5 % restante de los valores registrados se desvía del intervalo de tolerancia.

2.1.92. «Ciclo de ensayo transitorio»: ciclo de ensayo con una secuencia de valores de régimen y de par normalizados que varían segundo a segundo en el tiempo.

2.1.93. «Homologación de tipo»: procedimiento mediante el cual una autoridad de homologación de tipo certifica que un tipo o una familia de motores cumplen las disposiciones administrativas y los requisitos técnicos pertinentes del presente Reglamento.

2.1.94. «Actualización-registro»: frecuencia con la que el analizador proporciona valores nuevos y actuales.

2.1.95. «Motor de régimen variable»: motor que no es de régimen constante.

2.1.96. «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.

2.1.97. «Verificación»: evaluación de si los resultados de un sistema de medición concuerdan o no con una serie de señales dentro de uno o más umbrales de aceptación predeterminados. Se ha de diferenciar de «calibración».

2.1.98. «Sistema de postratamiento de gases de escape de flujo de pared»: sistema de postratamiento de partículas que hace pasar todo el gas de escape por un panel que filtra las materias sólidas.

2.1.99. «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.

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

2.1.100. «A cero»: ajustar un instrumento de manera que dé una respuesta cero a un patrón de calibración cero, como el nitrógeno o el aire purificados.

2.1.101. «Gas cero»: gas que produce el valor cero como respuesta a su introducción en un analizador.

2.2. Símbolos y abreviaturas

2.2.1. Símbolos

Los símbolos se explican en el anexo 4, punto 3.2, mientras que en los anexos correspondientes figuran los símbolos específicos.

2.2.2. Abreviaturas

ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales)
BMD	Minidiluidor de bolsa
BSFC	Consumo de combustible específico del freno
CFV	Venturi de flujo crítico
EC	Encendido por compresión
CLD	Detector quimioluminiscente
CVS	Muestreo de volumen constante
De NOx	Sistema de postratamiento de NOx
DF	Factor de deterioro
ECM	Módulo de regulación electrónica
EFC	Control de flujo electrónico
EGR	Recirculación del gas de escape
FID	Detector de ionización de llama
GC	Cromatógrafo de gases

HCLD	Detector quimioluminiscente calentado
HFID	Detector de ionización de llama calentado
IBP	Punto inicial de ebullición
ISO	Organización Internacional de Normalización
LPG	Gas licuado de petróleo
NDIR	Analizador de infrarrojos no dispersivo
NDUV	Analizador de ultravioletas no dispersivo
NIST	US National Institute for Standards and Technology (Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos)
NMC	Separador de hidrocarburos no metánicos
PDP	Bomba de desplazamiento positivo
%FS	Porcentaje del fondo de escala
PFD	Dilución de flujo parcial
PFS	Sistema de flujo parcial
PTFE	Politetrafluoretileno (vulgarmente conocido como Teflón ™)
RMC	Ciclo modal con aumentos
RMS	Media cuadrática
RTD	Detector resistivo de temperatura
SAE	Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros de la Industria Automovilística)
SSV	Venturi subsónico
UCL	Límite de confianza superior
UFM	Caudalímetro ultrasónico

3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN DE UN TIPO O FAMILIA DE MOTORES

3.1. La solicitud de homologación de un tipo de motor o una familia de motores con respecto al nivel de las emisiones de gases y partículas contaminantes deberá ser presentada por el fabricante del motor o su representante debidamente acreditado.

3.2. El solicitante deberá presentar a la autoridad de homologación de tipo un expediente del fabricante que contenga los siguientes elementos:

a) una ficha de características que incluya una lista de los combustibles de referencia y, cuando así lo solicite el fabricante, de cualesquiera otros combustibles, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles especificados a que se refiere el punto 5.1.3 y que están descritos de conformidad con el anexo 6 del presente Reglamento;

b) todos los datos, planos, fotografías y demás información relevante relativa al tipo de motor o, en su caso, al motor de referencia;

c) cualquier otra información requerida por la autoridad de homologación de tipo en el contexto del procedimiento de solicitud de la homologación de tipo;

d) una descripción del tipo de motor y, si procede, los detalles de la familia de motores mencionados en el anexo 10 del presente Reglamento.

3.3. El expediente del fabricante podrá transmitirse en papel o en un formato electrónico que acepten el servicio técnico y la autoridad de homologación de tipo.

3.3.1. Las solicitudes en papel deberán presentarse por triplicado. Los dibujos que vayan a entregarse se presentarán a la escala adecuada, suficientemente detallados y en formato A4 o plegados de forma que se ajusten a dicho formato. Si se presentan fotografías, deberán ser suficientemente detalladas.

3.4. Los fabricantes pondrán a disposición del servicio técnico responsable los ensayos de homologación de tipo definidos en el punto 5 un motor conforme con las características del tipo de motor o, en el caso de la familia de motores, con las del motor de referencia descritas en el anexo 1, apéndice A.3, del presente Reglamento.

3.5. En el caso de una solicitud de homologación de tipo de una familia de motores, si el servicio técnico determina que, en relación con el motor de referencia seleccionado, la solicitud presentada no representa plenamente a la familia de motores descrita en el anexo 1, apéndice A.3, los fabricantes presentarán una alternativa y, si fuera necesario, un motor de referencia adicional que el servicio técnico considere representativo de la familia de motores.

4. HOMOLOGACIÓN

4.1. Si el motor presentado a homologación con arreglo al punto 3 del presente Reglamento cumple los requisitos del punto 5 siguiente, se concederá la homologación de dicho tipo de motor o de dicha familia de motores. La autoridad de homologación de tipo expedirá la comunicación pertinente según se establece en el anexo 2.

En aras de la claridad y para facilitar el acceso a los datos correspondientes, la comunicación incluye una adenda en la que figura la información más pertinente relacionada con el tipo o familia de motores que ha recibido la homologación de tipo.

Para obtener la homologación de tipo de un tipo de motor o de una familia de motores, el fabricante demostrará que el tipo de motor o la familia de motores cumplen las disposiciones establecidas en los puntos 5, 6 y 8 y en los anexos 4, 7, 8, 9 y 10 del presente Reglamento. Asimismo, el fabricante también garantizará que se utilicen los combustibles de referencia previstos en el anexo 6 con respecto a lo dispuesto en el apéndice 4 del presente Reglamento.

Además, para obtener la homologación de tipo de un vehículo con un motor homologado con respecto a las emisiones o la homologación de tipo de un vehículo con respecto a las emisiones, el OEM deberá garantizar que se cumplen los requisitos de instalación establecidos en el punto 6.

4.2 En el caso de que el fabricante permita la utilización de combustibles comerciales que no se correspondan con los combustibles de referencia previstos en el anexo 6, se aplicarán las disposiciones del apéndice 4 del presente Reglamento.

4.3. Marcas de homologación y etiquetado de los motores

4.3.1. Se asignará un número de homologación a cada tipo de motor o familia de motores homologados. Sus dos primeros dígitos indicarán la serie de modificaciones que incorpore las modificaciones técnicas importantes más recientes del presente Reglamento en el momento de concederse la homologación. El número de homologación de tipo irá seguido del código de identificación de la categoría del motor correspondiente a la categoría y subcategoría de motores correspondientes descritas en el cuadro 1 del apéndice A.1 del anexo 3. A continuación, figurará una barra oblicua (/) y el código del tipo de combustible aplicable del cuadro 2 del mencionado apéndice. En el caso de los motores de combustible dual, a fin de indicar el combustible gaseoso, se añadirá el sufijo del combustible dual pertinente que figura en el cuadro 3 del dicho apéndice. La misma Parte Contratante no asignará el mismo número a otro tipo de motor o familia de motores.

4.3.2. La homologación, su extensión o denegación, así como el cese definitivo de la producción de un tipo de motor o de una familia de motores de acuerdo con el presente Reglamento se comunicará a las Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento mediante el formulario de comunicación cuyo modelo figura en el anexo 2 de este último, según proceda. Se comunicarán también los valores medidos durante el ensayo del tipo de motor.

4.3.3. En cada motor conforme a un tipo de motor o a una familia de motores homologados con arreglo al presente Reglamento se colocará una marca de homologación internacional, de manera visible y en un lugar fácilmente accesible, que consistirá en:

4.3.3.1. un círculo con la letra «E»en su interior, seguido del número que identifica al país que ha concedido la homologación ([2]);

4.3.3.2. el número del presente Reglamento, seguido de la letra «R», un guion y el número de homologación a la derecha del círculo al que se refiere el punto 4.3.3.1.

([2]) 2 Los números distintivos de las Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 se reproducen en el anexo 3 de la Resolución consolidada sobre la fabricación de vehículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6, anexo 3 - www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

4.3.4. Si el motor se ajusta a un tipo o familia homologado de acuerdo con uno o varios reglamentos adjuntos al Acuerdo en el país que haya concedido la homologación con arreglo al presente Reglamento, no será necesario repetir el símbolo establecido. En ese caso, el número de reglamento y los números de homologación y símbolos adicionales de todos los reglamentos con arreglo a los cuales se haya concedido la homologación de conformidad con el presente Reglamento se colocarán en columnas verticales a la derecha del símbolo prescrito en el punto 4.3.3.1 anterior.

4.3.5. La marca de homologación deberá figurar en la placa de datos colocada por el fabricante, o cerca de ella.

4.3.6. En caso de que el marcado reglamentario del motor no sea visible sin retirar algunas de las partes, el fabricante del vehículo fijará de manera visible en el vehículo de la categoría T o en la máquina móvil no de carretera un duplicado del marcado, proporcionado por el fabricante.

4.3.7. El anexo 3 del presente Reglamento ofrece ejemplos de disposición de las marcas de homologación.

4.3.8. Los motores homologados llevarán otras marcas, además de la marca de homologación:

a) la marca o la denominación comercial del fabricante del motor y su dirección de contacto;

b) la designación del tipo de motor o de la familia de motores por parte del fabricante, en el caso de que el tipo de motor pertenezca a una familia;

c) el número único de identificación del motor;

d) la fecha de fabricación del motor, según lo definido en el punto 2.1.29 del presente Reglamento.

4.3.9. Forma de colocación del marcado reglamentario

4.3.9.1. El marcado reglamentario se colocará en una pieza del motor que sea necesaria para su funcionamiento normal y que normalmente no deba sustituirse durante la vida del motor.

4.3.9.2. Se colocará de forma que se mantenga su durabilidad durante el período de durabilidad de las emisiones del motor y sea claramente legible e indeleble.

4.3.9.3. Si se utilizan etiquetas o placas, deberán fijarse de manera que no puedan retirarse sin ser destruidas o volverse ilegibles.

4.4. La autoridad de homologación de tipo establecerá un expediente de homologación, que estará compuesto por el expediente del fabricante, acompañado del informe de ensayo y todos los demás documentos que el servicio técnico o la autoridad de homologación de tipo hayan añadido al expediente de homologación durante el ejercicio de sus funciones (en lo sucesivo, «expediente de homologación»). El expediente de homologación incluirá un índice de su contenido, el cual irá convenientemente numerado o marcado para identificar claramente todas las páginas y el formato de cada documento, a fin de presentar un registro de las sucesivas etapas del proceso de homologación de tipo y en especial las fechas de las revisiones y actualizaciones.

La autoridad de homologación de tipo velará por que la información incluida en el expediente de homologación esté disponible durante un período mínimo de veinticinco años a partir de que finalice la validez de la homologación de tipo correspondiente.

5. REQUISITOS Y ENSAYOS

5.1. Generalidades

Los motores se diseñarán, construirán y montarán de manera que puedan cumplir las disposiciones del presente Reglamento.

5.1.1. El fabricante adoptará medidas técnicas que garanticen la limitación efectiva de las emisiones de gases y de partículas contaminantes, de acuerdo con lo dispuesto en el apéndice 2 del presente Reglamento, durante el período de durabilidad de las emisiones del motor, según se establece en el apéndice 3 del presente Reglamento, y en condiciones normales de utilización.

5.1.1.1. Con esta finalidad, el resultado final de los ensayos de emisiones del motor, calculado conforme a los requisitos del punto 5.1.2, no superará los límites de emisiones de escape establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento:

a) al ser sometido a ensayo en las condiciones de ensayo y con los procedimientos técnicos de ensayo detallados establecidos en el anexo 4 del presente Reglamento;

b) cuando se utilicen los combustibles especificados en el punto 5.1.3;

c) cuando se apliquen los ciclos de ensayo indicados en el apéndice A.6 del anexo 4 del presente Reglamento.

5.1.2. Los resultados definitivos de los ensayos de emisiones de escape de los motores sujetos al presente Reglamento se calcularán aplicando a los resultados de los ensayos del laboratorio todos los elementos siguientes:

a) las emisiones de gases del cárter, conforme a lo prescrito en el punto 5.7;

b) todo factor de ajuste necesario, en aquellos casos en que el motor incluya un sistema de postratamiento de las emisiones de escape con regeneración infrecuente;

c) para todos los motores, como fase final del cálculo, los factores de deterioro correspondientes a los períodos de durabilidad de las emisiones especificados en el apéndice 2 del presente Reglamento y calculados conforme a lo prescrito en el anexo 8.

5.1.3. Con arreglo al apéndice 4 del presente Reglamento, el ensayo de un tipo o familia de motores para determinar si cumple los límites de emisiones establecidos en el presente Reglamento se efectuará utilizando los combustibles o combinaciones de combustible de referencia siguientes, según sea el caso:

a) diésel;

b) gasolina;

c) mezcla de gasolina y aceite para motores de dos tiempos de encendido por chispa;

d) gas natural/biometano;

e) gas licuado del petróleo (GLP);

f) etanol.

El tipo o la familia de motores deberán respetar, además, los valores límite de emisiones establecidos en el presente Reglamento para cualesquiera otros combustibles, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles especificados incluidos por el fabricante en una solicitud de homologación de tipo y descrito en el apéndice 4 del presente Reglamento.

5.1.4. Para la realización de mediciones y ensayos, se cumplirán los requisitos técnicos relativos a los elementos siguientes:

a) los aparatos y los procedimientos para la realización de los ensayos;

b) los aparatos y los procedimientos de medición y muestreo de emisiones;

c) los métodos de evaluación de datos y cálculos;

d) los métodos de determinación de los factores de deterioro;

e) los métodos de cálculo de las emisiones de gases del cárter;

f) los métodos de determinación y cálculo de la regeneración continua o infrecuente de los sistemas de postratamiento de escape;

g) en cuanto a los motores con control electrónico de las categorías NRE y NRG que cumplan los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad y el momento de inyección del combustible o para activar, desactivar o modular el sistema de control de emisiones utilizado para reducir los NOx:

i) las estrategias de control de emisiones, con inclusión de la documentación requerida para demostrar dichas estrategias;

ii) las medidas de control de los NOx, con inclusión del método utilizado para demostrar dichas medidas de control;

iii) el área asociada con el ciclo de ensayo en estado continuo no de carretera pertinente, dentro de la cual se controla la cuantía en la que se permite que tales emisiones superen los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento;

iv) la selección, por parte del servicio técnico, de puntos de medida adicionales del área de control durante el ensayo de emisiones realizado en banco.

5.1.5. Cualquier ajuste, reparación, desmontaje, limpieza o sustitución de componentes o sistemas del motor cuya realización periódica esté programada para prevenir el mal funcionamiento del motor solo se llevará a cabo en la medida en que sea tecnológicamente necesario para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones, según se establece en el punto 3.4 del anexo 8.

5.2. Si, de acuerdo con los parámetros que definen la familia del motor establecidos en el anexo 10, una familia de motores cubre más de un intervalo de potencias, el motor de referencia (a los efectos de la homologación de tipo) y todos los tipos de motor de la misma familia (a los efectos de la conformidad de la fabricación) deberán, en relación con los intervalos de potencia aplicables:

a) cumplir los valores límite de emisiones más estrictos;

b) ser sometidos a ensayo con los ciclos de ensayo que correspondan a los valores límite de emisiones más estrictos;

c) someterse a las fechas de aplicación más tempranas para la homologación de tipo y la introducción en el mercado definidas en el punto 12.

5.3. Serán de aplicación los requisitos técnicos relativos a las estrategias de control de emisiones establecidos en el anexo 9 del presente Reglamento.

5.4. Queda prohibido el uso de estrategias de desactivación.

5.5. Los tipos y familias de motores se diseñarán y se ajustarán a las estrategias de control de las emisiones de manera que se impida la manipulación en la medida de lo posible. A tal fin, serán de aplicación los puntos 3 y 4 del anexo 9, así como el apéndice A.3 del anexo 9.

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

5.6.1. Requisitos generales

El presente punto será de aplicación para los motores con control electrónico de las categorías NRE y NRG que cumplan los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad y el momento de inyección del combustible o para activar, desactivar o modular el sistema de control de emisiones utilizado para reducir los NOx.

Este punto establece los requisitos técnicos relativos al área asociada al NRSC pertinente, dentro de la cual se controla la cuantía en la que se permite que tales emisiones superen los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento.

Cuando se somete a ensayo un motor con arreglo a los requisitos del punto 5.6.4, las emisiones de gases y partículas contaminantes muestreadas en cualquier punto seleccionado aleatoriamente dentro del área de control aplicable establecida en el punto 5.6.2 no excederán de los valores límite de emisiones aplicables del apéndice 2 del presente Reglamento multiplicados por un factor de 2,0.

En el punto 5.6.3 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 del presente punto 5.6.1.

El fabricante podrá solicitar que el servicio técnico excluya los puntos de funcionamiento de cualquier área de control establecida en el punto 5.6.2 durante la demostración contemplada en el punto 5.6.3. El servicio técnico podrá acceder a la exclusión solicitada si el fabricante es capaz de demostrar que el motor nunca puede funcionar en esos puntos cuando se utiliza en cualquier combinación de máquinas móviles no de carretera o de vehículos de la categoría T.

En las instrucciones de instalación facilitadas por el fabricante al OEM de conformidad con el apéndice 5 del presente Reglamento 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.

5.6.2. Zona de control del motor

El área de control aplicable para realizar el ensayo del motor será el área identificada en el presente punto que corresponda al NRSC aplicable al motor que está siendo objeto de ensayo.

5.6.2.1. 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.

5.6.2.1.1. Motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima ≥ 19 kW y motores de régimen variable de la categoría NRG

El área de control (véase la figura 1) se define de la manera siguiente:

límite de par superior: curva de par con carga plena;

intervalo de regímenes del motor: del régimen A a n_{hi};

donde:

régimen A = $n_{lo} + 0{,}15 \times (n_{hi} - n_{lo})$;

n_{hi} = régimen alto (véase el punto 2.1.43);

n_{lo} = régimen bajo (véase el punto 2.1.50).

Se excluirán del ensayo las siguientes condiciones de funcionamiento del motor:

a) los puntos por debajo de un 30 % del par máximo;

b) los puntos por debajo de un 30 % de la potencia neta máxima.

Si el régimen A medido presenta una desviación no superior a ± 3 % del régimen del motor declarado por el fabricante, se utilizarán los regímenes del motor declarados. Si se rebasa el margen de tolerancia en cualquiera de los regímenes del ensayo, se utilizarán los regímenes medidos.

Los puntos de ensayo intermedios dentro del área de control se determinarán de la manera siguiente:

% par = porcentaje del par máximo;

$$\%speed = \frac{\left(n - n_{idle}\right)}{\left(n_{100\%} - n_{idle}\right)} \cdot 100$$

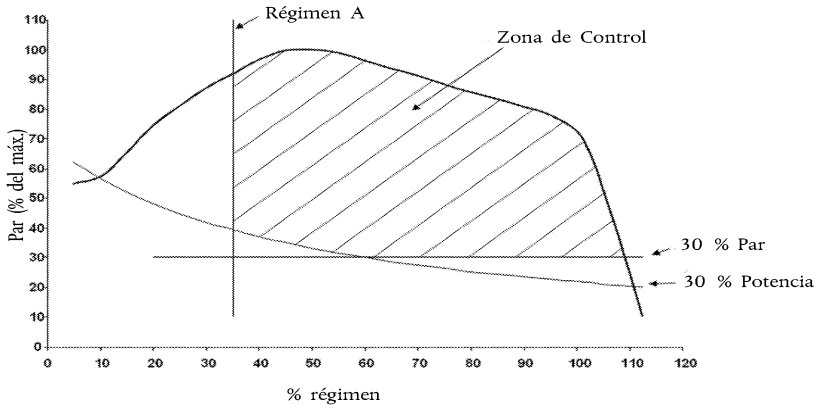
donde:

$n_{100\%}$ es el 100 % del régimen del ciclo de ensayo correspondiente;

n_{idle} es el régimen de ralentí.

Figura 1

Área de control de los motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima ≥ 19 kW y motores de régimen variable de la categoría NRG



5.6.2.1.2. Motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima < 19 kW

Se aplicará el área de control especificada en el punto 5.6.2.1.1, pero con la exclusión adicional de las condiciones de funcionamiento del motor que figuran en el presente punto y se ilustran en las figuras 2 y 3:

a) en el caso únicamente de las 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) en el caso únicamente de las partículas, si el régimen C se sitúa en 2400 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 2400 r/min y del 70 % de la potencia neta máxima al régimen alto.

donde:

régimen B = $n_{lo} + 0{,}5 \times (n_{hi} - n_{lo})$;

régimen C = $n_{lo} + 0{,}75 \times (n_{hi} - n_{lo})$.

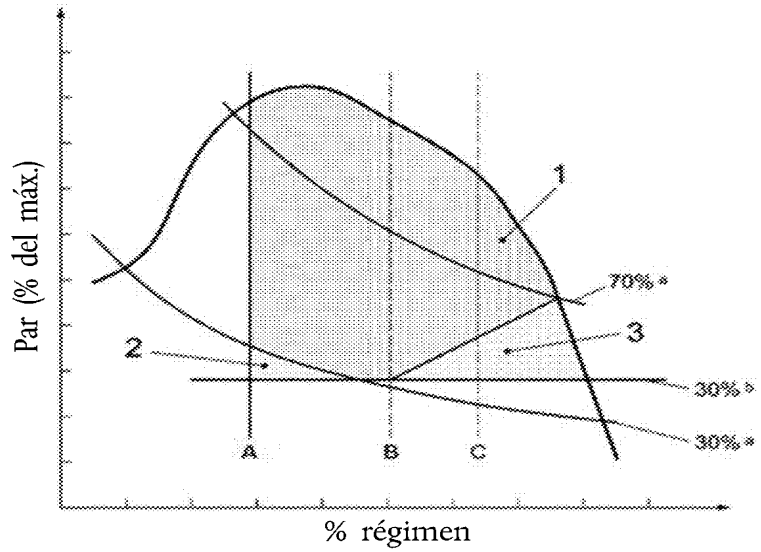
n_{hi} = régimen alto (véase el punto 2.1.43);

n_{lo} = régimen bajo (véase el punto 2.1.50).

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 rebasa el margen de tolerancia en cualquiera de los regímenes del ensayo, se utilizarán los regímenes medidos.

Figura 2

Área de control de los motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima < 19 kW y un régimen C < 2400 rpm



Leyenda

1 Área de control del motor

2 Exclusión de todas las emisiones

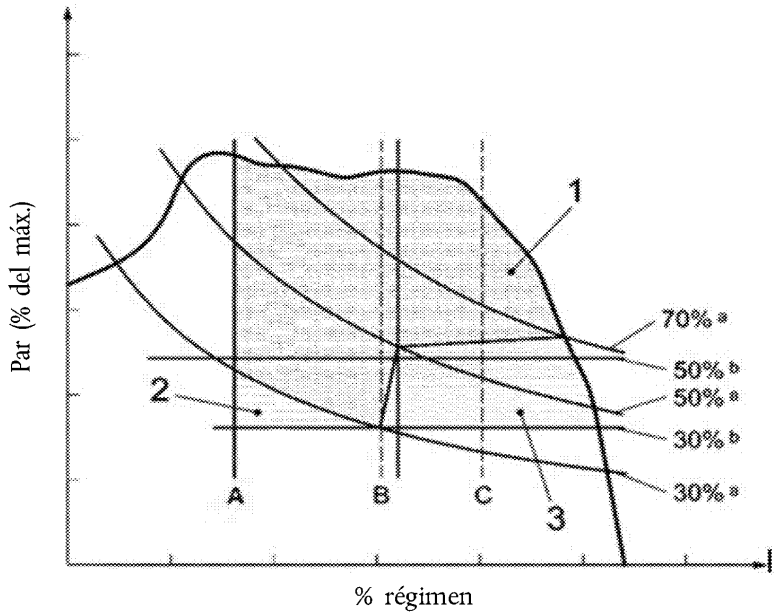
3 Exclusión de PM

a porcentaje de la potencia neta máxima

b porcentaje del par máximo

Figura 3

Área de control de los motores de régimen variable de la categoría NRE con potencia neta máxima < 19 kW y un régimen C ≥ 2400 rpm



Leyenda

1 Área de control del motor

2 Exclusión de todas las emisiones

3 Exclusión de PM

a porcentaje de la potencia neta máxima

b porcentaje del par máximo

5.6.2.2. Área de control de los motores sometidos a ensayo en los ciclos D2 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 del motor:100 %

intervalo del par:50 % al par correspondiente a la potencia máxima.

5.6.3. 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 5.6.2.1, se seleccionarán hasta tres puntos. En el caso de los motores contemplados en el punto 5.6.2.2, se seleccionará un punto. El servicio técnico también determinará un orden aleatorio de realización de los puntos del ensayo. El ensayo se realizará conforme a los requisitos principales del NRSC, pero cada punto del ensayo se evaluará por separado.

5.6.3.1. Para las selecciones aleatorias del punto 5.6.3, se utilizarán métodos estadísticos de aleatorización reconocidos.

5.6.4. Requisitos de ensayo

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 4, 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 4, pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo de la letra e), según corresponda;

b) los ensayos se realizarán conforme a los requisitos de las letras b) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo 4, 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 el punto 3;

c) se calculará un valor de emisiones específico (en g/kWh o n.º/kWh, según proceda) para cada punto de ensayo;

d) los valores de las emisiones podrán calcularse sobre una base másica, con arreglo al apéndice A.1 del anexo 5, o sobre una base molar, con arreglo al apéndice A.2 de ese mismo anexo, pero en coherencia con el método utilizado para el ensayo NRSC o RMC en modo discreto;

e) para los cálculos de la suma de gases y PN, en su caso, N_{mode} en las ecuaciones (A.5-64) o (A.5-136) y (A.5-180) se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1;

f) para los cálculos de partículas, se utilizará el método de filtros múltiples; para los cálculos de la suma, N_{mode} en la ecuación (A.5-67) se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1.

5.6.5. Regeneración

En caso de que un evento de regeneración ocurra durante el procedimiento que figura en el punto 5.6.4 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:

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 postratamiento de partículas;

b) el procedimiento de calentamiento del motor se ejecutará de conformidad con el punto 7.8.1.1 del anexo 4;

c) el procedimiento de ensayo que figura en el punto 5.6.4 se repetirá a partir de la letra b) del mismo.

5.7. Verificación de las emisiones de gases del cárter

5.7.1. Los motores podrán liberar las emisiones del cárter en el escape antes de cualquier dispositivo de postratamiento durante todas las fases de funcionamiento.

5.7.2. Las emisiones del cárter emitidas directamente a la atmósfera ambiente se añadirán a las emisiones de escape durante todos los ensayos de emisiones. A tal fin, el fabricante instalará los motores de forma que todas las emisiones del cárter puedan ser encaminadas al sistema de muestreo de emisiones, de acuerdo con los requisitos establecidos en el punto 6.10 del anexo 4 del presente Reglamento.

6. INSTALACIÓN EN EL VEHÍCULO

6.1. Información e instrucciones destinadas a los OEM y a los usuarios finales

6.1.1. Un fabricante no podrá proporcionar a los OEM ni a los usuarios finales ninguna información técnica relacionada con los datos establecidos en el presente Reglamento que se desvíe de los datos homologados por la autoridad de homologación de tipo.

6.1.2. El fabricante proporcionará a los OEM toda la información pertinente y las instrucciones necesarias para la correcta instalación de un motor en las máquinas móviles no de carretera o en los vehículos de la categoría T, incluida una descripción de las posibles condiciones especiales o restricciones asociadas a la instalación o al uso del motor.

6.1.3. Los fabricantes pondrán a disposición de los OEM toda la información pertinente y las instrucciones necesarias destinadas al usuario final, incluida una descripción de las condiciones especiales o las restricciones asociadas al uso del motor.

6.1.4. Los fabricantes pondrán a disposición de los OEM el valor de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) determinado durante el proceso de homologación de tipo de un motor e indicarán a los OEM que comuniquen dicha información, junto con información explicativa sobre las condiciones de ensayo, a los usuarios finales de las máquinas móviles no de carretera o de los vehículos de la categoría T en los que vaya a instalarse el motor.

6.1.5. Los detalles de la información pertinente y las instrucciones destinadas a los OEM se establecen en el apéndice 5 del presente Reglamento.

6.2. Obligaciones de los OEM en relación con la instalación de los motores

6.2.1. Los OEM instalarán motores homologados en máquinas móviles no de carretera de conformidad con las instrucciones proporcionadas por el fabricante con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.1.2 y de una manera que no afecte negativamente al rendimiento del motor con respecto a sus emisiones de gases y partículas contaminantes.

6.2.2. En caso de que un OEM no siga las instrucciones previstas en el punto 6.2.1 del presente artículo o modifique un motor durante su instalación en máquinas móviles no de carretera o en vehículos de la categoría T de manera que afecte negativamente al rendimiento del motor con respecto a sus emisiones de gases y partículas contaminantes, dicho OEM será considerado fabricante a los efectos del presente Reglamento y, en particular, estará sujeto a las obligaciones establecidas en los puntos 5, 7, 8 y 9.

6.2.3. Los OEM solo instalarán los motores con homologación de tipo en máquinas móviles no de carretera y en vehículos de las categoría T de conformidad con los tipos de uso exclusivo previstos para las categorías de motor que se establecen en el punto 1.1.

6.2.4. En caso de que la marca de homologación del motor prevista en el anexo 3 no sea visible sin retirar algunas de las partes, el OEM fijará de manera visible, en la máquina móvil no de carretera o en el vehículo de la categoría T, un duplicado de la marca tal como se contempla en dicho anexo y en el acto de ejecución pertinente, proporcionado por el fabricante.

6.2.5. Los detalles de la información pertinente y las instrucciones destinadas a los usuarios finales se establecen en el apéndice 6 del presente Reglamento.

7. FAMILIAS DE MOTORES Y TIPOS DE MOTORES

7.1. Parámetros que definen la familia de motores

La familia de motores, determinada por el fabricante de motores, deberá ajustarse a los criterios establecidos en el anexo 10.

7.2. Elección del motor de referencia

El motor de referencia de la familia se seleccionará con arreglo a los requisitos del anexo 10.

7.3. Parámetros que definen un tipo de motor

Las características técnicas de un tipo de motor serán las que se definen en su ficha de características redactada de conformidad con el modelo que figura en el apéndice A.3 del anexo 1.

8. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

8.1. Todo motor que lleve una marca de homologación tal como establece el presente Reglamento se fabricará de manera que sea conforme al tipo homologado por lo que respecta a la descripción que figura en el formulario de homologación y sus anexos. Los procedimientos de conformidad de la producción cumplirán los requisitos siguientes, que incluyen los establecidos en el Acuerdo, anexo 1 (E/ECE/TRANS/505/Rev.3):

8.2. Definiciones

A los efectos del presente punto se aplicarán las siguientes definiciones:

8.2.1. «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.

8.2.2. «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.

8.2.3. «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.

8.3. Objetivo

8.3.1. 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.

8.3.2. 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 el punto 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 el punto 4.

8.4. Evaluación inicial

8.4.1. Antes de conceder una homologación de tipo, la autoridad de homologación de tipo 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.

8.4.2. 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.

8.4.3. La autoridad de homologación de tipo aceptará la evaluación inicial y las disposiciones de conformidad del producto contempladas en el punto 8.5, tomando en consideración, según sea necesario, una de las disposiciones descritas en los puntos 8.4.3.1 a 8.4.3.3 o una combinación de todas o de parte de ellas, según proceda.

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

8.4.3.1.1. Al plantearse el alcance de la evaluación inicial que se va a llevar a cabo, la autoridad de homologación de tipo podrá tener en cuenta la información disponible en relación con la certificación del fabricante que no haya sido aceptada con arreglo al punto 8.4.3.3.

8.4.3.2. También podrá llevar a cabo la evaluación inicial y la verificación de las disposiciones de conformidad del producto la autoridad de homologación de tipo de otra Parte Contratante o el organismo designado por la autoridad de homologación de tipo con este fin.

8.4.3.2.1. En tal caso, la autoridad de homologación de tipo de la otra Parte Contratante 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.

8.4.3.2.2. La autoridad de homologación de tipo de una Parte Contratante, tras recibir la solicitud de declaración de conformidad de la autoridad de homologación de tipo de otra Parte Contratante, enviará de inmediato tal declaración o comunicará que no puede proporcionarla.

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

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

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

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

8.4.3.2.3.4. tipos/familias de motores incluidos;

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

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

8.4.3.2.3.7. fecha de la evaluación (p. ej.: auditoría celebrada entre el 18 y el 30 de mayo de 2018);

8.4.3.2.3.8. visita de supervisión planificada (p. ej.: octubre de 2020).

8.4.3.3. La autoridad de homologación de tipo deberá aceptar también una certificación del fabricante expedida de acuerdo con la norma armonizada EN ISO 9001:2008 u otra equivalente como documento conforme con los requisitos de evaluación inicial del punto 8.4. El fabricante proporcionará detalles de la certificación e informará a la autoridad de homologación de tipo de cualquier revisión de su validez o alcance.

8.5. Disposiciones de conformidad del producto

8.5.1. Todo motor homologado de tipo con arreglo al presente Reglamento estará fabricado de manera que sea conforme con el tipo o la familia de motores homologado mediante el cumplimiento de los requisitos del presente punto.

8.5.2. Antes de conceder una homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento, la autoridad de homologación de tipo 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 punto 5 del presente Reglamento.

8.5.3. El titular de la homologación de tipo deberá:

8.5.3.1. 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;

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

8.5.3.3. garantizar el registro de los datos resultantes del ensayo o la comprobación y la disponibilidad de los documentos anexos durante un período de hasta 10 años que se determinará de acuerdo con la autoridad de homologación de tipo;

8.5.3.4. 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 presente Reglamento; en relación con otras categorías, el fabricante y la autoridad de homologación de tipo podrán acordar la realización de ensayos a nivel de componentes o conjuntos de componentes con los criterios adecuados;

8.5.3.5. 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;

8.5.3.6. 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.

8.5.4. Si se considera que los resultados de la nueva auditoría o comprobación mencionada en el punto 8.5.3.6 no son satisfactorios para la autoridad de homologación de tipo, el fabricante se asegurará de que la conformidad de la producción se restablezca lo antes posible, mediante acciones correctoras que la autoridad de homologación de tipo considere satisfactorias.

8.6. Disposiciones de verificación permanentes

8.6.1. La autoridad que haya concedido la homologación de tipo podrá verificar en cualquier momento, mediante auditorías periódicas, los métodos de control de la conformidad de la producción aplicados en cada planta 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.

8.6.1.1. El planteamiento normal de estas auditorías consistirá en supervisar la eficacia permanente de los procedimientos establecidos en los puntos 8.4 y 8.5 (Evaluación inicial y Disposiciones de conformidad del producto).

8.6.1.1.1. Se considerará que las actividades de vigilancia llevadas a cabo por los servicios técnicos satisfacen los requisitos del punto 8.6.1.1 por lo que respecta a los procedimientos de la evaluación inicial.

8.6.1.1.2. La frecuencia mínima de las verificaciones (distintas de las del punto 8.6.1.1.1) destinadas a garantizar que los controles de la conformidad de la producción pertinentes aplicados de conformidad con los puntos 8.4 y 8.5 se revisan tras un período coherente con el clima de confianza establecido por la autoridad de homologación de tipo será de una vez cada dos años. No obstante, la autoridad de homologación de tipo 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 de tipo o de cualquier autoridad de vigilancia del mercado.

8.6.2. 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 8.5.2.

8.6.3. 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.

8.6.4. Cuando el nivel de control no sea satisfactorio o cuando se considere necesario verificar la validez de los ensayos realizados en aplicación del punto 8.6.2, o en respuesta a una petición motivada de otra autoridad de homologación de tipo, 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 el punto 8.7 del presente Reglamento.

8.6.5. Cuando, durante una inspección o una revisión de supervisión, la autoridad de homologación de tipo que concedió la homologación de tipo encuentre resultados no satisfactorios, esta autoridad se asegurará de que se tomen todas las medidas necesarias para restablecer la conformidad de la producción lo antes posible. Dichas medidas podrán incluir la retirada de la homologación de tipo si las acciones correctoras adoptadas por el fabricante son insuficientes.

8.6.6. Cuando una autoridad de homologación de tipo halle resultados no satisfactorios en otra Parte Contratante, podrá pedir a la autoridad de homologación de tipo que concedió la homologación de tipo que verifique si los motores en fabricación siguen siendo conformes con el tipo o la familia de motores homologado. Cuando la autoridad que concedió la homologación de tipo reciba una solicitud de ese tipo, tomará las acciones descritas en el punto 8.6.5.

8.7. 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 8.6

8.7.1. Cuando el nivel de control de la conformidad de la producción no sea satisfactorio, según se describe en los puntos 8.6.4, 8.6.5 u 8.6.6, la conformidad de la producción se comprobará por medio de ensayos de emisiones sobre la base de la descripción presente en la comunicación de la homologación.

8.7.2. Salvo disposición en contrario del punto 8.7.3, se aplicará el procedimiento siguiente:

8.7.2.1. 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.

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

8.7.2.3. Los motores se someterán a un ensayo de emisiones de conformidad con el anexo 4 o, en el caso de los motores de combustible dual, de conformidad con el anexo 7, y a los ciclos de ensayo pertinentes para el tipo de motor de conformidad con el apéndice A.6 del anexo 4.

8.7.2.4. Los valores límite serán los que figuran en el apéndice 2 del presente Reglamento. Cuando la regeneración de un motor con postratamiento sea infrecuente con arreglo al punto 6.6.2 del anexo 4, los resultados de las emisiones contaminantes de gases o partículas se ajustarán por medio del factor aplicable al tipo o familia de motores. 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 o familia de motores en cuestión que hayan sido determinados de conformidad con el punto 5 del presente Reglamento.

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

8.7.2.5.1. 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 125 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 la ficha de características a la que se hace referencia en el anexo 1, el rodaje se llevará a cabo mediante dicho procedimiento.

8.7.2.6. Sobre la base de los ensayos por muestreo del motor, con arreglo al apéndice 7 del presente Reglamento, 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 7 del presente Reglamento, y según se muestra en la figura 4.

8.7.2.7. 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.

8.7.2.8. 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.

8.7.3. No obstante lo dispuesto en el punto 8.7.2.1, en relación con los tipos de motor con un volumen total de ventas inferior a 100 unidades anuales:

8.7.3.1. 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.

8.7.3.2. Si el motor cumple los requisitos que figuran en el punto 8.7.2.4, se habrá llegado a una decisión de aceptación y no será necesario realizar ningún otro ensayo.

8.7.3.3. Si el ensayo no cumple los requisitos que figuran en el punto 8.7.2.4, se seguirá el procedimiento de los puntos 8.7.2.6 a 8.7.2.8.

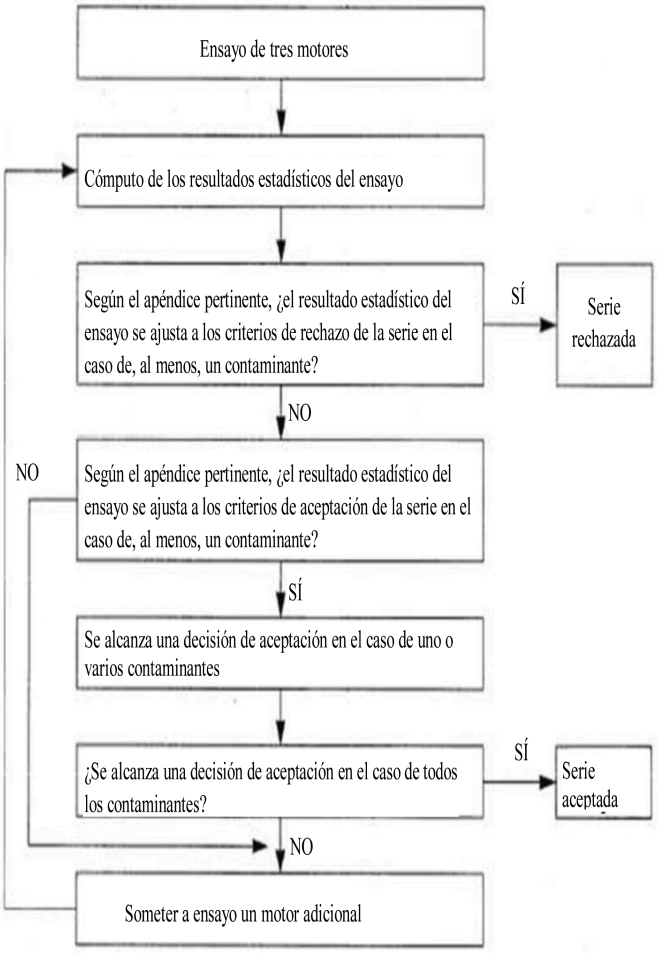
8.7.4. Todos estos ensayos podrán llevarse a cabo con los combustibles comerciales aplicables. No obstante, a petición del fabricante, deberán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el apéndice 5 del presente Reglamento. En el caso de los motores alimentados con combustible gaseoso, ello implica la realización de ensayos 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, en cuyo caso solo se requiere un combustible de referencia, según se describe en el apéndice 4 del presente Reglamento. Cuando se utiliza más de un combustible de referencia gaseoso, los resultados deberán demostrar que el motor cumple los valores límite con cada combustible.

8.7.5. 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 A.3.2.3.1.1.1, A.3.2.3.2.1 y A.3.2.4.1.2 del apéndice 4 del presente Reglamento, 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», «ra»o «rb», tal como se describe en los puntos A.3.2.3.3, A.3.2.3.4.1 y A.3.2.4.1.3 del apéndice 4 del presente Reglamento. Si r, ra o rb son inferiores a 1, no se realizará ninguna corrección. 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 4

Esquema del ensayo de conformidad de la producción



9. SANCIONES POR NO CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

9.1. La homologación concedida para un tipo o una familia de motores con arreglo al presente Reglamento podrá retirarse si no se cumplen los requisitos establecidos en el punto 5 anterior o si los motores elegidos no superan los ensayos que se establecen en el punto 8.

9.2. Si una Parte Contratante del Acuerdo que aplique el presente Reglamento retira una homologación que había concedido previamente, informará de ello inmediatamente a las demás partes contratantes que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo que figura en el anexo 2 del presente Reglamento.

10. MODIFICACIONES Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DEL TIPO HOMOLOGADO

10.1. El fabricante deberá informar sin dilación a la autoridad de homologación de tipo que haya concedido la homologación de tipo sobre cualquier cambio en los datos registrados en el expediente de homologación. En caso producirse tal cambio, dicha autoridad de homologación de tipo decidirá cuál de los procedimientos establecidos en el punto 10.2 debe seguirse. Cuando sea necesario, la autoridad de homologación de tipo podrá decidir, previa consulta al fabricante, que procede conceder una nueva homologación de tipo.

10.1.1. La solicitud de modificación de una homologación de tipo solo podrá presentarse a la autoridad de homologación de tipo que concedió la homologación de tipo original.

10.1.2. Cuando la autoridad de homologación de tipo considere que, para llevar a cabo una modificación, se precisa repetir las inspecciones o los ensayos, lo comunicará al fabricante. Los procedimientos establecidos en el punto 10.2 se aplicarán únicamente si, en función de esas inspecciones o ensayos, la autoridad de homologación de tipo llega a la conclusión de que siguen cumpliéndose los requisitos para la homologación de tipo.

10.2. Cuando se produzcan cambios en los datos registrados en el expediente de homologación, sin que sea necesario repetir inspecciones o ensayos, esa modificación se denominará «revisión».

En caso de producirse tal revisión, la autoridad de homologación de tipo deberá revisar, sin dilación injustificada, las páginas correspondientes del expediente de homologación, según se precise, señalando claramente en cada página revisada qué tipo de modificación se ha producido y en qué fecha se produjo la revisión, incluyendo el índice revisado en el expediente de homologación. Se considerará cumplido el requisito del presente punto mediante una versión consolidada y actualizada del expediente de homologación, que lleve adjunta una descripción detallada de las modificaciones.

10.2.1. Una modificación tal como se contempla en el punto 10.2 se calificará de «extensión»cuando haya habido cambios en los datos registrados en el expediente de homologación y se produzca alguna de las situaciones siguientes:

a) deben realizarse nuevas inspecciones o nuevos ensayos;

b) ha cambiado cualquier información incluida en la comunicación, a excepción de sus documentos adjuntos;

c) un nuevo requisito establecido en el presente Reglamento pasa a ser aplicable al tipo o familia de motores homologado.

10.2.2. En caso de una extensión, la autoridad de homologación de tipo expedirá una comunicación actualizada e identificada por un número de extensión, que irá incrementándose a medida que aumente el número de extensiones sucesivas que ya se hayan concedido. La comunicación indicará claramente el motivo y la fecha de la extensión. La autoridad de homologación de tipo informará de la extensión concedida a las demás Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento.

10.2.3. Siempre que páginas del expediente de homologación hayan sido modificadas o se haya establecido una versión consolidada y actualizada, se modificará en consonancia el índice del expediente de homologación adjunto a la comunicación, de forma que conste la fecha de la extensión o revisión más reciente o la fecha de la consolidación más reciente de la versión actualizada.

10.2.4. No se exigirá ninguna modificación de la homologación de tipo de un tipo o una familia de motores cuando un nuevo requisito mencionado en el punto 10.2.1, letra c), sea, desde el punto de vista técnico, irrelevante para el tipo o la familia de motores en cuanto a su comportamiento de emisiones.

10.3. En caso de una revisión de una homologación de tipo, la autoridad de homologación de tipo expedirá al solicitante, sin dilación injustificada, los documentos revisados o la versión consolidada y actualizada, según corresponda, incluido el índice revisado del expediente de homologación contemplado en el punto 10.2, párrafo segundo.

10.4. En caso de una extensión de una homologación de tipo, la autoridad de homologación de tipo expedirá al solicitante, sin dilación injustificada, la comunicación actualizada contemplada en el punto 10.2.2, incluidos sus anexos, y el índice del expediente de homologación.

11. EL CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

Cuando el titular de una homologación cese completamente de fabricar un tipo o familia homologado con arreglo al presente Reglamento, informará de ello a la autoridad que haya concedido la homologación. Una vez recibida la comunicación pertinente, dicha autoridad informará al respecto a las demás Partes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2 del presente Reglamento.

12. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

12.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 05 de enmiendas, ninguna Parte Contratante que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de la homologación con arreglo al presente Reglamento modificado por la serie 05 de enmiendas.

12.2. A partir de las fechas relativas a la homologación de tipo indicadas en los cuadros 22 a 27, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán denegar la concesión de homologaciones de tipo a los tipos de motor o de familias de motores de las categorías indicadas en el punto 1 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie 05 de enmiendas.

12.3. A partir de las fechas relativas a la comercialización indicadas en los cuadros 23 a 28, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán denegar la introducción en el mercado de tipos de motor o de familias de motores de las categorías indicadas en el punto 1 que no hayan recibido la homologación con arreglo al presente Reglamento en su versión modificada por la serie 05 de enmiendas.

12.4. Las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán seguir concediendo homologaciones a aquellos motores que cumplan cualquier conjunto anterior de requisitos, o cualquier nivel del presente Reglamento, siempre y cuando dichos motores o vehículos estén destinados a la exportación a países que apliquen los requisitos correspondientes en su legislación nacional. Las marcas de dichos motores mantendrán el formato definido en la serie de enmiendas pertinente del presente Reglamento de las Naciones Unidas.

12.5. Sin perjuicio de lo dispuesto en el punto 12.4, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán seguir concediendo homologaciones a aquellos motores que cumplan los requisitos del presente Reglamento modificado por cualquier serie anterior de enmiendas, o cualquier nivel del presente Reglamento, siempre y cuando dichos motores estén destinados a sustituir a un motor existente con un nivel de emisiones igual o menos estricto instalado en un vehículo en circulación.

Cuadro 1

Fechas de aplicación del presente Reglamento a la categoría de motores NRE

Categoría	Tipo de encendido	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Homologación de tipo de motores	Introducción en el mercado de los motores y vehículos
NRE	EC	0<P<8	NRE-v-1 NRE-c-1	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018
	EC	8≤P<19	NRE-v-2 NRE-c-2		
	EC	19≤P<37	NRE-v-3 NRE-c-3	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018
		37≤P<56	NRE-v-4 NRE-c-4		
	todos	56≤P<130	NRE-v-5 NRE-c-5	29 de diciembre de 2018	1 de enero de 2020
		130≤P≤560	NRE-v-6 NRE-c-6	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018
		P>560	NRE-v-7 NRE-c-7	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018

Cuadro 2

Fechas de aplicación del presente Reglamento a la categoría de motores NRG

Categoría	Tipo de encendido	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Homologación de tipo de motores	Introducción en el mercado de los motores y vehículos
NRG	todos	P>560	NRG-v-1 NRG-c-1	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018

Cuadro 3

Fechas de aplicación del presente Reglamento a la categoría de motores NRSh

Categoría	Tipo de encendido	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Homologación de tipo de motores	Introducción en el mercado de los motores y vehículos
NRSh	SI	0<P<19	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018

Cuadro 4

Fechas de aplicación del presente Reglamento a la categoría de motores NRS

Categoría	Tipo de encendido	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Homologación de tipo de motores	Introducción en el mercado de los motores y vehículos
NRS	SI	0<P<56	NRS-vr-1a NRS-vi-1a NRS-vr-1b NRS-vi-1b NRS-v-2a NRS-v-2b NRS-v-3	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018

Cuadro 5

Fechas de aplicación del presente Reglamento a la categoría de motores SMB

Categoría	Tipo de encendido	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Homologación de tipo de motores	Introducción en el mercado de los motores y vehículos
SMB	SI	P>0	SMB-v-1	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018

Cuadro 6

Fechas de aplicación del presente Reglamento a la categoría de motores ATS

Categoría	Tipo de encendido	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Homologación de tipo de motores	Introducción en el mercado de los motores y vehículos
ATS	SI	P>0	ATS-v-1	29 de diciembre de 2018	29 de diciembre de 2018

13. NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE REALIZAR LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LOS AUTORIDADES DE HOMOLOGACIÓN

Las Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento comunicarán a la Secretaría General de las Naciones Unidas los nombres y las direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de los autoridades de homologación que conceden la homologación y a los cuales deben remitirse los formularios de certificación de la concesión, extensión denegación o retirada de la homologación expedidos en otros países.

APÉNDICE 1

DEFINICIÓN DE LAS SUBCATEGORÍAS DE MOTORES MENCIONADAS EN EL PUNTO 1

Cuadro 7

Subcategorías de la categoría de motores NRE definida en el punto 1.1.1

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Potencia de referencia
NRE	Encendido por compresión (EC);	Variable	0 < P < 8	NRE-v-1	Potencia neta máxima
	EC		8 ≤ P < 19	NRE-v-2	
	EC		19 ≤ P < 37	NRE-v-3	
	EC		37 ≤ P < 56	NRE-v-4	
	todos		56 ≤ P < 130	NRE-v-5	
			130 ≤ P ≤ 560	NRE-v-6	
			P > 560	NRE-v-7	
	EC	constante	0 < P < 8	NRE-c-1	Potencia neta nominal
	EC		8 ≤ P < 19	NRE-c-2	
	EC		19 ≤ P < 37	NRE-c-3	
	EC		37 ≤ P < 56	NRE-c-4	
	todos		56 ≤ P < 130	NRE-c-5	
			130 ≤ P ≤ 560	NRE-c-6	
			P > 560	NRE-c-7	

Cuadro 8

Subcategorías de la categoría de motores NRG definida en el punto 1.1.2

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Potencia de referencia
NRG	todos	Variable	P > 560	NRG-v-1	Potencia neta máxima
		constante	P > 560	NRG-c-1	Potencia neta nominal

Cuadro 9

Subcategorías de la categoría de motores NRSh definida en el punto 1.1.3

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Cilindrada total (SV) (cm^3)	Subcategoría	Potencia de referencia
NRSh	SI	variable o constante	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	Potencia neta máxima
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

Cuadro 10

Subcategorías de la categoría de motores NRS definida en el punto 1.1.4

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Cilindrada total (SV) (cm^3)	Subcategoría	Potencia de referencia
NRS	SI	variable ≥ 3 600 rpm; o constante	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	Potencia neta máxima
				SV ≥ 225	NRS-vr-1b	
		Variable < 3 600 rpm		80 ≤ SV < 225	NRS-vi-1a	
				SV ≥ 225	NRS-vi-1b	
		variable o constante	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	Potencia neta máxima
				SV > 1 000	NRS-v-2b	
			30 ≤ P < 56	cualquiera	NRS-v-3	Potencia neta máxima

Para motores de < 19 kW y SV < 80 cm^3 en máquinas no portátiles, deben utilizarse motores de la categoría NRSh.

Cuadro 11

Subcategorías de la categoría de motores SMB definida en el punto 1.1.5

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Potencia de referencia
SMB	SI	variable o constante	P > 0	SMB-v-1	Potencia neta máxima

Cuadro 12

Subcategorías de la categoría de motores ATS definida en el punto 1.1.6

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	Potencia de referencia
ATS	SI	variable o constante	P > 0	ATS-v-1	Potencia neta máxima

APÉNDICE 2

LÍMITES DE EMISIONES DE EMISIONES DE ESCAPE DE LA FASE V

Cuadro 13

Límites de emisiones de la categoría de motores NRE definida en el punto 1.1.1

Subcategoría de motor	Intervalo de potencia	Tipo de encendido	CO	HC	NOx	Masa de PM	PN	A
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	n.º/kWh	
NRE-v-1 NRE-c-1	0 < P < 8	EC	8,00	($HC+NO_X \leq 7,50$)		0,40(1)	—	1,10
NRE-v-2 NRE-c-2	8 ≤ P < 19	EC	6,60	($HC+NO_X \leq 7,50$)		0,40	—	1,10
NRE-v-3 NRE-c-3	19 ≤ P < 37	EC	5,00	($HC+ NO_X \leq 4,70$)		0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-4 NRE-c-4	37 ≤ P < 56	EC	5,00	($HC+ NO_X \leq 4,70$)		0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-5 NRE-c-5	56 ≤ P < 130	todos	5,00	0,19	0,40	0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-6 NRE-c-6	130 ≤ P ≤ 560	todos	3,50	0,19	0,40	0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-7 NRE-c-7	P > 560	todos	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

(1) 0,60 para motores de inyección directa refrigerados por aire con arranque manual.

Cuadro 14

Límites de emisiones de la categoría de motores NRG definida en el punto 1.1.2

Subcategoría de motor	Intervalo de potencia	Tipo de encendido	CO	HC	NOx	Masa de PM	PN	A
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	n.º/kWh	
NRG-v-1 NRG-c-1	P>560	todos	3,50	0,19	0,67	0,035	—	6,00

Cuadro 15

Límites de emisiones de la categoría de motores NRSh definida en el punto 1.1.3

Subcategoría de motor	Intervalo de potencia	Tipo de encendido	CO	$HC + NO_X$
	kW		g/kWh	g/kWh
NRSh-v-1a	0 < P < 19	SI	805	50
NRSh-v-1b			603	72

Cuadro 16

Límites de emisiones de la categoría de motores NRS definida en el punto 1.1.4

Subcategoría de motor	Intervalo de potencia	Tipo de encendido	CO	$HC + NO_X$
	kW		g/kWh	g/kWh
NRS-vr-1a NRS-vi-1a	0 < P < 19	SI	610	10
NRS-vr-1b NRS-vi-1b			610	8
NRS-v-2a	19 ≤ P ≤ 30		610	8
NRS-v-2b NRS-v-3	19 ≤ P < 56		4,40(1)	2,70(1)

(1) Como opción alternativa, cualquier combinación de valores que cumpla la ecuación $(HC+NOx) \times CO^{0,784} \leq 8,57$ y las condiciones siguientes: CO ≤ 20,6 g/kWh y (HC+NOx) ≤ 2,7 g/kWh

Cuadro 17

Límites de emisiones de la categoría de motores SMB definida en el punto 1.1.5

Subcategoría de motor	Intervalo de potencia	Tipo de encendido	CO	NO_X	HC
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh
SMB-v-1	P > 0	SI	275	—	75

Cuadro 18

Límites de emisiones de la categoría de motores ATS definida en el punto 1.1.6

Subcategoría de motor	Intervalo de potencia	Tipo de encendido	CO	$HC + NO_X$
	kW		g/kWh	g/kWh
ATS-v-1	P > 0	SI	400	8

A.1.1. Disposiciones específicas en materia de límites de hidrocarburos (HC) totales para motores alimentados total o parcialmente con combustibles gaseosos

En el caso de las subcategorías en las que se define un factor A, el límite de HC para motores alimentados con combustibles total o parcialmente gaseosos indicado en los cuadros 13 y 14 se sustituye por un límite calculado mediante la siguiente fórmula:

$$HC = 0{,}19 + (1{,}5 \times A \times GER)$$

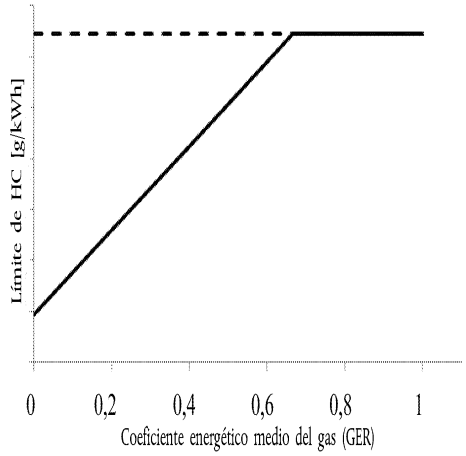
siendo GER el coeficiente energético medio del gas en el ciclo de ensayo apropiado.

Cuando se utilizan ciclos de ensayo de estado continuo y transitorio, el GER se determinará a partir del ciclo de ensayo transitorio con arranque en caliente. Cuando se utilizan varios ciclos de ensayo en estado continuo, el GER se determinará individualmente para cada uno de los ciclos.

Si el límite de HC calculado alcanza un valor superior a 0,19 + A, el límite de HC se fijará en 0,19 + A.

Figura 5

Diagrama del límite de emisiones de HC en función del coeficiente energético medio del gas (GER)



Para las subcategorías con un límite de HC y NOx combinado, el valor límite combinado para HC y NOx se reducirá en 0,19g/kWh y se aplicará solo a NOx.

Esta fórmula no se aplica a los motores alimentados con combustible no gaseoso.

APÉNDICE 3

PERÍODOS DE DURABILIDAD DE LAS EMISIONES (EDP)

Cuadro 19

EDP para motores de la categoría NRE

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	EDP (horas)
NRE	EC	Variable	0 < P < 8	NRE-v-1	3000
	EC		8 ≤ P < 19	NRE-v-2	
	EC		19 ≤ P < 37	NRE-v-3	5000
	EC		37 ≤ P <56	NRE-v-4	8000
	todos		56 ≤ P < 130	NRE-v-5	
			130 ≤ P ≤ 560	NRE-v-6	
			P > 560	NRE-v-7	
	EC	constante	0 < P <8	NRE-c-1	3000
	EC		8 ≤ P < 19	NRE-c-2	
	EC		19 ≤ P <37	NRE-c-3	
	EC		37 ≤P <56	NRE-c-4	8000
	todos		56 ≤ P < 130	NRE-c-5	
			130 ≤P ≤ 560	NRE-c-6	
			P > 560	NRE-c-7	

Cuadro 20

EDP para motores de la categoría NRG

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	EDP (horas)
NRG	todos	constante	P > 560	NRG-v-1	8000
		Variable		NRG-c-1	

Cuadro 21

EDP para motores de la categoría NRSh

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Cilindrada (SV) (cm^3)	Subcategoría	EDP (horas)
NRSh	SI	variable o constante	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	50/125/300 (1)
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

(1) Las horas del EDP corresponden a las categorías de EDP Cat 1/Cat 2/Cat 3 definidas en el cuadro A.8-2 del anexo 8 del presente Reglamento.

Cuadro 22

EDP para motores de la categoría NRS

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Cilindrada (SV) (cm^3)	Subcategoría	EDP (horas)
NRS	SI	Variable, nominal; o constante	0 < P < 19	80 ≤SV <225	NRS-vr-1a	125/250/500 (1)
		variable, intermedio			NRS-vi-1a	
		Variable, nominal; o constante		SV ≥ 225	NRS-vr-1b	250/500/1 000 (1)
		variable, intermedio			NRS-vi-1b	
		variable o constante	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	1000
				SV > 1000	NRS-v-2b	5000
			30 ≤ P < 56	cualquiera	NRS-v-3	5000

(1) Las horas del EDP corresponden a las categorías de EDP Cat 1/Cat 2/Cat 3 definidas en el cuadro A.8-2 del anexo 8 del presente Reglamento.

Cuadro 23

EDP para motores de la categoría SMB

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	EDP (horas)
SMB	SI	variable o constante	P > 0	SMB-v-1	400 (1)

(1) Como alternativa, se permite un período de durabilidad de las emisiones de 8 000 km.

Cuadro 24

EDP para motores de la categoría ATS

Categoría	Tipo de encendido	Régimen de funcionamiento	Intervalo de potencias (kW)	Subcategoría	EDP (horas)
ATS	SI	variable o constante	P > 0	ATS-v-1	500/1 000 (1)

(1) Las horas de EDP corresponden a las siguientes cilindradas totales del motor: < 100 cm^3/≥ 100 cm^3.

APÉNDICE 4

REQUISITOS RELATIVOS A CUALQUIER OTRO COMBUSTIBLE, MEZCLA DE COMBUSTIBLES O EMULSIÓN DE COMBUSTIBLES ESPECIFICADOS

A.4.1. Requisitos relativos a los motores alimentados con combustibles líquidos

A.4.1.1. A la hora de solicitar una homologación de tipo, los fabricantes pueden seleccionar una de las opciones siguientes en relación con la gama de combustibles del motor:

a) motor de combustible estándar, de conformidad con los requisitos del punto A.4.1.2; o bien

b) motor de combustible específico, de conformidad con los requisitos del punto A.4.1.3.

A.4.1.2. Requisitos para los motores de combustible estándar (diésel o gasolina)

Los motores de combustible estándar cumplirán los requisitos de los puntos A.4.1.2.1 a A.4.1.2.4.

A.4.1.2.1. El motor de referencia cumplirá los valores límite aplicables que figuran en el apéndice 2 del presente Reglamento y cumplirá los otros requisitos establecidos en el presente Reglamento cuando el motor funcione con los combustibles de referencia especificados en los puntos 1.1 o 2.1 del anexo 6.

A.4.1.2.2. En ausencia de una norma internacional para el gasóleo no de carretera, el combustible de referencia del diésel (gasóleo no de carretera) del anexo 6 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 (FAME) inferior o igual a 8,0 % v/v. Excepto en los casos en los que esté permitido con arreglo a los puntos A.4.1.2.2.1, A.4.1.2.3 y A.4.1.2.4, el fabricante hará una declaración destinada a los usuarios finales, de conformidad con los requisitos del apéndice 6 del presente Reglamento, 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 (p. ej., con respecto a la lubricidad).

A.4.1.2.2.1. El fabricante del motor no indicará en ningún momento que un tipo de motor o una familia de motores puede funcionar dentro del territorio de cualquier Parte Contratante con combustibles comerciales distintos de los que cumplen los requisitos del presente punto, a menos que él mismo cumpla, además, el requisito del punto A.4.1.2.3.

a) En el caso de la gasolina, 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 norma CEN EN 590:2013.

c) En el caso del diésel (gasóleo no de carretera), un contenido máximo admisible de azufre de 10 mg/kg 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.

A.4.1.2.3. Si el fabricante permite que los motores funcionen con combustibles comerciales adicionales distintos de los señalados en el punto A.4.1.2.2, como B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 o B30 (EN 16709:2015), o con combustibles, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles específicos, además de los requisitos del punto A.4.1.2.2.1 adoptará todas las medidas que figuran a continuación:

a) declarará, en la ficha de características establecida en el anexo 1A, 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 establecidos por cualquier Parte Contratante, en su caso, 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 A.4.1.2.2.1.

A.4.1.2.4. En el caso de los motores SI, la relación de la mezcla combustible/aceite deberá ser la recomendada por el fabricante en el apéndice 6 del presente Reglamento. El porcentaje de aceite en la mezcla combustible/lubricante se registrará en la ficha de características establecida en el anexo 1A.

A.4.1.3. 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 A.4.1.3.1 y A.4.1.3.2.

A.4.1.3.1. En el caso del ED 95, el motor de referencia cumplirá los requisitos del presente Reglamento, incluidos los valores límite aplicables que figuran en el apéndice 2 del mismo, cuando el motor funcione con el combustible de referencia especificado en el punto 1.2 del anexo 6.

A.4.1.3.2. En el caso del ED 85, el motor de referencia cumplirá los requisitos del presente Reglamento, incluidos los valores límite aplicables que figuran en el apéndice 2 del mismo, cuando el motor funcione con el combustible de referencia especificado en el punto 2.2 del anexo 6.

A.4.2. Requisitos para los motores alimentados con gas natural/biometano (GN) o con gas licuado de petróleo (GLP), incluidos los motores de combustible dual

A.4.2.1. A la hora de solicitar una homologación de tipo, los fabricantes pueden seleccionar una de las opciones siguientes en relación con la gama de combustibles del motor:

a) motor de combustible universal, de conformidad con los requisitos del punto A.4.2.3;

b) motor de combustible restringido, de conformidad con los requisitos del punto A.4.2.4;

c) motor de combustible específico, de conformidad con los requisitos del punto A.4.2.5.

A.4.2.2. Los cuadros en los que se resumen los requisitos para la homologación de tipo de los motores alimentados con gas natural/biometano, los motores alimentados con GLP y los motores de combustible dual figuran en el punto A.4.3.

A.4.2.3. Requisitos para los motores de combustible universal

A.4.2.3.1. En el caso de los motores alimentados con gas natural/biometano, incluidos los vehículos de combustible dual, el fabricante demostrará la capacidad de los motores de referencia para adaptarse a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. Tal demostración se llevará a cabo de conformidad con el presente punto A.4.2 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 7.

A.4.2.3.1.1. En el caso del gas natural comprimido/biometano (GNC), existen en general dos grupos de combustible, el de alto poder calorífico (clase H) y el de bajo poder calorífico (clase 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 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 6, o con los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice A.1 del anexo 6, 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.

A.4.2.3.1.1.1. A petición del fabricante, podrá realizarse 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, en el rango inferior del G_R) y 1,19 (es decir, en el rango 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.

A.4.2.3.1.2. En el caso del gas natural licuado/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 6, o con los combustibles equivalentes creados utilizando mezclas de gases de gasoducto con otros gases, especificados en el apéndice A.1 del anexo 6, 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.

A.4.2.3.2. En el caso de un motor alimentado con gas natural comprimido/biometano (GNC) que se autoadapta, por un lado, a los gases del grupo H y, por otro, a los gases del grupo L y que puede cambiarse de los gases del grupo H a los gases del grupo L mediante un conmutador, el ensayo del motor de referencia deberá efectuarse, en cada posición del conmutador, con el combustible de referencia correspondiente tal como se especifica en el anexo 6 para cada tipo de combustible. 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 A.1 del anexo 6. 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.

A.4.2.3.2.1. A petición del fabricante, podrá realizarse el ensayo del motor con un tercer combustible en lugar de G_{23} (combustible 3) si el factor de desplazamiento λS_λ se encuentra entre 0,89 (es decir, en el rango inferior del G_R) y 1,19 (es decir, en el rango 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.

A.4.2.3.3. En el caso de los motores de gas natural o biometano, la relación «r»de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado emisiones con combust. de ref. 2}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 1}}$$

o

$$r_a = \frac{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 2}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 3}}$$

y

$$r_b = \frac{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 1}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 3}}$$

A.4.2.3.4. En el caso del GLP, el fabricante debe demostrar que los motores de referencia pueden adaptarse a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado.

En el caso del GLP existen variaciones en la composición C3/C4. 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 6, 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.

A.4.2.3.4.1. La relación «r»de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado emisiones con combust.de ref. B}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. A}}$$

A.4.2.4. Requisitos para los motores de combustible restringido

Los motores de combustible restringido cumplirán los requisitos de los puntos A.4.2.4.1 a A.4.2.4.3.

A.4.2.4.1. Homologación de tipo de las emisiones de escape de un motor de GNC diseñado para funcionar con gases de la clase H o con gases de la clase L

A.4.2.4.1.1. El motor de referencia se someterá a ensayo con el combustible de referencia correspondiente especificado en el anexo 6 para el grupo 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 A.1 del anexo 6. 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.

A.4.2.3.2.1. A petición del fabricante, podrá realizarse el ensayo del motor con un tercer combustible en lugar de G_{23} (combustible 3) si el factor de desplazamiento λS_λ se encuentra entre 0,89 (es decir, en el rango inferior del G_R) y 1,19 (es decir, en el rango 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.

A.4.2.4.1.3. La relación «r»de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 2}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 1}}$$

o

$$r_a = \frac{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 2}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 3}}$$

y

$$r_b = \frac{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 1}}{\text{resultado emisiones con combust.de ref. 3}}$$

A.4.2.4.2. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural o GLP diseñado para funcionar con una composición de combustible específica

A.4.2.4.2.1. 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 A.2 del anexo 6, en el caso del GNL, o con los combustibles de referencia A y B, especificados en el anexo 6, 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).

A.4.2.4.2.2. En el caso del GNC, a petición del fabricante, el motor podrá ser sometido a ensayo 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 A.1 del anexo 6, en cuyo caso la homologación de tipo solo será válida para los gases del grupo H o los gases del grupo L, respectivamente.

A.4.2.5. Requisitos para los motores de combustible específico alimentados con gas natural licuado/biometano licuado (GNL)

Los motores de combustible específico alimentados con gas natural licuado/biometano licuado cumplirán los requisitos de los puntos A.4.2.5.1 a A.4.2.5.2.

A.4.2.5.1. Condiciones para solicitar la homologación de tipo para motores de combustible específico alimentados con gas natural licuado/biometano licuado (GNL)

A.4.2.5.1.1. El fabricante solo podrá solicitar una homologación de tipo para un combustible específico en el caso de que el motor se calibre para una composición de gas GNL específica que resulte en un factor de desplazamiento λ que no difiera en más del 3 % del factor de desplazamiento λ del combustible G_{20} especificado en el anexo 6 y cuyo contenido de etano no supere el 1,5 %.

A.4.2.5.1.2. En todos los demás casos, el fabricante solicitará una homologación de tipo para un combustible universal conforme a las especificaciones del punto A.4.2.1.3.2.

A.4.2.5.2. Requisitos de ensayo específicos en el caso de motores de combustible dual específico (GNL)

A.4.2.5.2.1. 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 6 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 A.1 del anexo 6.

A.4.2.6. Homologación de las emisiones de escape de un miembro de la familia

A.4.2.6.1. A excepción del caso mencionado en el punto A.4.2.6.2, la homologación de tipo 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 gama en relación con la cual se haya concedido la homologación de tipo al motor de referencia (en el caso de los motores descritos en el punto A.4.2.5) o para el mismo combustible en relación con el cual se haya concedido la homologación de tipo al motor de referencia (en el caso de los motores descritos en el punto A.4.2.3 o A.4.2.4).

A.4.2.6.2. Si el servicio técnico determina 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 punto 7 del presente Reglamento, podrá seleccionar y someter a ensayo un motor de ensayo de referencia alternativo y, si es necesario, un motor de ensayo de referencia adicional.

A.4.2.7. Requisitos adicionales para los motores de combustible dual

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

a) realizar los ensayos de conformidad con el cuadro 25;

b) además de los requisitos del punto A.4.2, demostrar que los motores de combustible dual se han sometido a los ensayos y cumplen los requisitos del anexo 7.

A.4.3. Recapitulativo del proceso de homologación de los motores alimentados con gas natural y GLP, incluidos los motores de combustible dual

A.4.3.1. En los cuadros 19 a 21 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 25

Homologación de tipo de los motores alimentados con gas natural

	Punto A.4.2.3: Requisitos para los motores de combustible universal	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»	Punto A.4.2.4: Requisitos para los motores de combustible restringido	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»
Remitirse al punto A.4.2.3.1. 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)	$r = \frac{combust.2\,(G_{25})}{combust.1\,(G_R)}$ y, si se somete a ensayo con un combustible adicional; $r_a = \frac{combust.2\,(G_{25})}{combust.3\,(comercial)}$ y $r_b = \frac{combust.1\,(G_R)}{combust.3\,(G_{23}\ o\ comercial)}$			
Remitirse al punto A.4.2.3.2. 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	$r_b = \frac{combust.1\,(G_R)}{combust.3\,(G_{23}\ o\ comerc.)}$ y $r_a = \frac{combust.2\,(G_{25})}{combust.3\,(G_{23}\ o\ comerc.)}$			

	Punto A.4.2.3: Requisitos para los motores de combustible universal	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»	Punto A.4.2.4: Requisitos para los motores de combustible restringido	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»
Remitirse al punto A.4. 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 L 2	$r_b = \frac{combust.1\ (G_R)}{combust.3\ (G\_23\ o\ comerc.)}$ para el grupo H o $r_a = \frac{combust.2\ (G_{25})}{combust.3\ (G\_23\ o\ comerc.)}$ para el grupo L
Remitirse al punto A.4.2.4.2. 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) and 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 26

Homologación de tipo de los motores alimentados con GLP

	Punto A.4.2.3: Requisitos para los motores de combustible universal	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»	Punto A.4.2.4: Requisitos para los motores de combustible restringido	Número de rondas de ensayo	Cálculo de «r»
Remitirse al punto A.4.2.3.4. Motor de GLP adaptable a cualquier composición de combustible	Combustible A y combustible B	2	$r = \frac{combust.B}{combust.A}$			
Remitirse al punto A.4.2.4.2. 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 27

Número mínimo de ensayos necesarios para la homologación de tipo 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)
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)

APÉNDICE 5

DETALLES DE LA INFORMACIÓN PERTINENTE E INSTRUCCIONES DESTINADAS A LOS OEM

A.5.1. Como exige el punto 6.1, 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 y en vehículos de la categoría T. Las instrucciones para este fin deberán estar claramente identificadas para el OEM.

A.5.2. Las instrucciones podrán facilitarse en papel o en un formato electrónico de uso común.

A.5.3. Si se suministran al mismo OEM varios motores que requieren las mismas instrucciones, solo será necesario facilitar un único conjunto de instrucciones.

A.5.4. La información y las instrucciones facilitadas al OEM incluirán como mínimo los siguientes elementos:

A.5.4.1. 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;

A.5.4.2. una descripción de todo tipo de condiciones o restricciones especiales vinculadas a la instalación o el uso del motor, como se indica en la comunicación establecida en el anexo 2;

A.5.4.3. 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;

A.5.4.4. en el caso de las familias de motores a las que se aplique el punto 5.6 del presente Reglamento, 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;

A.5.4.5. 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;

A.5.4.6. 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;

A.5.4.7. cuando proceda, información sobre la posible instalación de un sistema de reactivo no calentado;

A.5.4.8. Reservado

A.5.4.9. cuando proceda, una declaración en la que se indique que el OEM proporcionará un sistema de alerta establecido en los apéndices A.1 y A.2 del anexo 9;

A.5.4.10. cuando proceda, información sobre la interfaz entre el motor y las máquinas móviles no de carretera o los vehículos de la categoría T para el sistema de alerta del operador mencionado en el punto A.5.4.9;

A.5.4.11. cuando proceda, información sobre la interfaz entre el motor y las máquinas móviles no de carretera o los vehículos de la categoría T para el sistema de inducción del operador, como se establece en el anexo 9;

A.5.4.12. cuando proceda, información sobre cómo desactivar temporalmente la inducción del operador tal como se define en el anexo 9;

A.5.4.13. cuando proceda, información sobre la función de invalidación de la inducción tal como se define en el anexo 9;

A.5.4.14. 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 apéndice A.5 del anexo 7;

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 apéndice A.5 del anexo 7;

c) información sobre la interfaz entre el motor y las máquinas móviles no de carretera o los vehículos de la categoría T para el sistema de alerta y de indicación del operador mencionado en el punto 14), letras a) y b);

A.5.4.15. Reservado

A.5.4.16. en el caso de los motores de régimen constante equipados con regímenes alternativos establecidos en el punto 1.1.2.3 del anexo 10:

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;

A.5.4.17. en el caso de que el motor esté provisto de un régimen de ralentí para el arranque y la parada, 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.

A.5.5. 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 apéndice 6 del presente Reglamento.

A.5.6. 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 y registrado en la comunicación relativa al motor. El OEM proporcionará este valor a los usuarios finales junto con la siguiente declaración: «El presente valor de las emisiones 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 una vez instalado en un tipo de máquina móvil no de carretera o en un vehículo de la categoría T».

APÉNDICE 6

DETALLES DE LA INFORMACIÓN PERTINENTE E INSTRUCCIONES DESTINADAS A LOS USUARIOS FINALES

A.6.1. 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.

A.6.2. Las instrucciones para los usuarios finales:

A.6.2.1. 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 o vehículos de la categoría T;

A.6.2.2. podrán facilitarse en papel o, alternativamente, en un formato electrónico de uso habitual;

A.6.2.3. formarán parte de las instrucciones para los usuarios finales de máquinas no de carretera o de vehículos de la categoría T o, alternativamente, se facilitarán en un documento aparte;

A.6.2.3.1. cuando se faciliten por separado de las instrucciones para los usuarios finales de máquinas no de carretera o de vehículos de la categoría T, se facilitarán en la misma forma que estas últimas.

A.6.3. La información y las instrucciones para los usuarios finales incluirán como mínimo los siguientes elementos:

A.6.3.1. una descripción de todo tipo de condiciones o restricciones especiales vinculadas al uso del motor, como se indica en la comunicación de la homologación de tipo;

A.6.3.2. 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;

A.6.3.3. 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;

A.6.3.4. 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 A.6.3.5 y A.6.3.6;

A.6.3.5. 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;

A.6.3.6. explicaciones detalladas de los posibles casos de uso incorrecto de las máquinas móviles no de carretera o de los vehículos de la categoría T 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;

A.6.3.7. Reservado;

A.6.3.8. Reservado;

A.6.3.9. en el caso de las máquinas móviles no de carretera, o vehículos de la categoría T, con un sistema de alerta del operador, 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;

A.6.3.10. en el caso de las máquinas móviles no de carretera, o vehículos de la categoría T, con un sistema de inducción del operador, 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 o vehículo de la categoría T;

A.6.3.11. en el caso de las máquinas móviles no de carretera, o vehículos de la categoría T, con función de invalidación de la inducción para liberar toda la potencia del motor, debido a motivos de seguridad o para permitir los diagnósticos de autorreparación, información sobre el funcionamiento de esta función;

A.6.3.12. cuando proceda, explicaciones de cómo funcionan los sistemas de alerta e inducción del operador mencionados en los puntos A.6.3.9, A.6.3.10 y A.6.3.11, 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;

A.6.3.13. Reservado;

A.6.3.14. en el caso de las máquinas móviles no de carretera o vehículos de la categoría T en los que se pueda desactivar la inducción del operador, 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;

A.6.3.15. información sobre el combustible o los combustibles necesarios para mantener el rendimiento del sistema de control de emisiones;

a) en el caso de que el motor funcione 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) si hay otros combustibles, mezclas de combustibles o emulsiones de combustibles compatibles para su uso en el motor, según declara el fabricante y se indica en la comunicación de la homologación de tipo, estos deberán indicarse;

A.6.3.16. información sobre las especificaciones de los aceites lubricantes necesarias para mantener el rendimiento del sistema de control de emisiones;

A.6.3.17. 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 del motor;

A.6.3.18. 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 o vehículos de la categoría T;

A.6.3.19. 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 A.6.3.17 y A.6.3.18;

A.6.3.20. requisitos relativos al mantenimiento programado relacionado con las emisiones, incluida toda sustitución prevista de componentes esenciales relacionados con las emisiones;

A.6.3.21. en el caso de los motores de combustible dual:

a) cuando proceda, información sobre los indicadores de combustible dual;

b) si un motor de combustible dual tiene limitaciones de funcionamiento en modo de mantenimiento, 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 o del vehículo de la categoría T;

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.

A.6.4. 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 y registrado en el certificado de homologación de tipo, junto con la siguiente declaración: «El presente valor de las emisiones 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 una vez instalado en un tipo de máquina móvil no de carretera o en un vehículo de la categoría T».

APÉNDICE 7

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

A.7.1. En el presente apéndice se describe el procedimiento que se debe utilizar para verificar la conformidad de la producción de las emisiones de contaminantes.

A.7.2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configurará de forma que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 30 % de motores defectuosos sea de 0,90 (riesgo del fabricante = 10 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).

A.7.3. Se utiliza el siguiente procedimiento para cada uno de los contaminantes de las emisiones (véase la figura 4):

Siendo: n = el número de la muestra actual.

A.7.4. 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.

A.7.5. 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 28, 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 28, 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 8.7.2 y se aplica el procedimiento de cálculo a la muestra incrementada en una unidad más.

En el cuadro 28, el número de decisiones de aceptación y rechazo se calculará con arreglo a la norma internacional ISO 8422/1991.

Cuadro 28

Estadísticas del ensayo 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
10	3	7
11	3	7
12	4	8

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

ANEXO 1

MODELOS DEL EXPEDIENTE DEL FABRICANTE Y DE LA FICHA DE CARACTERÍSTICAS

1. EXPEDIENTE DEL FABRICANTE

El expediente del fabricante al que se refiere el punto 3 del presente Reglamento contendrá lo siguiente:

1.1. un índice de contenidos;

1.2. una declaración del fabricante sobre el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el presente Reglamento, de conformidad con el modelo que figura en el apéndice A.1 del presente anexo;

1.3. una declaración del fabricante sobre la conformidad del tipo de motor o de la familia de motores con los límites de emisiones de escape establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento en lo concerniente a los combustibles líquidos, las mezclas de combustibles o las emulsiones de combustibles especificados distintos de los establecidos en el punto A.3.1.2.2 del apéndice 4 del presente Reglamento;

1.4. en el caso de motores con control electrónico de las categorías NRE y NRG que cumplan los límites establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad y el momento de inyección del combustible, o que empleen el control electrónico para activar, desactivar o modular el sistema de control de emisiones utilizado para reducir los NOx, una descripción general completa de la estrategia de control de emisiones, con inclusión de la estrategia básica de control de emisiones y de los medios por los que cada estrategia auxiliar de control controla directa o indirectamente las variables de salida;

1.4.1. se pondrá a disposición exclusivamente del servicio técnico que realice los ensayos información adicional confidencial, con arreglo a lo dispuesto en el apéndice A.2, la cual no se incluirá en el expediente del fabricante;

1.5. cuando proceda, una descripción completa de las características de funcionamiento de las medidas de control de los NOx y del sistema de inducción, tal como se mencionan en el anexo 9 del presente Reglamento;

1.5.1. cuando proceda, una copia de los informes de demostración establecidos en los puntos A.1.10.5 y A.1.13.4 del apéndice A.1 del anexo 9;

1.5.2. cuando proceda, una descripción de la conexión con los registros establecidos en el punto A.1.5.2.1.1, letra e) del apéndice A.1 del anexo 9, y del método para su lectura;

1.5.3. Como alternativa y previo acuerdo de la autoridad de homologación de tipo, cuando el tipo de motor o la familia de motores pertenezca a una familia de motores NCD, podrá suministrarse una justificación de su pertenencia, junto con la información solicitada en los puntos 1.5, 1.5.1 y 1.5.2 de la familia de motores NCD;

1.6. cuando proceda, una descripción completa de las características de funcionamiento de las medidas de control de las partículas, tal como se mencionan en el anexo 9 del presente Reglamento;

1.6.1. cuando proceda, una copia del informe de demostración establecido en los puntos A.2.9.3.6 del apéndice A.2 del anexo 9;

1.6.2. cuando proceda, una descripción de la conexión con los registros establecidos en el punto A.2.5.2 del apéndice A.2 del anexo 9, y del método para su lectura;

1.6.3. como alternativa y previo acuerdo de la autoridad de homologación de tipo, cuando el tipo de motor o la familia de motores pertenezca a una familia de motores PCD, podrá suministrarse una justificación de su pertenencia, junto con la información solicitada en los puntos 1.6, 1.6.1 y 1.6.2 de la familia de motores PCD;

1.7. la declaración del fabricante, y datos o informes de ensayos corroborativos, sobre los factores de deterioro, según se mencionan en el punto 5 y en el anexo 8 del presente Reglamento;

1.7.1. como alternativa y previo acuerdo de la autoridad de homologación de tipo, cuando el tipo de motor o la familia de motores pertenezca a una familia de motores-sistemas de postratamiento, podrá suministrarse una justificación de su pertenencia, junto con la información solicitada en el punto 1.7 sobre la familia de sistemas de postratamiento;

1.8. cuando proceda, la declaración del fabricante, y los datos o informes de ensayo corroborativos, de los factores de ajuste de la regeneración infrecuente contemplados en el anexo 4 del presente Reglamento;

1.8.1. como alternativa y previo acuerdo de la autoridad de homologación de tipo, cuando el tipo de motor o la familia de motores pertenezca a una familia de motores-sistemas de postratamiento, podrá suministrarse una justificación de su pertenencia, junto con la información solicitada en el punto 1.8 sobre la familia de motores-sistemas de postratamiento;

1.9. una declaración del fabricante y datos corroborativos que demuestren que las estrategias de control de emisiones instaladas están diseñadas de forma que se impida la manipulación en la medida de lo posible, como se prevé en el punto 5.5 del apéndice A.3 del anexo 9 del presente Reglamento;

1.9.1. para los tipos de motor y familias de motores que utilizan una unidad electrónica de control (ECU) como parte del sistema de control de emisiones, la información deberá incluir una descripción de las medidas adoptadas para evitar la manipulación y la modificación de la ECU, incluido el método de actualización mediante un programa o una calibración autorizados por el fabricante;

1.9.2. para los tipos de motor y familias de motores que utilizan dispositivos mecánicos como parte del sistema de control de emisiones, la información deberá incluir una descripción de las medidas adoptadas para evitar la manipulación y la modificación de los parámetros ajustables del sistema de control de emisiones; se incluirán los componentes resistentes a las manipulaciones, como las tapas del limitador del carburador o el sellado de los tornillos del carburador o tornillos especiales no ajustables por parte del usuario;

1.9.3. para clasificar motores pertenecientes a diferentes familias de motores en la misma familia de motores en cuanto a la prevención de manipulaciones, el fabricante deberá demostrar a la autoridad de homologación de tipo que las medidas adoptadas para evitar la manipulación son similares;

1.10. una descripción del conector físico requerido para recibir la señal del par desde la ECU del motor, en el caso de que la Parte Contratante exija realizar ensayos de supervisión en servicio, a fin de obtener un conector de ese tipo;

1.11. una descripción de los sistemas globales de gestión del aseguramiento de la calidad para la conformidad de la producción con arreglo al punto 8 del presente Reglamento;

1.12. una lista de los requisitos de mantenimiento programado relacionado con las emisiones y el período en que cada uno debe producirse, incluida cualquier sustitución prevista de componentes esenciales relacionados con las emisiones;

1.13. la ficha de características, cumplimentada, que figura en el punto 2 del presente anexo;

1.13.1. en caso de que se introduzcan cambios en las indicaciones que figuran en la ficha de características a efectos de homologación de un motor, el fabricante deberá remitir las páginas revisadas a la autoridad de homologación de tipo, señalando claramente la naturaleza de las modificaciones efectuadas y la fecha de nueva publicación;

1.14. Todos los datos, dibujos, fotografías y demás información que se exija en la ficha de características.

2. FICHA DE CARACTERÍSTICAS

La ficha de características deberá tener un número de referencia facilitado por el solicitante.

2.1. Toda ficha de características deberá contener lo siguiente:

2.1.1. la información general que figura en la parte A del apéndice A.3;

2.1.2. la información que figura en la parte B del apéndice A.3, a fin de identificar los parámetros comunes de diseño de todos los tipos de motor de una familia de motores o que sean aplicables al tipo de motor cuando no forme parte de una familia de motores, para los que se solicite la homologación de tipo;

2.1.3. la información indicada en la parte C del apéndice A.3 en el formato del cuadro que figura en el punto 2.1.3.1, a fin de identificar los elementos aplicables al motor de referencia o tipo de motor y los tipos de motor dentro de la familia de motores, si procede:

2.1.3.1. Cuadro relativo al tipo o familia de motores, con ejemplos de datos

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)			
			tipo 2	tipo 3	tipo …	tipo n
3.1	Identificación del motor					
3.1.1	Designación del tipo de motor	A01	A02	A03	A04	A05
3.2	Parámetros de funcionamiento					
3.2.1	Regímenes nominales declarados (rpm):	2200	2200	2000	1800	1800
3.10	Dispositivos diversos: Sí/No					
3.10.1	Recirculación de los gases de escape (EGR)					
3.10.1.1	Características (con/sin refrigeración, alta/baja presión, etc.):					
…	…	…				

2.1.3.2. Reservado

2.1.3.3. En el caso de motores de régimen constante con múltiples regímenes nominales, en el punto 3.2 se registrarán una o varias columnas adicionales de datos para cada régimen (parámetros de funcionamiento).

2.2. Notas explicativas sobre la elaboración de la ficha de características:

2.2.1. Previo acuerdo de la autoridad de homologación de tipo, la información contemplada en los puntos 2.1.2 y 2.1.3 podrá presentarse en otro formato.

2.2.2. Cada tipo de motor o motor de referencia del cuadro que figura en el punto 2.1.3.1 se identificará de conformidad con la designación de la familia de motores y la designación del tipo de motor establecidos en el punto 2.3.

2.2.3. Solo se indicarán los puntos del presente anexo que sean pertinentes para la familia de motores, los tipos de motor dentro de la familia de motores o el tipo de motor de que se trate; en cualquier caso, la lista seguirá el sistema de numeración propuesto.

2.2.4. Cuando en un punto se prevean varias opciones separadas por una barra oblicua, se tacharán las opciones que no se utilicen o solo se mostrarán las opciones utilizadas.

2.2.5. Cuando el mismo valor o la misma descripción de una determinada característica del motor se aplique a varios o a todos los miembros de una familia de motores, podrán fusionarse las celdas correspondientes.

2.2.6. Cuando se requiera un dibujo, un diagrama o información detallada, podrá hacerse referencia a un apéndice.

2.2.7. Cuando se exija un «tipo» de un componente, la información suministrada identificará el componente de manera unívoca; puede tratarse de una lista de características, del nombre de un fabricante y el número de una pieza o un dibujo, de un dibujo o de una combinación de los métodos mencionados u otros métodos que conduzcan al mismo resultado.

2.3. Designación del tipo de motor y designación de una familia de motores

El fabricante asignará a cada tipo de motor y familia de motores un código alfanumérico único.

2.3.1. En el caso de un tipo de motor, el código se denomina designación del tipo de motor e identificará clara e inequívocamente los motores que presenten una combinación única de características técnicas en relación con los elementos establecidos en la parte C del apéndice A.3 aplicables al tipo de motor.

2.3.2. En el caso de tipos de motor que pertenecen a una familia de motores, el código completo se denomina Familia-Tipo o «FT» y consta de dos secciones: la primera sección se llama designación de la familia de motores e identifica la familia de motores; la segunda sección es la designación del tipo de motor de cada motor perteneciente a la familia de motores;

La designación de la familia de motores identificará clara e inequívocamente los motores que presenten una combinación única de características técnicas en relación con los elementos establecidos en las partes B y C del apéndice A.3 aplicables a la familia de motores de que se trate.

La FT identificará clara e inequívocamente los motores que presenten una combinación única de características técnicas en relación con los elementos establecidos en la parte C del apéndice A.3 aplicables al tipo de motor perteneciente a la familia de motores.

2.3.2.1. El fabricante podrá utilizar la misma designación para identificar la misma familia de motores en dos o más categorías de motores.

2.3.2.2. El fabricante no utilizará la misma designación de familia de motores para identificar más de una familia de motores en la misma categoría de motores.

2.3.2.3. Visualización de la FT

En la FT se dejará un espacio entre la designación de la familia de motores y la designación del tipo de motor, como se muestra en el ejemplo siguiente:

«159AF[espacio]0054»

2.3.3. Número de caracteres

El número de caracteres no deberá superar los valores siguientes:

a) 15 para la designación de la familia de motores;

b) 25 para la designación del tipo de motor;

c) 40 para la FT.

2.3.4. Caracteres permitidos

La designación del tipo de motor y la designación de la familia de motores estarán formadas por letras latinas y/o números arábigos.

2.3.4.1. Está permitido el uso de paréntesis y guiones, siempre que no sustituyan a una letra o a un número.

2.3.4.2. Se autoriza el uso de caracteres variables; los caracteres variables se representarán con una «#», cuando el carácter variable se desconozca en el momento de la notificación.

2.3.4.2.1. Se explicarán al servicio técnico y a la autoridad de homologación de tipo las razones para utilizar tales caracteres variables.

APÉNDICE A.1

DECLARACIÓN DEL FABRICANTE RELATIVA A LA CONFORMIDAD CON EL REGLAMENTO N.º 96 DE LAS NACIONES UNIDAS, SERIE 05 DE ENMIENDAS

El/la abajo firmante, [. . . .. (nombre completo y cargo)], declara que el tipo de motor/la familia de motores(*) que se indica a continuación cumple íntegramente los requisitos del Reglamento n.º 96 de las Naciones Unidas, serie 05 de enmiendas, y que no utiliza ninguna estrategia de desactivación.

Todas las estrategias de control de las emisiones cumplen, cuando procede, los requisitos relativos a la estrategia básica de control de emisiones (BECS) y a la estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) que figuran en el punto 2 del anexo 9 del Reglamento n.º 96-05, y han sido comunicadas de conformidad con dicho anexo y con el anexo 1 del Reglamento n.º 96-05.

1. Marca (nombres comerciales del fabricante) .....

2. Denominaciones comerciales (si procede):.....

3. Nombre de la empresa y dirección del fabricante: .....

4. En su caso, nombre y dirección de su representante autorizado: .....

5. Designación del tipo de motor/familia de motores/FT(*):

(Lugar) (Fecha).....

Identidad(**) y firma de la persona habilitada para redactar la declaración en nombre del fabricante: .....

Notas explicativas relativas al apéndice A.1 del anexo 1:

(Las llamadas de nota a pie de página, las notas a pie de página y las notas explicativas no han de figurar en la declaración del fabricante)

(*) Tachar las opciones no utilizadas o mostrar solo las opciones utilizadas.

(**) Debe especificarse, junto a su firma, la identidad de la persona habilitada por el fabricante o por su representante autorizado para firmar la declaración. Por identidad de la persona se entiende su nombre y su cargo.

APÉNDICE A.2

INFORMACIÓN CONFIDENCIAL SOBRE LA ESTRATEGIA DE CONTROL DE EMISIONES

A.2.1. El presente apéndice se aplicará a los motores con control electrónico que utilizan el control electrónico para determinar la cantidad y el momento de inyección del combustible.

A.2.2. Se entregará información adicional al servicio técnico pero esta no se adjuntará a la solicitud de homologación de tipo. Esta información incluirá todos los parámetros modificados por cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones y las condiciones límite en que funciona dicha estrategia, y en particular:

a) una descripción de la lógica del control, de las estrategias de regulación y de los puntos de conmutación durante todos los modos de funcionamiento correspondientes al combustible y a otros sistemas esenciales que dan lugar al control efectivo de las emisiones [como la recirculación de gases de escape (EGR) o la dosificación del reactivo];

b) Una justificación del uso de cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones aplicada al motor, acompañada de material y datos de ensayo, que demuestre el efecto en las emisiones de gases de escape. Tal justificación podrá basarse en datos de ensayos, en análisis técnicos bien fundados o en una combinación de ambos.

c) una descripción detallada de los algoritmos o sensores (en su caso) utilizados para identificar, analizar o diagnosticar el funcionamiento incorrecto del sistema de control de NOx;

d) una descripción detallada de los algoritmos o sensores (en su caso) utilizados para identificar, analizar o diagnosticar el funcionamiento incorrecto del sistema de control de partículas.

A.2.3. La información adicional que se exige en el punto A.2.2 se tratará de manera estrictamente confidencial. El fabricante deberá conservarla y ponerla a disposición de la autoridad de homologación de tipo para inspección en el momento de la homologación de tipo o previa solicitud en cualquier momento durante la validez de la homologación de tipo. En este caso, la autoridad de homologación de tipo deberá tratar esta información como confidencial y no la revelará a terceros.

APÉNDICE A.3

MODELO DE FICHA DE CARACTERÍSTICAS

PARTE A

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Marca (nombres comerciales del fabricante): .....

1.2. Denominaciones comerciales (si procede):.....

1.3. Nombre de la empresa y dirección del fabricante:.....

1.4. En su caso, nombre y dirección de su representante autorizado:.....

1.5. Nombres y direcciones de las plantas de montaje/fabricación: .....

1.6. Designación del tipo de motor/familia de motores/FT: .....

1.7. Categoría y subcategoría del tipo de motor/familia de motores(*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/NRE-c-3/NRE-c-4/NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/NRS-vr-1b/NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a /NRS-v-2b/NRS-v-3/SMB-v-1/ATS-v-1

1.8 Categoría de período de durabilidad de las emisiones: No procede/cat 1 (productos de consumo)/cat 2 (productos semiprofesionales)/cat 3 (productos profesionales)

1.9. Reservado

1.10. Reservado

1.11. La potencia de referencia es: potencia neta nominal/potencia neta máxima

1.12. Ciclo de ensayo NRSC primario: C1/C2/D2/G1/G2/G3/H

1.13. Ciclo de ensayo transitorio: No procede/NRTC/LSI-NRTC

1.14. Restricciones de utilización (si procede):

PARTE B

2. PARÁMETROS COMUNES DE DISEÑO DE LA FAMILIA DE MOTORES([1])

2.1. Ciclo de combustión: ciclo de cuatro tiempos/dos tiempos/rotativo/otros (especificar)…

2.2. Tipo de encendido: encendido por compresión/encendido por chispa

2.3. Configuración de los cilindros

2.3.1. Posición de los cilindros en el bloque: monocilindro/en V/en línea/opuestos/radial /otros (especificar):.....

2.3.2. Dimensiones del diámetro interno de centro a centro (mm): .....

2.4. Tipo/diseño de la cámara de combustión:

2.4.1. Cámara abierta/dividida/otros (especificar)

2.4.2. Configuración de las válvulas y los orificios: .....

2.4.3. Número de válvulas por cilindro: .....

2.5. Gama de cilindrada por cilindro (cm^3):.....

2.6. Principal medio refrigerante: aire/agua/aceite

2.7. Método de aspiración del aire: atmosférico/ sobrealimentación/sobrealimentación con sistema de refrigeración del aire de admisión

2.8. Combustible

2.8.1. Tipo de combustible: diésel (gasóleo no de carretera)/etanol para motores específicos de encendido por compresión (ED95)/gasolina (E10)/etanol (E85)/(gas natural/biometano)/gas licuado de petróleo (GLP)

2.8.1.1. Subtipo de combustible (solo gas natural/biometano): combustible universal: de alto poder calorífico (gas H) y de bajo poder calorífico (gas L)/combustible restringido: de alto poder calorífico (gas H)/combustible restringido: de bajo poder calorífico (gas L)/combustible específico (GNL);

2.8.2. Alimentación de combustible: solo combustible líquido/solo combustible gaseoso/combustible dual tipo 1A/combustible dual tipo 1B/combustible dual tipo 2A/combustible dual tipo 2B/combustible dual tipo 3B

2.8.3. Lista de otros combustibles, mezclas o emulsiones de combustibles que el motor puede utilizar declarados por el fabricante de conformidad con el apéndice 4 del presente Reglamento (indicar la referencia a la norma o especificación reconocidas):

2.8.4. Lubricante añadido al combustible: Sí/No

2.8.4.1. Especificación: .....

2.8.4.2. Relación combustible/aceite: .....

2.8.5. Tipo de alimentación de combustible: bomba, inyector y línea (de alta presión)/bomba en línea o de distribución/inyector unitario/raíl común/carburador/inyección en el orificio de admisión/inyección directa/mezclador/otros (especificar):....

2.9. Sistemas de gestión del motor: estrategia de control mecánica/electrónica([2])

2.10. Dispositivos diversos: sí/no (En caso afirmativo, proporcionar un diagrama esquemático del emplazamiento y el orden de los dispositivos)

2.10.1. Recirculación de gases de escape (EGR) sí/no (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.10.1 y proporcionar un diagrama esquemático del emplazamiento y el orden de los dispositivos)

2.10.2. Inyección de agua: sí/no (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.10.2 y proporcionar un diagrama esquemático del emplazamiento y el orden de los dispositivos)

2.10.3. Inyección de aire: sí/no (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.10.3 y proporcionar un diagrama esquemático del emplazamiento y el orden de los dispositivos)

2.10.4. Otros: sí/no (en caso afirmativo, especificar, cumplimentar la sección 3.10.4 y proporcionar un diagrama esquemático del emplazamiento y el orden de los dispositivos):.....

2.11. Sistema de postratamiento de los gases de escape: sí/no (En caso afirmativo, proporcionar un diagrama esquemático del emplazamiento y el orden de los dispositivos)

2.11.1. Catalizador de oxidación: Sí/No

(en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.2)

2.11.2. Sistema de reducción de NOx con reducción selectiva del NOx (adición de agente reductor):

Sí/No (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.3)

2.11.3. Otros sistemas reducción de NOx:

Sí/No (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.3)

2.11.4. Catalizador de tres vías que combina la oxidación y la reducción de NOx:

Sí/No (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.3)

2.11.5. Sistema de postratamiento de partículas con regeneración pasiva:

Sí/No (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.4)

2.11.5.1. De flujo de pared/no de flujo de pared

2.11.6. Sistema de postratamiento de partículas con regeneración activa:

Sí/No (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.4)

2.11.6.1. De flujo de pared/no de flujo de pared

2.11.7. Otros sistemas de postratamiento de partículas:

Sí/No (en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.4)

2.11.8. Otros dispositivos de postratamiento (especificar): .....

(en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.5)

2.11.9. Otros dispositivos o características que influyen fuertemente en las emisiones: Sí/No (especificar):.....

(en caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.7)

PARTE C

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.1.	**Identificación del motor**						
3.1.1.	Designación del tipo de motor						
3.1.2.	La designación de tipo de motor figura en el marcado del motor: sí/no						
3.1.3.	Localización de las marcas reglamentarias:						
3.1.4.	Forma de colocación de las marcas reglamentarias:						
3.1.5.	Dibujos de la ubicación del número de identificación del motor (ejemplo completo con dimensiones):						
3.2.	**Parámetros de funcionamiento**						
3.2.1.	Regímenes nominales declarados (rpm):						
3.2.1.1.	Combustible suministrado por carrera (mm^3) en el caso de los motores diésel, caudal de combustible (g/h) en el caso de los demás motores, a la potencia neta nominal:						
3.2.1.2.	Potencia neta nominal declarada (kW):						
3.2.2.	Régimen de potencia máxima (rpm):						Si difiere del régimen nominal
3.2.2.1.	Combustible suministrado por carrera (mm^3) en el caso de los motores diésel, caudal de combustible (g/h) en el caso de los demás motores, a la potencia neta máxima:						
3.2.2.2.	Potencia neta máxima (kW):						Si difiere del régimen nominal
3.2.3.	Régimen de par máximo declarado (rpm):						Si procede
3.2.3.1.	Combustible suministrado por carrera (mm^3) en el caso de los motores diésel, caudal de combustible (g/h) en el caso de los demás motores, al régimen de par máximo:						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.2.3.2.	Par máximo declarado (Nm):						Si procede
3.2.4.	Régimen de ensayo al 100 % declarado:						Si procede
3.2.5.	Régimen de ensayo intermedio declarado:						Si procede
3.2.6.	Régimen de ralentí (rpm)						Si procede
3.2.7.	Régimen máximo sin carga (rpm):						Si procede
3.2.8	Par mínimo declarado (Nm):						Si procede
3.3.	**Procedimiento de rodaje**						Opcional a elección del fabricante
3.3.1.	Duración del rodaje:						
3.3.2.	Ciclo de rodaje:						
3.4.	**Ensayo del motor**						
3.4.1.	Dispositivo específico requerido: Sí/No						Solo para NRSh
3.4.1.1	Descripción, con inclusión de las fotografías y/o dibujos, del sistema para el montaje del motor en el banco de pruebas, incluido el árbol de transmisión para la conexión con el dinamómetro:						
3.4.2.	Cámara de mezcla de gas de escape autorizada por el fabricante: Sí/No						Solo para NRSh
3.4.2.1.	Descripción, fotografía y/o dibujo de la cámara de mezcla de gas de escape:						Si procede
3.4.3.	NRSC elegido por el fabricante: Modo RMC/discreto						
3.4.4.	Reservado						
3.4.5.	Número de ciclos de preacondicionamiento antes del ensayo transitorio						Si procede, mínimo 1,0
3.4.6.	Preacondicionamiento para RMC NRSC: Funcionamiento en estado continuo/RMC:						
3.4.6.1.	En caso de RMC, número de RMC de preacondicionamiento antes del ensayo RMC NRSC						Mínimo 0,5
3.5.	**Sistema de lubricación**						
3.5.1.	Temperatura del lubricante						Si procede
3.5.1.1.	Mínima (°C):						
3.5.1.2.	Máxima (°C):						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.6.	**Cilindro de combustión**						
3.6.1.	Diámetro (mm):						
3.6.2.	Carrera (mm):						
3.6.3.	Número de cilindros:						
3.6.4.	Cilindrada total del motor (cm^3):						
3.6.5.	Cilindrada por cilindro en % del motor de referencia:						Si familia de motores
3.6.6.	Relación volumétrica de compresión:						Especificar la tolerancia
3.6.7.	Descripción del sistema de combustión:						
3.6.8.	Dibujos de la cámara de combustión y de la corona del pistón:						
3.6.9.	Área mínima de la sección transversal de las aberturas de admisión y escape (mm^2):						
3.6.10.	Regulación de las válvulas						
3.6.10.1.	Levantamiento máximo y ángulos de apertura y de cierre en relación con el punto muerto, o datos equivalentes:						
3.6.10.2.	Referencia y/o escalas de ajuste:						
3.6.10.3.	Sistema de regulación variable de las válvulas: Sí/No						Si procede y en caso de admisión y/o escape
3.6.10.3.1.	Tipo: continuo/(encendido/apagado)						
3.6.10.3.2.	Ángulo de cambio de fase de leva:						
3.6.11.	Configuración de los orificios						Solo 2 tiempos, si procede
3.6.11.1.	Posición, tamaño y número:						
3.7.	**Sistema de refrigeración**						Completar la sección pertinente
3.7.1.	Refrigeración por líquido						
3.7.1.1.	Naturaleza del líquido:						
3.7.1.2.	Bombas de circulación: Sí/No						
3.7.1.2.1.	Tipo(s):						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.7.1.2.2.	Relaciones de transmisión:						Si procede
3.7.1.3.	Temperatura mínima del refrigerante en la salida (°C):						
3.7.1.4.	Temperatura máxima del refrigerante en la salida (°C):						
3.7.2.	Refrigeración por aire						
3.7.2.1.	Ventilador Sí/No						
3.7.2.1.1.	Tipo(s):						
3.7.2.1.2.	Relaciones de transmisión:						Si procede
3.7.2.2.	Temperatura máxima en el punto de referencia (°C):						
3.7.2.2.1.	Ubicación del punto de referencia						
3.8.	**Aspiración**						
3.8.1.	Depresión máxima admisible al 100 % del régimen del motor y al 100 % de carga (kPa)						
3.8.1.1.	Con filtro de aire limpio:						
3.8.1.2.	Con filtro de aire sucio:						
3.8.1.3.	Lugar de medición:						
3.8.2.	Sobrealimentadores: Sí/No						
3.8.2.1.	Tipo(s):						
3.8.2.2.	Descripción y diagrama esquemático del sistema (p. ej., presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, turbocompresor de geometría variable, turbocompresor doble, etc.):						
3.8.3.	Refrigerador del aire de sobrealimentación: Sí/No						
3.8.3.1.	Tipo: aire-aire/aire-agua/otro (especificar)						
3.8.3.2.	Temperatura máxima de salida del aire de sobrealimentación al 100 % de régimen y al 100 % de carga (°C):						
3.8.3.3.	Caída máxima admisible de presión en el refrigerador del aire de sobrealimentación al 100 % del régimen del motor y al 100 % de carga (kPa):						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.8.4.	Válvula de mariposa de admisión: Sí/No						
3.8.5.	Dispositivo para reciclar los gases del cárter: Sí/No						
3.8.5.1.	En caso afirmativo, descripción y dibujos:						
3.8.5.2.	En caso negativo, conformidad con el punto 5.7 del presente Reglamento: Sí/No						
3.8.6.	*Vía de admisión*						*Solo 2 tiempos, NRS y NRSh*
3.8.6.1.	Descripción de la vía de admisión (con dibujos, fotografías y/o números de pieza):						
3.8.7.	Filtro de aire						*Solo 2 tiempos, NRS y NRSh*
3.8.7.1.	Tipo:						
3.8.8.	Silenciador de aire de admisión						*Solo 2 tiempos, NRS y NRSh*
3.8.8.1.	Tipo:						
3.9.	**Sistema de escape**						
3.9.1.	Descripción del sistema de escape (con dibujos, fotos y/o números de las piezas, según sea necesario):						Solo 2 tiempos, *NRS y NRSh*
3.9.2.	Temperatura máxima del gas de escape (°C):						
3.9.3.	Contrapresión de escape máxima admisible al 100 % del régimen del motor y al 100 % de carga (kPa):						
3.9.3.1.	Lugar de medición:						
3.9.4.	Contrapresión de escape al nivel de carga especificada por el fabricante para el postratamiento con restricción variable al comienzo del ensayo (kPa):						
3.9.4.1.	Ubicación y condiciones de régimen/carga:						
3.9.5.	Válvula de mariposa de escape: Sí/No						
3.10.	**Dispositivos diversos: Sí/No**						
3.10.1.	Recirculación de gases de escape (EGR)						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.10.1.1.	Características: con/sin refrigeración, alta/baja presión/otros (especificar):						
3.10.2.	Inyección de agua						
3.10.2.1.	Principio de funcionamiento:						
3.10.3.	Inyección de aire:						
3.10.3.1.	Principio de funcionamiento:						
3.10.4.	Otros						
3.10.4.1.	Tipo(s)						
3.11.	**Sistemas de postratamiento de los gases de escape**						
3.11.1.	Ubicación						
3.11.1.1.	Lugar(es) y distancia(s) máxima(s)/mínima(s) desde el motor hasta el primer dispositivo de postratamiento:						
3.11.1.2.	Descenso máximo de la temperatura desde la salida de la turbina o el escape hasta el primer dispositivo de postratamiento (°C), si se declara:						
3.11.1.2.1.	Condiciones de ensayo para las mediciones:						
3.11.1.3.	Temperatura mínima en la entrada del primer dispositivo de postratamiento (°C), si se declara:						
3.11.1.3.1.	Condiciones de ensayo para las mediciones:						
3.11.2.	Catalizador de oxidación						
3.11.2.1.	Número de convertidores y elementos catalíticos:						
3.11.2.2.	Dimensiones y volumen del catalizador o catalizadores catalíticos:						*O dibujo*
3.11.2.3.	Carga total de metales preciosos (g):						
3.11.2.4.	Concentración relativa de cada compuesto (%):						
3.11.2.5.	Sustrato (estructura y material):						
3.11.2.6.	Densidad celular:						
3.11.2.7.	Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s):						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.11.3.	Sistema de postratamiento catalítico del gas de escape para NOx o catalizador de tres vías						
3.11.3.1.	Tipo:						
3.11.3.2.	Número de convertidores y elementos catalíticos:						
3.11.3.3.	Tipo de acción catalítica:						
3.11.3.4.	Dimensiones y volumen del catalizador o catalizadores catalíticos:						*O dibujo*
3.11.3.5.	Carga total de metales preciosos (g):						
3.11.3.6.	Concentración relativa de cada compuesto (%):						
3.11.3.7.	Sustrato (estructura y material):						
3.11.3.8.	Densidad celular:						
3.11.3.9.	Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s):						
3.11.3.10.	Método de regeneración:						Si procede
3.11.3.10.1.	Regeneración infrecuente: Sí/No:						En caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.6.
3.11.3.11.	Intervalo de temperaturas normales de funcionamiento (°C):						
3.11.3.12.	Reactivo consumible: Sí/No						
3.11.3.12.1.	Tipo y concentración del reactivo necesario para la acción catalítica:						
3.11.3.12.2.	Concentración más baja del ingrediente activo presente en el reactivo que no activa el sistema de alerta (CD_{min}) (% vol):						
3.11.3.12.3.	Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales del reactivo:						
3.11.3.12.4.	Norma internacional:						Si procede
3.11.3.13.	Sensor(es) de NOx: Sí/No						
3.11.3.13.1.	Tipo:						
3.11.3.13.2.	Ubicaciones						
3.11.3.14.	Sensores de oxígeno: Sí/No						
3.11.3.14.1.	Tipo:						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.11.3.14.2.	Ubicaciones:						
3.11.4.	Sistema de postratamiento de partículas						
3.11.4.1.	Tipo de filtración: de flujo de pared/no de flujo de pared/otros (especificar)						
3.11.4.2.	Tipo:						
3.11.4.3.	Dimensiones y capacidad del sistema de postratamiento de partículas:						*O dibujo*
3.11.4.4.	Ubicación [lugar(es) y distancia(s) máxima(s)/mínima(s) desde el motor]:						
3.11.4.5.	Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo:						
3.11.4.5.1.	Regeneración infrecuente: Sí/No						En caso afirmativo, cumplimentar la sección 3.11.6.
3.11.4.5.2.	Temperatura mínima del gas de escape para poner en marcha el procedimiento de regeneración (°C):						
3.11.4.6.	Recubrimiento catalítico: Sí/No						
3.11.4.6.1.	Tipo de acción catalítica:						
3.11.4.7.	Catalizador disuelto en el carburante (FBC): Sí/No						
3.11.4.8.	Intervalo de temperaturas normales de funcionamiento (°C):						
3.11.4.9.	Intervalo de presiones normales de funcionamiento (kPa)						
3.11.4.10.	Capacidad de almacenamiento de hollín/cenizas (g):						
3.11.4.11.	Sensores de oxígeno: Sí/No						
3.11.4.11.1.	Tipo:						
3.11.4.11.2.	Ubicaciones:						
3.11.5.	Otros dispositivos de postratamiento						
3.11.5.1.	Descripción y funcionamiento:						
3.11.6.	Regeneración infrecuente						
3.11.6.1.	Número de ciclos con regeneración						
3.11.6.2.	Número de ciclos sin regeneración						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.11.7.	Otros dispositivos o características						
3.11.7.1.	Tipo(s)						
3.12.	**Alimentación de combustible para motores de encendido por compresión de combustible líquido o, si procede, motores de combustible dual**						
3.12.1.	Bomba de alimentación						
3.12.1.1.	Presión (kPa) o diagrama característico:						
3.12.2.	Sistema de inyección						
3.12.2.1.	Bomba						
3.12.2.1.1.	Tipo(s):						
3.12.2.1.2.	Régimen nominal de la bomba (rpm):						
3.12.2.1.3.	mm^3 por carrera o ciclo a plena inyección al régimen nominal de la bomba:						Especificar la tolerancia
3.12.2.1.4.	Régimen de la bomba al valor máximo del par (rpm):						
3.12.2.1.5.	mm^3 por carrera o ciclo a plena inyección al régimen de la bomba al valor máximo del par						Especificar la tolerancia
3.12.2.1.6.	Diagrama característico:						Como alternativa a los puntos 3.12.2.1.1 a 3.12.2.1.5.
3.12.2.1.7.	Método utilizado: sobre el motor/sobre el banco para bomba						
3.12.2.2.	Avance de la inyección						
3.12.2.2.1.	Curva de avance de la inyección:						Especificar la tolerancia, si procede
3.12.2.2.2.	Regulación estática:						Especificar la tolerancia
3.12.2.3.	Tuberías de inyección						
3.12.2.3.1.	Longitudes (mm):						
3.12.2.3.2.	Diámetro interior (mm):						
3.12.2.4.	Raíl común: Sí/No						
3.12.2.4.1.	Tipo:						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.12.3.	Inyector(es)						
3.12.3.1.	Tipo(s):						
3.12.3.2.	Presión de apertura (kPa):						Especificar la tolerancia
3.12.4.	Unidad de control electrónico (ECU): Sí/No						
3.12.4.1.	Tipo(s):						
3.12.4.2.	Número(s) de calibración del software:						
3.12.4.3.	Normas de comunicación para el acceso a la información del flujo de datos: ISO 27145 con ISO 15765-4 (comunicación basada en CAN)/ISO 27145 con ISO 13400 (comunicación basada en TCP/IP)/SAE J1939-73						
3.12.5.	Regulador de velocidad						
3.12.5.1.	Tipo(s):						
3.12.5.2.	Régimen de comienzo de corte a plena carga:						Especificar el rango, si procede.
3.12.5.3.	Régimen máximo sin carga:						Especificar el rango, si procede.
3.12.5.4.	Régimen de ralentí (rpm):						Especificar el rango, si procede.
3.12.6.	Sistema de arranque en frío: Sí/No						
3.12.6.1.	Tipo(s):						
3.12.6.2.	Descripción:						
3.12.7.	Temperatura del combustible en la entrada de la bomba de inyección de combustible						
3.12.7.1.	Mínima (°C):						
3.12.7.2.	Máxima (°C):						
3.13.	**Alimentación de combustible para motor de encendido por chispa que funcione con combustible líquido**						
3.13.1.	Carburador						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.13.1.1.	Tipo(s):						
3.13.2.	Inyección del combustible en el orificio de admisión:						
3.13.2.1.	monopunto/multipunto						
3.13.2.2.	Tipo(s):						
3.13.3.	Inyección directa:						
3.13.3.1.	Tipo(s):						
3.13.4.	Temperatura del combustible en el lugar especificado por el fabricante						
3.13.4.1.	Lugar de colocación:						
3.13.4.2.	Mínima (°C):						
3.13.4.3.	Máxima (°C):						
3.14.	**Alimentación de combustible para motores de combustible gaseoso o, en su caso, motores de combustible dual (en caso de sistemas con otra configuración, indicar la información equivalente)**						
3.14.1.	Combustible: GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/GNL/específico GNL						
3.14.2.	Reguladores de presión/vaporizadores						
3.14.2.1.	Tipo(s)						
3.14.2.2.	Número de fases de reducción de presión						
3.14.2.3.	Presión en la fase final, mínima y máxima (kPa)						
3.14.2.4.	Número de puntos de ajuste principales:						
3.14.2.5.	Número de puntos de ajuste del ralentí:						
3.14.3.	Sistema de alimentación: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa						
3.14.3.1.	Regulación de la riqueza de la mezcla						
3.14.3.1.1.	Descripción del sistema y/o diagrama y dibujos:						
3.14.4.	Mezclador						
3.14.4.1.	Número:						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.14.4.2.	Tipo(s):						
3.14.4.3.	Lugar de colocación:						
3.14.4.4.	Posibilidades de ajuste:						
3.14.5.	Inyección en el colector de admisión						
3.14.5.1.	Inyección: monopunto/multipunto						
3.14.5.2.	Inyección: continua/simultánea/secuencial						
3.14.5.3.	Equipo de inyección						
3.14.5.3.1.	Tipo(s):						
3.14.5.3.2.	Posibilidades de ajuste:						
3.14.5.4.	Bomba de alimentación						Si procede
3.14.5.4.1.	Tipo(s):						
3.14.5.5.	Inyector(es)						
3.14.5.5.1.	Tipo(s):						
3.14.6.	Inyección directa:						
3.14.6.1.	Bomba de inyección/regulador de presión						
3.14.6.1.1.	Tipo(s):						
3.14.6.1.2.	Avance de la inyección (especificar):						
3.14.6.2.	Inyector(es)						
3.14.6.2.1.	Tipo(s):						
3.14.6.2.2.	Presión de apertura o diagrama característico:						
3.14.7.	Unidad electrónica de control (ECU)						
3.14.7.1.	Tipo(s):						
3.14.7.2.	Posibilidades de ajuste:						
3.14.7.3.	Número(s) de calibración del software:						
3.14.8.	Homologaciones de motores para varias composiciones de combustible						
3.14.8.1.	Adaptación automática: Sí/No						
3.14.8.2.	Calibración para una composición de gas específica: GN-H/GN-L/GN-HL/GNL/específico GNL						
3.14.8.3.	Transformación para una composición de gas específica: GN-HT/GN-LT/GN-HLT						

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia de motores (si procede)				Notas explicativas (no incluidas en la ficha de características)
			tipo 2	tipo 3	tipo …	Tipo n.º	
3.14.9.	Temperatura del combustible en la fase final del regulador de presión						
3.14.9.1.	Mínima (°C):						
3.14.9.2.	Máxima (°C):						
3.15.	**Sistema de encendido**						
3.15.1.	Bobinas de encendido						
3.15.1.1.	Tipo(s):						
3.15.1.2.	Número:						
3.15.2.	Bujías de encendido						
3.15.2.1.	Tipo(s):						
3.15.2.2.	Ajuste de la distancia:						
3.15.3.	Magneto						
3.15.3.1.	Tipo(s):						
3.15.4.	Mando de regulación del encendido: Sí/No						
3.15.4.1.	Avance estático con respecto al punto muerto superior (grados de ángulo del cigüeñal):						
3.15.4.2.	Curva o mapa de avance:						Si procede
3.15.4.3.	Control electrónico: Sí/No						

Notas explicativas relativas al apéndice A.3:

(Las llamadas de nota a pie de página, las notas a pie de página y las notas explicativas no han de figurar en la ficha de características)

(Cuando se den opciones, tachar o no mencionar aquellas no aplicables)

En el caso de una combinación de catalizador y de filtro de partículas, se cumplimentarán las dos secciones pertinentes.

(*) Táchese lo que no proceda.

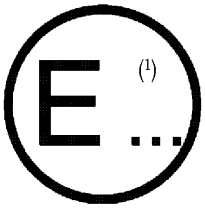
([1]) Según se define en el punto 7 del presente Reglamento.

([2]) Remitirse al punto 2.4.13 del anexo 10 (definición de familia de motores).

ANEXO 2

COMUNICACIÓN

[Formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



emitida por: Nombre de la administración

.....

.....

.....

relativa a (2): la concesión de la homologación

la extensión de la homologación

la denegación de la homologación

la retirada de la homologación

el cese definitivo de la producción

de un tipo de motor o una familia de motores con respecto a las emisiones de gases y de partículas contaminantes con arreglo al Reglamento n.º 96 de las Naciones Unidas, serie 05 de enmiendas.

N.º de homologación ..... N.º de extensión .....

Motivo de la extensión/denegación/retirada (2) .....

SECCIÓN I

1.1. Marca (nombres comerciales del fabricante): .....

1.2. Denominaciones comerciales (si procede): .....

1.3. Nombre de la empresa y dirección del fabricante: .....

1.4. En su caso, nombre y dirección de su representante autorizado: .....

1.5. Nombres y direcciones de las plantas de montaje/fabricación: .....

1.6. Designación del tipo de motor/familia de motores/FT (2) .....

1.7. Categoría y subcategoría del tipo de motor/familia de motores (2) (3) .....

1.8. Categoría de período de durabilidad de las emisiones: No procede/Cat 1/Cat 2/Cat 3 (2)

SECCIÓN II

1. Servicio técnico responsable de realizar los ensayos: .....

2. Fechas de los informes de ensayo: .....

3. Números de los informes de ensayo: .....

SECCIÓN III

El abajo firmante certifica que la descripción del fabricante, que figura en la ficha de características adjunta, del tipo de motor/de la familia de motores (2) que se ha indicado anteriormente, del que se han presentado como prototipos una o varias muestras representativas seleccionadas por la autoridad de homologación de tipo, es exacta y que los resultados de los ensayos adjuntos son aplicables al tipo de motor/a la familia de motores (2).

1. El tipo de motor/La familia de motores (2) cumple/no cumple (2) los requisitos establecidos en el Reglamento n.º 96 de las Naciones Unidas, serie 05 de enmiendas.

2. Se concede/extiende/deniega/retira (2) la homologación.

Lugar: .....

Fecha: .....

Nombre, apellidos y firma:

.....

Se adjuntan los siguientes documentos:

Expediente del fabricante

Informes de los ensayos

Todos los demás documentos que el servicio técnico o la autoridad de homologación de tipo hayan añadido al expediente de homologación durante el ejercicio de sus funciones

Adenda

Número de homologación: .....

PARTE A

Características del tipo de motor/de la familia de motores (2)

2. Parámetros comunes de diseño del tipo de motor/de la familia de motores (2)

2.1. Ciclo de combustión: ciclo de cuatro tiempos/dos tiempos/rotativo/otros: ..... (describir) (2)

2.2. Tipo de encendido: encendido por compresión/por chispa (2)

2.3.1. Posición de los cilindros en el bloque: en V/en línea/radial/otros (describir) (2)

2.6 Principal medio refrigerante: aire/agua/aceite (2)

2.7. Método de aspiración del aire: atmosférico/sobrealimentación/sobrealimentación con sistema de refrigeración del aire de admisión (2)

2.8.1. Tipos de combustible: diésel (gasóleo no de carretera)/etanol para motores específicos de encendido por compresión (ED95)/gasolina (E10)/etanol (E85)/(gas natural/biometano)/gas licuado de petróleo (GLP) (2)

2.8.1.1. Subtipo de combustible (solo gas natural/biometano): combustible universal: de alto poder calorífico (gas H) y de bajo poder calorífico (gas L)/combustible restringido: de alto poder calorífico (gas H)/combustible restringido: de bajo poder calorífico (gas L)/combustible específico (GNL);

2.8.2. Alimentación de combustible: solo combustible líquido/solo combustible gaseoso/combustible dual tipo 1A/combustible dual tipo 1B/combustible dual tipo 2A/combustible dual tipo 2B/combustible dual tipo 3B (2)

2.8.3. Lista de otros combustibles que el motor puede utilizar declarados por el fabricante de conformidad con el punto A.3.1.2.3 del anexo 3 del punto 5 del presente Reglamento (indicar la referencia a la norma o especificación reconocidas): .....

2.8.4. Lubricante añadido al combustible: sí/no (2).....

2.8.5. Tipo de alimentación de combustible: bomba, inyector y línea (de alta presión)/bomba en línea o de distribución/inyector unitario/raíl común/carburador/inyección en el orificio de admisión/inyección directa/mezclador/otros (especificar) (2)

2.9. Sistemas de gestión del motor: estrategia de control mecánica/electrónica (2)

2.10. Dispositivos diversos: sí/no (2)

2.10.1. Recirculación de gases de escape (EGR) sí/no (2)

2.10.2. Inyección de agua: sí/no (2)

2.10.3. Inyección de aire: sí/no (2)

2.10.4. Otros (especificar):

2.11. Sistema de postratamiento de los gases de escape: sí/no (2)

2.11.1. Catalizador de oxidación: sí/no (2)

2.11.2. Sistema de reducción de NOx con reducción selectiva del NOx (adición de agente reductor): sí/no (2)

2.11.3. Otros sistemas reducción de NOx: sí/no (2)

2.11.4. Catalizador de tres vías que combina la oxidación y la reducción de NOx: sí/no (2)

2.11.5. Sistema de postratamiento de partículas con regeneración pasiva: sí/no (2)

2.11.6. Sistema de postratamiento de partículas con regeneración activa: sí/no (2)

2.11.7. Otros sistemas de postratamiento de partículas: sí/no (2)

2.11.8. Otros dispositivos de postratamiento (especificar): .....

2.11.9. Otros dispositivos o características que influyen fuertemente en las emisiones (especificar): .....

3. Características esenciales de los tipos motores

Elemento n.º	Descripción	Motor de referencia/tipo de motor	Tipos de motor dentro de la familia (si procede)		
3.1.1.	Designación del tipo de motor:				
3.1.2.	La designación de tipo de motor figura en el marcado del motor: sí/no (2)				
3.1.3.	Localización de la marca reglamentaria del fabricante:				
3.2.1.	Régimen nominal declarado (rpm) (1):				
3.2.1.2.	Potencia neta nominal declarada (kW):				
3.2.2.	Régimen de potencia máxima (rpm):				
3.2.2.2.	Potencia neta máxima (kW):				
3.2.3.	Régimen de par máximo declarado (rpm):				
3.2.3.2.	Par máximo declarado (Nm):				
3.6.3.	Número de cilindros:				
3.6.4.	Cilindrada total del motor (cm^3):				
3.8.5.	Dispositivo para reciclar los gases del cárter: sí/no (2)				
3.11.3.12.	Reactivo consumible: sí/no (2)				

Elemento n.º	Descrição do elemento	Motor precursor/ Tipo de motor	Tipos de motores da família de motores (se aplicável)		
3.11.3.12.1.	Tipo e concentração do reagente necessário à ação catalítica:				
3.11.3.13.	Sensores NO_X: Sim/Não (2)				
3.11.3.14.	Sensor de oxigénio: Sim/Não (2)				
3.11.4.7.	Aditivo (FBC): Sim/Não (2)				
Condições especiais a respeitar na instalação do motor em máquinas móveis não rodoviárias ou veículos da categoria T:					
3.8.1.1.	Depressão máxima admissível na entrada a 100 % da velocidade do motor e a 100 % da carga (kPa) com um purificador de ar limpo:				
3.8.3.2.	Temperatura máxima à saída do dispositivo de arrefecimento do ar de sobrealimentação a 100 % da velocidade e 100 % de carga (°C):				
3.8.3.3.	Perda de pressão máxima admissível no dispositivo de arrefecimento do ar de sobrealimentação a 100 % da velocidade do motor e a 100 % de carga (kPa) (se aplicável):				
3.9.3.	Contrapressão de gás de escape máxima admissível a 100 % da velocidade do motor e a 100 % de carga (kPa):				
3.9.3.1.	Localização dos pontos de medição:				
3.11.1.2	Perda máxima de temperatura entre o sistema de escape ou a saída da turbina e o primeiro sistema de pós-tratamento de gases de escape (°C) se declarada:				
3.11.1.2.1.	Condições de ensaio para a medição:				

PARTE B

Resultados do ensaio

3.8. O fabricante pretende recorrer a sinal do binário da ECU para monitorização em serviço: Sim/Não (2)

3.8.1. Binário do dinamómetro igual ou superior a 0,93× do binário da ECU: Sim/Não (2)

3.8.2. Fator de correção do binário da ECU caso o binário do dinamómetro seja ser inferior a 0,93× do binário ECU.

11.1 Resultados das emissões do ciclo

Emissões	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	Ciclo de ensaio (4)
Resultado final do ensaio NRSC com DF							
Resultado final do ensaio NRTC com DF							

11.2 Resultado do CO_2:

11.3. Valores de referência no caso de a parte contratante exigir a realização de ensaios de monitorização em serviço

11.3.1. Trabalho de referência para o NRTC (kWh):

11.3.2. CO2 de referência do NRTC (g):

Notas explicativas do anexo 2

(Os marcadores, as notas de pé de página e as notas explicativas não devem constar do certificado de homologação)

(1) Número distintivo da parte contratante que procedeu à concessão/extensão/recusa/revogação da homologação.

(2) Riscar as opções não utilizadas ou mostrar apenas as opções utilizadas.

(3) Assinalar a opção aplicável para a categoria e subcategoria em conformidade com o ponto 1.7 da ficha de informações constante da parte A do apêndice A.3 do anexo 1.

(4) Indicar os ciclos de ensaio utilizados, tal como especificados no apêndice A.6 do anexo 4 do presente regulamento.

APÉNDICE A.1

INFORME DE ENSAYO

A.1.1. REQUISITOS GENERALES

Se cumplimentará un informe de ensayo para cada uno de los ensayos necesarios para la homologación de tipo. Cada ensayo adicional (p. ej., un segundo régimen en un motor de régimen constante) o complementario (p. ej., se ensaya otro combustible) exigirá cumplimentar un informe de ensayo adicional o complementario.

A.1.2. NOTAS EXPLICATIVAS SOBRE LA ELABORACIÓN DE UN INFORME DE ENSAYO

A.1.2.1. El informe de ensayo incluirá, como mínimo, la información indicada en el punto A.1.3.

A.1.2.2. No obstante lo dispuesto en el punto A.1.2.1, en el informe de ensayo solo será necesario cumplimentar las secciones o subsecciones que sean pertinentes para el ensayo particular y para la familia de motores, los tipos de motor dentro de la familia de motores o el tipo de motor de que se trate (por ejemplo, si no se realiza un NRTC puede omitirse dicha sección).

A.1.2.3. El informe del ensayo puede contener más información que la solicitada en el punto A.1.2.1 pero, en cualquier caso, deberá respetar el sistema de numeración propuesto.

A.1.2.4. Cuando en un punto se prevean varias opciones separadas por una barra oblicua, se tacharán las opciones que no se utilicen o solo se mostrarán las opciones utilizadas.

A.1.2.5. Cuando se exija un «tipo»de un componente, la información suministrada identificará el componente de manera unívoca; puede tratarse de una lista de características, del nombre de un fabricante y el número de una pieza o un dibujo, de un dibujo o de una combinación de los métodos mencionados u otros métodos que conduzcan al mismo resultado.

A.1.2.6. El informe de ensayo podrá entregarse en papel o en un formato electrónico consensuado entre el fabricante, el servicio técnico y la autoridad de homologación de tipo.

A.1.3 MODELO DE INFORME DE ENSAYO

Informe del ensayo relativo a motores para máquinas móviles no de carretera

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Marcas (nombres comerciales del fabricante):.....

1.2. Denominaciones comerciales (si procede):.....

1.3. Nombre de la empresa y dirección del fabricante:.....

1.4. Nombre del servicio técnico:.....

1.5. Dirección del servicio técnico:.....

1.6. Lugar del ensayo:.....

1.7. Fecha del ensayo:.....

1.8. Número del informe de ensayo:.....

1.9. Número de referencia de la ficha de características (si está disponible):.....

1.10. Tipo de informe de ensayo (*): primer ensayo/ensayo adicional/ensayo complementario

1.10.1. Descripción de la finalidad del ensayo:.....

2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL MOTOR (MOTOR SOMETIDO A ENSAYO)

2.1. Designación del tipo de motor/familia de motores/FT:.....

2.2. Número de identificación del motor:.....

2.3. Categoría y subcategoría del motor (*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/NRE-c-3/NRE-c-4/NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/ NRS-vr-1b/ NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a/NRS-v-2b/NRS-v-3/SMB-v-1/ATS-v-1

3. LISTA DE COMPROBACIÓN RELATIVA A LA DOCUMENTACIÓN Y LA INFORMACIÓN (SOLO PRIMER ENSAYO)

3.1. Referencia de la documentación de la cartografía del motor:.....

3.2. Referencia de la documentación sobre la determinación del factor de deterioro:.....

3.3. Referencia de la documentación sobre la determinación de los factores de la regeneración infrecuente, si procede:.....

3.4. Referencia de la documentación sobre la demostración del diagnóstico del control de NO_X, si procede:.....

3.5. Referencia de la documentación sobre la demostración del diagnóstico del control de partículas, si procede: .....

3.6. Referencia de la documentación relativa a la declaración sobre las medidas contra la manipulación en el caso de los tipos de motor y familias de motores que utilizan una ECU como parte del sistema de control de emisiones: .....

3.7. Referencia de la documentación relativa a la declaración y a la demostración con respecto a las medidas contra la manipulación y a los parámetros ajustables en el caso de los tipos de motor y familias de motores que utilizan dispositivos mecánicos como parte del sistema de control de emisiones:.....

3.8. El fabricante tiene intención de utilizar la señal del par de la ECU para la supervisión en servicio (*): Sí/No

3.8.1. Par en el dinamómetro superior o igual a 0,93 × par de la ECU (*): Sí/No

3.8.2. Factor de corrección del par de la ECU en caso de que el par en el dinamómetro sea inferior a 0,93 × par de la ECU:

4. COMBUSTIBLES DE REFERENCIA UTILIZADOS PARA EL ENSAYO (CUMPLIMENTAR LOS PUNTOS PERTINENTES)

4.1. Combustible líquido para motores de encendido por chispa

4.1.1. Marca: .....

4.1.2. Tipo:.....

4.1.3. Octanaje RON: .....

4.1.4. Octanaje MON: .....

4.1.5. Contenido de etanol (%):.....

4.1.6. Densidad a 15 °C (kg/m^3):.....

4.2. Combustible líquido para motores de encendido por compresión

4.2.1. Marca: .....

4.2.2. Tipo:.....

4.2.3. Índice de cetano:.....

4.2.4. Contenido de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) (%): .....

4.2.5. Densidad a 15 °C (kg/m^3):.....

4.3. Combustible gaseoso: GLP

4.3.1. Marca: .....

4.3.2. Tipo:.....

4.3.3. Tipo de combustible de referencia: combustible A/combustible B

4.3.4. Octanaje MON: .....

4.4. Combustible gaseoso: metano/biometano

4.4.1. Tipo de combustible de referencia (*): GR/G23/G25/G20

4.4.2. Fuente del gas de referencia: combustible de referencia específico/gas de gaseoducto con aditivo

4.4.3. Combustible de referencia específico

4.4.3.1. Marca: .....

4.4.3.2. Tipo: .....

4.4.4. Gas de gaseoducto con aditivo

4.4.4.1. Aditivos (*): Dióxido de carbono/etano/metano/nitrógeno/propano

4.4.4.2. Valor de S_λ para la mezcla de combustible resultante: .....

4.4.4.3. Índice de metano de la mezcla de combustible resultante: .....

4.5. Motor de combustible dual (además de las secciones anteriores pertinentes)

4.5.1. Coeficiente energético del gas en el ciclo de ensayo: .....

5. LUBRICANTE

5.1. Marca(s): .....

5.2. Tipo(s): .....

5.3. Viscosidad SAE: .....

5.4. Se mezclan lubricante y combustible (*): sí/no

5.4.1. Porcentaje de aceite en la mezcla: .....

6. RÉGIMEN DEL MOTOR

6.1. Régimen 100 % (rpm): .....

6.1.1. Régimen 100 % determinado mediante (*): régimen nominal declarado/régimen máximo de ensayo declarado/régimen máximo de ensayo medido

6.1.2. Régimen máximo de ensayo ajustado, si procede (rpm): .....

6.2. Régimen intermedio: .....

6.2.1. Régimen intermedio determinado mediante (*): régimen intermedio declarado/régimen intermedio medido/60 % del régimen 100 %/75 % del régimen 100 %/85 % del régimen 100 %

6.3. Régimen de ralentí (rpm): .....

7. POTENCIA DEL MOTOR

7.1. Maquinaria accionada por el motor (en su caso)

7.1.1. Indicar en el cuadro 1 la potencia absorbida, a los regímenes del motor indicados, por los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor que no pueden ser instalados para el ensayo (especificados por el fabricante).

Cuadro 1

Potencia absorbida por los accesorios del motor

Tipo de accesorio y elementos de identificación	Potencia absorbida por el accesorio (kW) al régimen indicado (cumplimentar las columnas pertinentes)						
	Ralentí	63 %	80 %	91 %	Intermedio	Potencia máx.	100 %

Tipo de accesorio y elementos de identificación	Potencia absorbida por el accesorio (kW) al régimen indicado (cumplimentar las columnas pertinentes)						
	Ralentí	63 %	80 %	91 %	Intermedio	Potencia máx.	100 %
Total ($P_{f,i}$):							

7.1.2. Indicar en el cuadro 2 la potencia absorbida, a los regímenes del motor indicados, por los accesorios relacionados con el funcionamiento del vehículo de la categoría T y de la máquina móvil no de carretera que no pueden ser retirados para el ensayo (especificados por el fabricante):

Cuadro 2

Potencia absorbida por los accesorios de máquinas móviles no de carretera

Tipo de accesorio y elementos de identificación	Potencia absorbida por el accesorio (kW) al régimen indicado (cumplimentar las columnas pertinentes)						
	Ralentí	63 %	80 %	91 %	Intermedio	Potencia máx.	100 %
Total ($P_{r,i}$):							

7.2. Indicar en el cuadro la potencia neta del motor:

Cuadro 3

Potencia neta del motor

Condición	Potencia neta del motor (kW) al régimen indicado (cumplimentar las columnas pertinentes)		
	Intermedio	Potencia máx.	100 %
Potencia de referencia medida al régimen de ensayo prescrito ($P_{m,i}$)			
Total de la potencia absorbida por los accesorios del cuadro 1 ($P_{f,i}$)			
Total de la potencia absorbida por los accesorios del cuadro 2 ($P_{r,i}$)			
Potencia neta del motor $P_i = P_{m,I} - P_{f,i} + P_{r,i}$			

8. CONDICIONES EN EL ENSAYO

8.1. f_a dentro de un intervalo comprendido entre 0,93 y 1,07 (*): Sí/No

8.1.1. Si f_a no está dentro del intervalo especificado, declarar la altitud del laboratorio de ensayo y la presión atmosférica seca: ...

8.2. Intervalo de temperaturas del aire de admisión que corresponda(*): 20 a 30 °C/– 5 a – 15 °C (solo motos de nieve)/20 a 35 °C (solo NRE de más de 560 kW)

9. INFORMACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE NRSC:

9.1. Indicar el ciclo en el cuadro 4 (marcar el ciclo utilizado con una X):

Cuadro 4

Ciclo de ensayo NRSC

Ciclo	C1	C2	D2	G1	G2	G3	H
Modo discreto							
RMC						N. P.	

9.2. Indicar en el cuadro 5 los ajustes del dinamómetro (kW):

Cuadro 5

Ajuste del dinamómetro

% de carga en el punto o % de la potencia nominal (según proceda)	*Ajuste del dinamómetro (kW) al régimen del motor indicado tras ajuste por la potencia absorbida por los accesorios* (1)*(cumplimentar las columnas pertinentes)*					
	Ralentí	63 %	80 %	91 %	Intermedio	100 %
5 %						
10 %						
25 %						
50 %						
75 %						
100 %						

(1) El ajuste del dinamómetro se determinará utilizando el procedimiento establecido en el punto 7.7.1.3 del anexo VI4 del presente Reglamento. La potencia absorbida por los accesorios en dicho punto se determinará utilizando los valores totales que figuran en los cuadros 1 y 2 del presente apéndice.

9.3. Resultados de las emisiones correspondientes al NRSC

9.3.1. Factor de deterioro (DF): calculado/asignado

9.3.2. Los valores del DF y los resultados de las emisiones ponderados por ciclo se indicarán en el cuadro 6:

Nota: En caso de que se ejecute un NRSC en modo discreto en el cual se hayan determinado los factores K_{ru} o K_{rd} para los distintos modos, el cuadro siguiente se sustituirá por un cuadro en el que se muestre cada modo y los factores K_{ru} o K_{rd} aplicados.

Cuadro 6

Valores del DF en el ciclo NRSC y resultados de las emisiones ponderados

DF mult/ad	CO	HC	NO_X	HC+ NO_X	PM	PN
Emisiones	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO_X [g/kWh]	HC+ NO_X [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN n.º/kWh
Resultado del ensayo con/sin regeneración						

DF mult/ad	CO	HC	NO_X	HC+ NO_X	PM	PN
k_{ru}/k_{rd} mult/ad						
Resultado del ensayo con los factores de ajuste de la regeneración infrecuente (IRAF)						
Resultado final del ensayo con DF						

9.3.3. CO_2 ponderado por ciclo (g/kWh):

9.3.4. Media de NH_3 por ciclo (ppm):

9.4. Indicar en el cuadro 7 los puntos de ensayo adicionales de la zona de control (en su caso):

Cuadro 7

Puntos de ensayo adicionales de la zona de control

Emisiones en el punto de ensayo	Régimen del motor	Carga (%)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM [g/kWh]	PN n.º/kWh
Resultado de ensayo 1								
Resultado de ensayo 2								
Resultado de ensayo 3								

9.5. Sistema de muestreo utilizado para el ensayo NRSC:

9.5.1. Emisiones gaseosas:

9.5.2. Unidad de control electrónico (PM):

9.5.2.1. Método (*): filtro único/múltiples filtros

9.5.3. Número de partículas:

10. INFORMACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO TRANSITORIO (SI PROCEDE)

10.1. Indicar el ciclo en el cuadro 8 (marcar el ciclo utilizado con una X):

Cuadro 8

Ciclo de ensayo transitorio

NRTC	
LSI-NRTC	

10.2. Factores de deterioro en el ensayo transitorio:

10.2.1. Factor de deterioro (DF): calculado/fijo

10.2.2. Los valores del DF y los resultados de las emisiones se indicarán en el cuadro 9

10.3. Resultados de las emisiones correspondientes al NRTC:

Cuadro 9

Valores del DF y resultados de las emisiones correspondientes al NRTC

DF mult/ad	CO	HC	NO_X	HC+ NO_X	PM	PN
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN n.º/kWh
Arranque en frío						
Arranque en caliente con/sin regeneración						
Resultado ponderado del ensayo						
k_{ru}/k_{rd} mult/ad						
Resultado ponderado del ensayo con IRAF						
Resultado final del ensayo con DF						

10.3.1. CO_2 en ciclo en caliente (g/kWh):

10.3.2. Media de NH_3 por ciclo (ppm):

10.3.3. Trabajo a lo largo del ciclo relativo a un ensayo de arranque en caliente (kWh):

10.3.4. CO_2 del ciclo relativo a un ensayo de arranque en caliente (g):

10.4 Resultados de las emisiones correspondientes al NRTC-LSI

Cuadro 10

Valores del DF y resultados de las emisiones correspondientes al LSI-NRTC

DF mult/ad	CO	HC	NO_X	HC+ NO_X	PM	PN
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN n.º/kWh
Resultado del ensayo con/sin regeneración						
k_{ru}/k_{rd} mult/ad						
Resultado del ensayo con IRAF						
Resultado final del ensayo con DF						

10.4.1. CO_2 del ciclo (g/kWh):

10.4.2. Media de NH_3 por ciclo (ppm):

10.4.3. Trabajo a lo largo del ciclo (kWh):

10.4.4. CO_2 del ciclo (g):

10.5. Sistema de muestreo utilizado para el ensayo transitorio:

10.5.1. Emisiones gaseosas:

10.5.2. Unidad de control electrónico (PM):

10.5.3. Número de partículas:

11. RESULTADOS FINALES DE LAS EMISIONES

11.1. Indicar en el cuadro 11 los resultados de las emisiones en el ciclo.

Cuadro 11

Resultados finales de las emisiones

Emisiones	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO_X [g/kWh]	HC+ NO_X [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN n.º/kWh	*Ensayo Ciclo* (1)
Resultado final del ensayo NRSC con DF (2)							
Resultado final del ensayo transitorio con DF (3)							

(1) En el caso de NRSC, anotar el ciclo indicado en el punto 9.1; en el caso del ensayo transitorio, anotar el ciclo indicado en el punto 10.1.
(2) Copiar los resultados del cuadro 6.
(3) Copiar los resultados del cuadro 9 o 10, según proceda.

11.2. Resultado relativo al CO_2 (1):

11.3. Valores de referencia en el caso de que la Parte Contratante exija realizar ensayos de supervisión en servicio

11.3.1. Trabajo de referencia del NRTC (kWh) (2):

11.3.2. CO_2 de referencia del NRTC (g) (3):

Notas explicativas del modelo de informe de ensayo

(Las llamadas de nota a pie de página, las notas a pie de página y las notas explicativas no han de figurar en el informe de ensayo)

(*) Táchese lo que no proceda

(1) Para un tipo de motor o una familia de motores que se someten a ensayo con el NRSC y con un ciclo transitorio, indicar los valores de las emisiones de CO_2 del ciclo en caliente del NRTC anotado en el punto 10.2.3 o los valores de las emisiones de CO_2 del NRTC-LSI anotados en el punto 10.3.3. En el caso de un motor sometido a ensayo únicamente en un NRSC, indicar los valores de las emisiones de CO_2 obtenidos en dicho ciclo que figuran en el punto 9.3.3.

(2) Si el motor es sometido a ensayo con el NRTC, registrar el valor de 10.3.3, en caso contrario, dejar en blando.

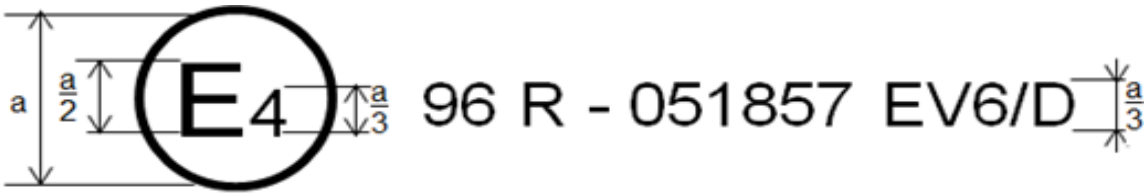
(3) Si el motor es sometido a ensayo con el NRTC, registrar el valor de 10.3.4, en caso contrario, dejar en blando.

ANEXO 3

DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN

MODELO A

(Véase el punto 4.3.3 del presente Reglamento)

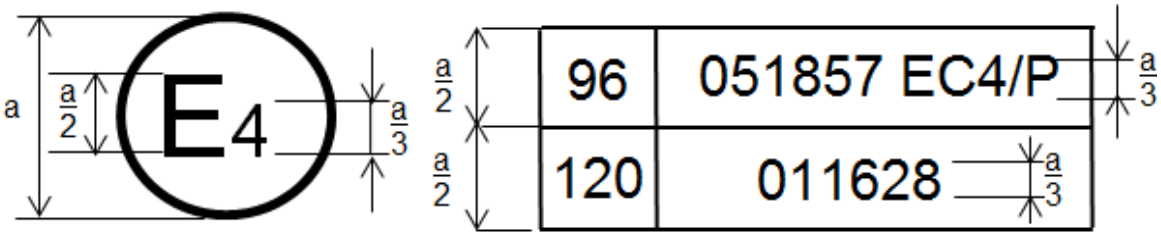


a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un motor indica que el tipo de motor en cuestión ha sido homologado con el número de homologación 051857 en los Países Bajos (E 4) con arreglo al Reglamento n.º 96 (al nivel de la fase V, subcategoría NRE-v6, régimen variable, de 130 a 560 kW, alimentado con diésel). Los dos primeros dígitos del número de homologación indican que la homologación se ha concedido con arreglo a la versión modificada del Reglamento n.º 96 (series 05 de enmiendas).

MODELO B

(véase el punto 4.4.3.4 del presente Reglamento)



a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un motor indica que el tipo de motor en cuestión ha sido homologado en los Países Bajos (E 4) con arreglo al Reglamento n.º 96 [conforme al nivel correspondiente a la subcategoría NRE, régimen variable, de 56 a 130 kW, cono se indica mediante el código EC4, alimentado con gasolina (E10) según se indica mediante el código P] y al Reglamento n.º 120. Los dos primeros dígitos del número de homologación indican que, en las fechas en que se concedieron las respectivas homologaciones, el Reglamento n.º 96 se encontraba en su versión modificada (serie 05 de enmiendas) y el Reglamento n.º 120 estaba en su forma modificada (serie 01 de enmiendas).

APÉNDICE A.1

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA CATEGORÍA DEL MOTOR PARA LA MARCA DE HOMOLOGACIÓN DE TIPO

Cuadro 1

Código de identificación de la categoría del motor para la marca de homologación de tipo

Categorías de motores (columna 1)	Subcategoría de motores (columna 2)	Categoría EDP (si procede) (columna 3)	Código de identificación de la categoría de motores (columna 4)
NRE	NRE-v-1		EV1
	NRE-v-2		EV2
	NRE-v-3		EV3
	NRE-v-4		EV4
	NRE-v-5		EV5
	NRE-v-6		EV6
	NRE-v-7		EV7
	NRE-c-1		EC1
	NRE-c-2		EC2
	NRE-c-3		EC3
	NRE-c-4		EC4
	NRE-c-5		EC5
	NRE-c-6		EC6
	NRE-c-7		EC7
NRG	NRG-v-1		GV1
	NRG-c-1		GC1
NRSh	NRSh-v-1a	Categoría 1	SHA1
		Categoría 2	SHA2
		Categoría 3	SHA3
	NRSh-v-1b	Categoría 1	SHB1
		Categoría 2	SHB2
		Categoría 3	SHB3
SMB	SMB-v-1		SM1

Categorías de motores (columna 1)	Subcategoría de motores (columna 2)	Categoría EDP (si procede) (columna 3)	Código de identificación de la categoría de motores (columna 4)
ATS	ATS-v-1		AT1
NRS	NRS-vr-1a	Categoría 1	SRA1
		Categoría 2	SRA2
		Categoría 3	SRA3
	NRS-vr-1b	Categoría 1	SRB1
		Categoría 2	SRB2
		Categoría 3	SRB3
	NRS-vi-1a	Categoría 1	SYA1
		Categoría 2	SYA2
		Categoría 3	SYA3
	NRS-vi-1b	Categoría 1	SYB1
		Categoría 2	SYB2
		Categoría 3	SYB3
	NRS-v-2a	Categoría 1	SVA1
		Categoría 2	SVA2
		Categoría 3	SVA3
	NRS-v-2b	Categoría 1	SVB1
		Categoría 2	SVB2
		Categoría 3	SVB3
	NRS-v-3	Categoría 1	SV31
		Categoría 2	SV32
		Categoría 3	SV33

Cuadro 2

Códigos de tipo de alimentación de combustible para las marcas de homologación

Tipo de combustible (columna 1)	Subtipo, si procede (columna 2)	Código del tipo de combustible (columna 3)
Motor EC alimentado con diésel (gasóleo para máquinas no de carretera)		D
Motor EC específico alimentado con etanol (ED95)		ED
Motor SI alimentado con etanol (E85)		E85
Motor SI alimentado con gasolina (E10)		P

Tipo de combustible (columna 1)	Subtipo, si procede (columna 2)	Código del tipo de combustible (columna 3)
Motor SI alimentado con GLP		Q
Motor SI alimentado con gas natural/biometano	Motor homologado y calibrado para los gases del grupo H	H
	Motor homologado y calibrado para los gases del grupo L	L
	Motor homologado y calibrado para los gases de los grupos H y L	HL
	Motor homologado y calibrado para una composición de gas específica del grupo H y que puede adaptarse a otro gas específico del grupo H mediante un reglaje de la alimentación de combustible del motor	HT
	Motor homologado y calibrado para una composición de gas específica del grupo L y que puede adaptarse a otro gas específico del grupo L después de un reglaje de la alimentación de combustible del motor	LT
	Motor homologado y calibrado para una composición de gas específica del grupo H o bien del grupo L y que puede adaptarse a otro gas específico del grupo H o bien del grupo L mediante un reglaje de la alimentación del motor	HLT
	Motor homologado y calibrado para una composición específica de gas natural licuado/biometano licuado que presenta un factor de desplazamiento λ que no difiere en más de un 3 % del factor de desplazamiento λ del gas G_{20} especificado en el apéndice 4 del presente Reglamento, y cuyo contenido de etano no supera el 1,5 %	LN2
	Motor homologado y calibrado para cualquier otra composición de gas natural licuado/biometano licuado (distinta de las anteriores)	GNL
Motores de combustible dual	para motores de combustible dual de tipo 1A	1A# (*)
	para motores de combustible dual de tipo 1B	1B# (*)
	para motores de combustible dual de tipo 2A	2A# (*)
	para motores de combustible dual de tipo 2B	2B# (*)
	para motores de combustible dual de tipo 3B	3B# (*)

(*) Sustituir «#»por la especificación del gas homologada.

Cuadro 3

Sufijo para combustible dual

Especificación del gas homologada	Sufijo para combustible dual (columna 2)
Motor de combustible dual homologado y calibrado para el grupo H de gases como componente gaseoso del combustible	1
Motor de combustible dual homologado y calibrado para el grupo L de gases como componente gaseoso del combustible	2

Especificación del gas homologada	Sufijo para combustible dual (columna 2)
Motor de combustible dual homologado y calibrado para los grupos H y L de gases como componente gaseoso del combustible	3
Motor de combustible dual homologado y calibrado para una composición de gas específica del grupo H y que puede adaptarse a otro gas específico del grupo H mediante un reglaje de la alimentación de combustible del motor como componente gaseoso del combustible	4
Motor de combustible dual homologado y calibrado para una composición de gas específica del grupo L y que puede adaptarse a otro gas específico del grupo L después de un reglaje de la alimentación de combustible del motor como componente gaseoso del combustible	5
Motor de combustible dual homologado y calibrado para un gas de composición específica del grupo H o bien del grupo L y que puede adaptarse a otro gas específico del grupo H o bien del grupo L mediante un reglaje de la alimentación del motor como componente gaseoso del combustible	6
Motor de combustible dual homologado y calibrado para una composición específica de gas natural licuado/biometano licuado que presenta un factor de desplazamiento λ que no difiere en más de un 3 % del factor de desplazamiento λ del gas G_{20} especificado en el apéndice 4 del presente Reglamento, y cuyo contenido de etano no supera el 1,5 % como componente gaseoso del combustible	7
Motor de combustible dual homologado y calibrado para cualquier otra composición de gas natural licuado/biometano licuado (distinta de la anterior) como componente gaseoso del combustible	8
Motor de combustible dual homologado para el funcionamiento con GLP como componente gaseoso del combustible	9

ANEXO 4

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

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.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1. El presente anexo contiene las disposiciones técnicas necesarias para realizar los ensayos de emisiones.

3. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.1. Definiciones

Véase el punto 2.1 del presente Reglamento

3.2. Símbolos generales ([1])

Símbolo	Unidad	Término
a_0	—	*y* ordenada en el origen de la línea de regresión
a_1	—	Pendiente de la línea de regresión
α_{sp}	rad/s²	Derivada del régimen del motor en el punto de consigna
A/F_{st}	—	Relación estequiométrica aire/combustible
c	ppm, vol %	Concentración (también en µmol/mol = ppm)
D	—	Factor de dilución
d	m	Diámetro
E	por ciento	Eficiencia de la conversión
e	g/kWh	Base específica del freno
e_{gas}	g/kWh	Emisión específica de componentes gaseosos
e_{PM}	g/kWh	Emisión específica de partículas
e_w	g/kWh	Emisión específica ponderada
F		Estadísticas de los ensayos F
F	—	Frecuencia del evento de regeneración como fracción de los ensayos durante los cuales se produce la regeneración
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio
k_r	—	Factor de regeneración multiplicativo
k_{Dr}	—	Factor de ajuste a la baja
k_{Ur}	—	Factor de ajuste al alza

([1]) Los símbolos específicos pueden consultarse en los anexos.

Símbolo	Unidad	Término
λ	—	Coeficiente de exceso de aire
L	—	Porcentaje de par
M_a	g/mol	Masa molar del aire de admisión
M_e	g/mol	Masa molar del gas de escape
M_{gas}	g/mol	Masa molar de los componentes gaseosos
m	kg	Masa
m_{gas}	g	Masa de las emisiones gaseosas durante el ciclo de ensayo
m_{PM}	g	Masa de las emisiones de partículas durante el ciclo de ensayo
n	min^{-1}	Régimen del motor
n_{hi}	min^{-1}	Régimen alto del motor
n_{lo}	min^{-1}	Régimen bajo del motor
P	kW	Potencia
P_{max}	kW	Potencia máxima observada o declarada al régimen de ensayo en las condiciones de ensayo (especificada por el fabricante)
P_{AUX}	kW	Potencia total declarada absorbida por los accesorios instalados para el ensayo
p	kPa	Presión
p_a	kPa	Presión atmosférica seca
PF	por ciento	Fracción de penetración
q_{maw}	kg/s	caudal másico de aire de admisión en base húmeda
q_{mdw}	kg/s	Caudal másico del aire de dilución en base húmeda
q_{mdew}	kg/s	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda
q_{mew}	kg/s	Caudal másico del gas de escape en base húmeda
q_{mf}	kg/s	Caudal másico de combustible
q_{mp}	kg/s	Flujo de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial
q_V	m^3/s	Caudal volumétrico
RF	—	Factor de respuesta
r_d	—	Relación de dilución
r^2	—	Coeficiente de determinación

Símbolo	Unidad	Término
ρ	kg/m³	Densidad
σ	—	Desviación típica
S	kW	Ajuste del dinamómetro
SEE	—	Error típico de estimación de y sobre x
T	°C	Temperatura
T_a	K	Temperatura absoluta
T	N·m	Par motor
T_{sp}	N·m	Par pedido al punto de consigna «sp»
u	—	Relación entre las densidades del componente del gas y el gas de escape
t	s	Tiempo
Δt	s	Intervalo de tiempo
t_{10}	s	Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 10 % del valor medido final
t_{50}	s	Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 50 % del valor medido final
t_{90}	s	Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 90 % del valor medido final
V	m³	Volumen
W	kWh	Trabajo
y		Variable genérica
$\overline{y}$		Media aritmética

3.3. Subíndices

abs	Cantidad absoluta
act	Cantidad real
air	Cantidad de aire
amb	Cantidad ambiental
atm	Cantidad atmosférica
cor	Cantidad corregida
CFV	Venturi de flujo crítico
denorm	Cantidad desnormalizada
dry	Cantidad en seco
exp	Cantidad esperada
filter	Filtro de muestreo de PM
i	Medición instantánea (p. ej., 1 Hz)
i	Un individuo de una serie
idle	Condición al ralentí
in	Cantidad dentro
leak	Cantidad de fuga
max	Valor máximo (pico)

meas	Cantidad medida
min	Valor mínimo
mix	Masa molar de aire
out	Cantidad fuera
PDP	Bomba de desplazamiento positivo
ref	Cantidad de referencia
SSV	Venturi subsónico
total	Cantidad total
uncor	Cantidad no corregida
vac	Cantidad de vacío
weight	Peso de calibración
wet	Cantidad en base húmeda

3.4. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos (utilizados también como subíndices)

Véase el punto 2.2.2 del presente Reglamento

3.5. Abreviaturas

Véase el punto 2.2.3 del presente Reglamento

4. REQUISITOS GENERALES

Los motores que se someterán a ensayo deberán cumplir los requisitos de funcionamiento establecidos en el punto 5 siempre que se prueben de conformidad con las condiciones de ensayo establecidas en la punto 6 y con los procedimientos de ensayo establecidos en la punto 7.

5. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO

5.1. Requisitos generales

5.1.1. Reservado ([2])

5.1.2. Emisiones de gases y partículas contaminantes

Los contaminantes están representados por:

a) Óxidos de nitrógeno, NO_X;

b) Hidrocarburos, expresados como hidrocarburos totales, HC o THC;

c) Materia particulada, PM;

d) Número de partículas, PN;

e) Monóxido de carbono, CO.

Los valores medidos de gases y materia particulada contaminantes emitidos por el motor se refieren a las emisiones específicas del freno en gramos por kilovatio-hora (g/kWh), mientras que, en el caso del número de partículas, los valores medidos se refieren a las emisiones específicas del freno en número de partículas por kilovatio-hora (n.º/kWh). Podrán utilizarse otros sistemas de unidades con conversión adecuada.

([2]) La numeración del presente anexo es coherente con la del Reglamento técnico mundial n.º 11 de las Naciones Unidas. No obstante, algunas secciones de este último no son necesarias en el presente anexo

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 apéndice 2 del presente Reglamento.

Los resultados, obtenidos con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.1 del presente Reglamento, no superarán los valores límite aplicables.

Se medirán y comunicarán los valores de las emisiones de CO_2 correspondientes a todas las subcategorías de motores, de conformidad con lo dispuesto en el punto 6.1.4 del presente Reglamento.

Asimismo, tal como se requiere de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.4 del anexo 9, 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 dicho punto.

Las emisiones se determinarán en los ciclo de ensayo (estado continuo y/o transitorio), como se describe en el punto 7 del presente anexo. Los sistemas de medición se someterán a las comprobaciones de calibración y resultados establecidas en el punto 8 del presente anexo con el equipo de medición descrito en el punto 9 del mismo.

La autoridad de homologación de tipo podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes con arreglo al punto 5.1.3 del presente anexo.

5.1.3. Equivalencia

La determinación de 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 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 *t*, tal como se describen en el anexo 5, apéndice A.3, obtenidas en dichas condiciones de laboratorio, de celda de ensayo y de motor. 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 de la autoridad de homologación de tipo.

5.2. Requisitos generales de los ciclos de ensayo

5.2.1. El ensayo de homologación de tipo se llevará a cabo mediante el NRSC (ciclo continuo no de carretera) adecuado, y, cuando proceda, el ciclo transitorio no de carretera (NRTC o LSI-NRTC), que se especifican en el apéndice A.6 del presente anexo.

5.2.2. El apéndice A.6 contiene las especificaciones y características técnicas de los ciclos NRSC. A elección del fabricante, el ensayo NRSC de estado continuo puede realizarse como NRSC de modo discreto o, si está disponible, como ciclo modal con aumentos (RMC), como se describe en el punto 7.4.1.

5.2.3. El apéndice A.6 del presente anexo contiene las especificaciones y características técnicas de los ciclos NRTC y LSI-NRTC.

5.2.4. Los ciclos de ensayo especificados en el punto 7.4 y en el apéndice A.6 del presente anexo 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 (MTS) 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)

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.

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

$$\mathrm{MTS} = n_{\mathrm{lo}} + 0{,}95 \cdot (n_{\mathrm{hi}} - n_{\mathrm{lo}}) \qquad \text{(A.4-1)}$$

donde:

n_{hi} es el régimen alto definido en el punto 2.1.43,

n_{lo} es el régimen bajo definido en el punto 2.1.50;

b) cálculo basado en el método del vector más largo

$$\mathrm{MTS} = \overline{n_i} \qquad \text{(A.4-2)}$$

con:

$\overline{y}$ es igual a 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 ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$):

$$\mathrm{MTS} = n_{\mathrm{i}} \qquad \text{(A.4-3)}$$

con:

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 un régimen del motor normalizado dividiéndolo por n_{Pmax}

P_{normi} es una potencia del motor normalizada dividiéndola por P_{max}

n_Pmax 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}, el régimen al que P_{max} se produce será n_{Pmax};

ii) los regímenes en los que ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$) es igual al 98 % del valor máximo de ($n^2_{normi} + P^2_{normi}$).

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 alcanzar correctamente los regímenes de 105 % del ciclo de ensayo 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 la ejecución correcta del NRTC;

b) calcular un MTS alternativo mediante la ecuación (A.4-4):

$$MTS = ((n_{max} - n_{idle})/1{,}05) + n_{idle} \quad \text{(A.4-4)}$$

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

El régimen nominal se define en el punto 2.1.72. En el caso de los motores de régimen variable sujetos a un ensayo de emisiones distintos de los sometidos a un NRSC de régimen constante definido en el punto 2.1.12, el régimen nominal se determinará mediante el procedimiento de cartografía aplicable establecido en el punto 7.6. 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 punto 2.1.11 del presente Reglamento esté sujeto a un ensayo de emisiones, se declarará y ensayará cada uno de los regímenes alternativos.

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 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.

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.

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

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:

a) el régimen al que se haya registrado el valor más 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 aquellos casos en que sea necesario, 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 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) En el caso de 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. En aquellos casos en los que el motor solo sea capaz de funcionar a regímenes superiores a un 75 % del régimen nominal, el régimen intermedio será el régimen más bajo al que pueda funcionar el motor.

d) En aquellos casos en que los motores que no estén diseñados para 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) En el caso de los motores que deban someterse a ensayo en el ciclo G1, excepto los motores de categoría ATS, el régimen intermedio será igual al 85 % del régimen nominal.

f) En el caso de los motores de categoría ATS que deban 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 determinación 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 alcanza cerca del punto de potencia máxima del motor. El régimen de ensayo para motores de régimen constante puede ordenarse mediante el regulador instalado en el motor o mediante una señal de demanda de régimen del banco de pruebas, que representa el regulador del motor.

Cuando se utilice el regulador instalado en el motor, el 100 % del régimen será el régimen de regulación del motor definido en el punto 2.1.28 del presente Reglamento.

Cuando se utilice una señal de demanda de régimen del banco de pruebas para simular 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.

5.2.6. Par

5.2.6.1. 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);

b) la relación entre el par necesario y el par correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante (ciclo D2).

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 (A.4-5) o (A.4-6). 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 f_a se notificará con los resultados de ensayo. Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7} \quad \text{(A.4-5)}$$

Motores con turbocompresor con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1.5} \quad \text{(A.4-6)}$$

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) 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 560 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

a) Se utilizará un sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación cuya capacidad total de aire de admisión sea representativa de la instalación, en servicio, del motor de serie. El sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación de laboratorio estará diseñado para 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:

i) Durante todo el ensayo se mantendrá una temperatura mínima de 293 K (20 °C) en la entrada del refrigerador del aire de sobrealimentación.

ii) 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 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. Si el fabricante del motor no especifica las condiciones del motor o la temperatura correspondiente de salida del refrigerador del aire de sobrealimentación, el caudal de refrigerante se fijará a la potencia máxima del motor para conseguir una temperatura de salida del refrigerador del aire de sobrealimentación representativa del funcionamiento en servicio.

iii) 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 lugares 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.

c) El objetivo es obtener resultados de emisión representativos del funcionamiento en servicio. 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

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 punto 2.1.56 del presente Reglamento.

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 A.2.

En caso de que no puedan instalarse los accesorios necesarios para el ensayo, la potencia que absorben se determinará y sustraerá de la potencia del motor medida.

6.3.3. Accesorios que deberán retirarse

Los accesorios cuya definición esté relacionada con el funcionamiento del vehículo y que puedan ir montados en el motor deberán retirarse para realizar el ensayo.

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 A.2). Si dicho valor es superior al 3 % de la potencia máxima al régimen de ensayo, el servicio técnico podrá verificarlo. 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), del presente anexo.

6.3.4. Determinación de la potencia de los accesorios

Cuando sea aplicable, 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 serán aprobados por la autoridad de homologación de tipo.

6.3.5 Trabajo del 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 (A.4-7) son 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 (A.4-8):

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad \text{(A.4-7)}$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad \text{(A.4-8)}$$

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 en servicio. Ello incluye los sistemas de refrigeración del aire de sobrealimentación y de recirculación del gas de escape.

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 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 del sistema de recirculación del gas de escape al sistema de aire de admisión. 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 en servicio. 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, 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 el utilizado en servicio a lo largo de 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 del sistema de escape o la 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 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 equipados con sistemas de postratamiento del gas 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 los eventos de regeneración. En ese caso, la emisión media dependerá de la frecuencia de los eventos 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 o ciclo modal con aumentos («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 NRTC de arranque en caliente, y el fabricante declarará las condiciones normales en las que se realiza la regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión del sistema de escape, etc.). Para demostrar que el proceso de generación es continuo, se efectuará un mínimo de tres ensayos NRTC de arranque en caliente, 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, se estabilizará térmicamente con arreglo al punto 7.4.2.1, letra b), y se realizará el primer NRTC de arranque en caliente.

Los NRTC de arranque en caliente subsiguientes comenzarán tras la homogeneización 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, contrapresión del sistema de escape, etc.). El sistema de postratamiento 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 100 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 ciclo de ensayo RMC NRSC. Los factores desarrollados pueden aplicarse a los resultados de los demás ciclos de ensayo aplicables, incluido NRSC en modo discreto.

En caso de que de los ensayos no se obtengan factores de ajuste adecuados utilizando ciclos de ensayo transitorios o RMC NRSC, los factores de ajuste se determinarán mediante un ensayo de modo discreto aplicable. Los factores desarrollados mediante un ciclo de ensayo de modo discreto solo se aplicarán a los ciclos en ensayo de modo discreto.

No será necesario realizar ensayos ni desarrollar factores de ajuste tanto en el NRSC RMC como en el NRSC de moto discreto.

6.6.2.1. Requisito para fijar factores de ajuste mediante un ensayo NRTC, LSI-NRTC o RMC NRSC

Las emisiones se medirán como mínimo en tres ensayos de arranque en caliente NRTC, LSI-NRTC o NRSC de ciclo modal con aumentos (RMC), uno con un evento de regeneración y dos sin él, en un sistema de postratamiento estabilizado. El proceso de regeneración se producirá como mínimo una vez durante el ensayo NRTC, LSI-NRSC o RMC NRSC con un evento de regeneración. Si la regeneración dura más que un ensayo NRTC, LSI-NRTC o RMC NRSC, se llevarán a cabo ensayos NRTC, LSI-NRTC o RMC NRSC consecutivos y se seguirán midiendo las emisiones sin parar el motor hasta que se complete la regeneración y entonces 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 (A.4-10) a (A.4-13).

6.6.2.2. Requisito para fijar factores de ajuste mediante ensayos NRSC de modo discreto

A partir de un sistema de postratamiento 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 evento de regeneración. La medición de PM 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 (A.4-10) a (A.4-13) 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)

El fabricante declarará las condiciones normales de los parámetros en que se produce el proceso de regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión del sistema 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. El procedimiento exacto para determinar dicha frecuencia deberá ser aprobado por la autoridad de homologación de tipo basándose en buenas prácticas técnicas.

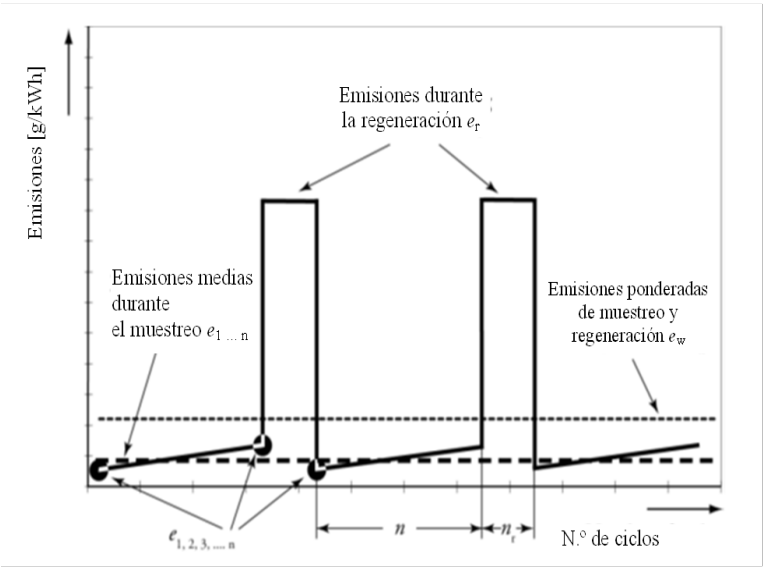
Para un ensayo de regeneración, el fabricante proporcionará un sistema de postratamiento que haya sido cargado. La regeneración no se producirá durante esta fase de acondicionamiento del motor. De forma opcional, el fabricante podrá realizar ensayos consecutivos del ciclo aplicable hasta que se haya cargado el sistema postratamiento. 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.

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, contrapresión del sistema de escape, etc.). Durante el proceso de regeneración podrán rebasarse los límites de emisión aplicables. La figura A.4-1 muestra un esquema del procedimiento de ensayo.

Figura A.4-1

Esquema de la regeneración infrecuente con un número de mediciones *n* y un número de mediciones durante la regeneración n_r



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 n.º/kWh] se ponderará mediante la ecuación (A.4-9) (véase la figura 1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad \text{(A.4-9)}$$

donde:

n= número de ensayos en los que no se produce regeneración

n_r= número de ensayos en los que se produce regeneración (mínimo, un ensayo)

$\bar{e}$ = emisión específica media de un ensayo en el que no se produce la regeneración [g/kWh o n.º/kWh]

$\bar{e}_r$ = la emisión específica media de un ensayo en el que se produce la regeneración [g/kWh o n.º/kWh]

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, en el caso de la materia particulada y el número de partículas, mediante las ecuaciones (A.4-10) a (A.4-13):

Con ajuste multiplicativo

$$k_{ru,m} = \frac{\overline{e}_w}{\overline{e}} \quad \text{(factor de ajuste al alza)} \quad \text{(A.4-10)}$$

$$k_{rd,m} = \frac{\overline{e}_w}{\overline{e}_r} \quad \text{(factor de ajuste a la baja)} \quad \text{(A.4-11)}$$

Con ajuste aditivo

$$k_{ru,a} = \overline{e}_w - \overline{e} \quad \text{(factor de ajuste al alza)} \quad \text{(A.4-12)}$$

$$k_{rd,a} = \overline{e}_w - \overline{e}_r \quad \text{(factor de ajuste a la baja)} \quad \text{(A.4-13)}$$

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. La 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 5, apéndices A.1 y A.2, sobre los cálculos de emisión específica de los frenos, el factor de ajuste de la regeneración:

a) se aplicará a los resultados ponderados aplicables de los ensayos NRTC, LSI-NRTC y NRSC si se determina para un ciclo ponderado completo;

b) cuando se determine específicamente para los distintos modos del ciclo de modo discreto aplicables, se aplicará a los resultados de dichos modos del ciclo NRSC de modo discreto aplicable en cuyo marco la regeneración tiene lugar antes del cálculo del resultado de las emisiones ponderadas del ciclo; en este caso se utilizará el método de múltiples filtros para la medición de la materia particulada;

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 1, previa autorización de la autoridad de homologación de tipo 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;

b) a petición del fabricante, la autoridad de homologación de tipo podrá considerar los eventos de regeneración de manera diferente a como se establece en la letra a). No obstante, esta opción solo 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 del presente anexo.

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 lubricante lo especificará el fabricante y será representativo del aceite lubricante disponible en el mercado. Las especificaciones del aceite lubricante utilizado para el ensayo se registrarán y se presentarán con los resultados del ensayo.

6.9. Especificaciones de los combustibles de referencia

Los combustibles de referencia se especifican en el anexo 6.

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

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 no se han emitido directamente a la atmósfera las emisiones del cárter que son dirigidas al flujo de escape antes del sistema de postratamiento durante todo el funcionamiento.

Las emisiones del cárter serán conducidas 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 flujo de escape sin diluir después de cualquier sistema de postratamiento, 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 con el sistema de escape del motor antes del muestreo. El tubo de conducción del gas de escape del cárter entrará en la corriente libre del gas de escape para evitar efectos de capa límite y para facilitar la mezcla. El orificio del tubo del gas 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 punto describe la forma en que se determinan las emisiones específicas del freno de los gases y las partículas contaminantes procedentes de los motores que van a someterse a ensayo. El motor de ensayo tendrá la configuración del motor de referencia de la familia de motores según se especifica en el anexo 10.

Un ensayo de emisiones de laboratorio consiste en la medición de las emisiones y otros parámetros en los ciclos de ensayo especificados en el presente anexo. En este anexo 4 se tratan los siguientes aspectos:

a) las configuraciones de laboratorio para medir las emisiones específicas del freno (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 materia particulada), 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 lugar 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.

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 PM 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 PM, la PM depositada en un filtro a partir del gas de escape extraído proporcionalmente se dividirán por la cantidad de gas de escape filtrado.

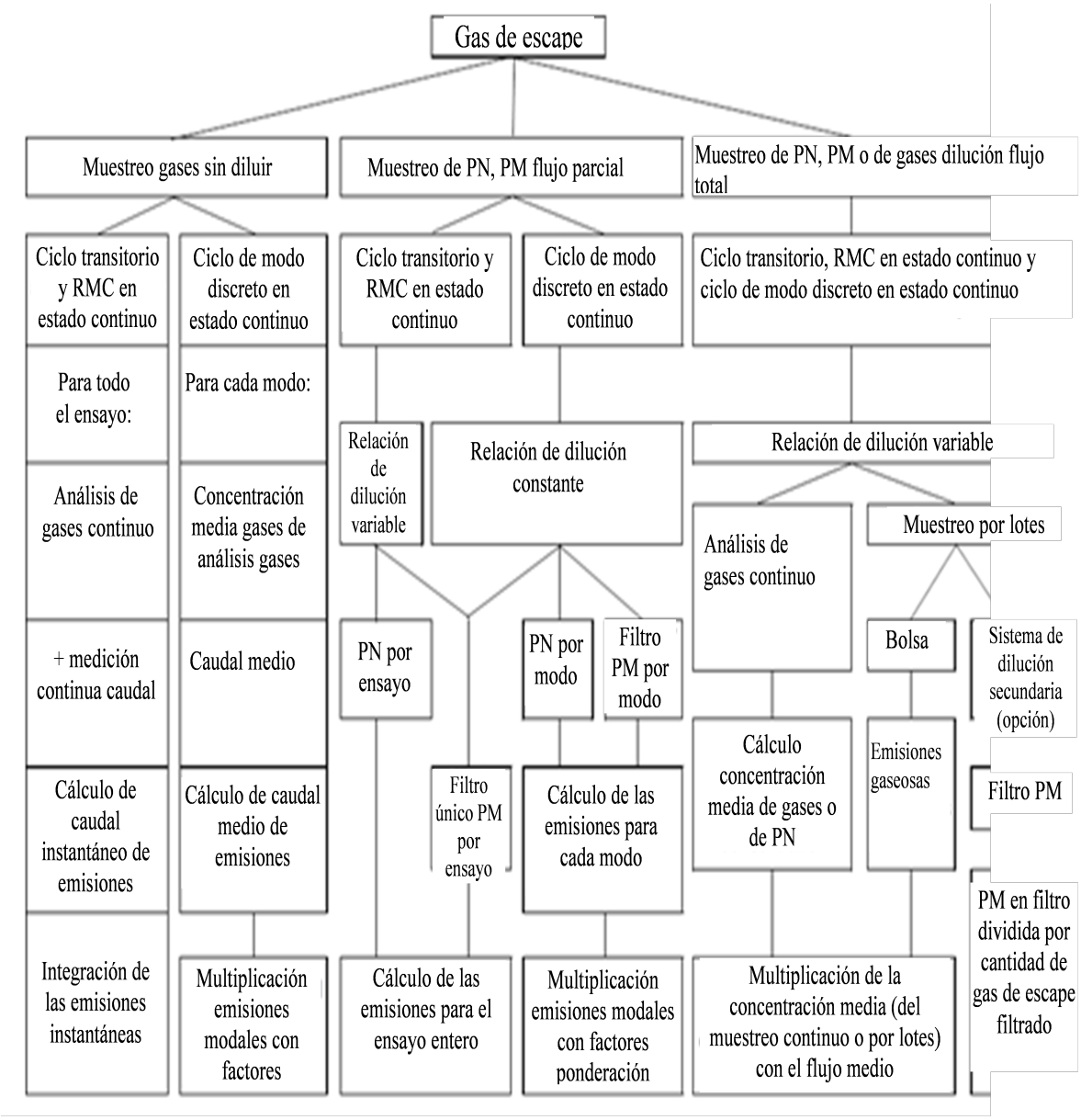
7.2.1.3. Muestreo combinado

Se permite cualquier combinación de muestreo continuo y muestreo por lotes (p. ej., PM con muestreo por lotes y emisiones gaseosas con muestreo continuo).

La figura A.4-2 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 A.4-2

Procedimientos de ensayo para medición de emisiones



Nota sobre la figura A.4-2: La expresión «muestro de PM 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.

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 (véase también el punto 6.3.5).

7.3. Verificación y calibración

7.3.1. Procedimientos previos al ensayo

7.3.1.1. Requisitos generales para el preacondicionamiento del sistema de muestreo y el motor

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 representatividad 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.

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 del presente anexo, 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.

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 del presente anexo. 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.

7.3.1.1.1. Preacondicionamiento para ciclo transitorio con arranque en frío (NRTC)

El preacondicionamiento del motor se realiza mediante como mínimo un ciclo transitorio 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 del presente anexo.

7.3.1.1.2. Preacondicionamiento para el ciclo transitorio con arranque en caliente (LSI-NRTC o 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, o en el caso de LSI-NRTC. El preacondicionamiento del motor se realizará mediante como mínimo un ciclo LSI-NRTC o NRTC de arranque en caliente, según proceda. 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 60 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) 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 60 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 o G, o en el régimen nominal del motor y el 50 % del par para para todo ciclo de ensayo NRSC de modo discreto de los tipos D2 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 en 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 NRSC

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 60 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) del motor se estabilicen en el 50 % del régimen y el 50 % del par para todo ciclo de ensayo RMC distinto de los tipos D2 o G, o en el régimen nominal del motor y el 50 % del par para para todo ciclo de ensayo RMC de los tipos D2 o G. El 50 % del régimen se calculará de acuerdo con el punto 5.2.5.1 del presente anexo 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 del presente anexo en todos los demás casos. El 50 % del par se define como el 50 % del par máximo disponible en este régimen.

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 un enfriamiento forzado del sistema de postratamiento, no se aplicará el aire refrigerante hasta que la temperatura del sistema de postratamiento 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 8 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 8 horas previas al muestreo de las emisiones con arreglo al punto 8.1.8.7 siguiente.

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 una derivación.

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 10 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 siguiente.

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 modal con aumentos o NRTC y durante el periodo de muestreo de una emisión gaseosa al final de cada modo en el caso de los ensayos en modo discreto no deberá modificarse el rango de los analizadores de emisión. 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 del presente anexo. Los analizadores FID se calibrarán sobre una base de carbono 1 (C_1).

7.3.1.6. Preacondicionamiento del filtro de PM y de pesaje de la tara

Los procedimientos de preacondicionamiento del filtro de PM y de pesaje de la tara se llevarán a cabo con arreglo a lo indicado en el punto 8.2.3 del presente anexo.

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 PM, 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 la PM. Se invalidará toda muestra que no cumpla los requisitos establecidos en el punto 8.2.1 del presente anexo.

7.3.2.2. Acondicionamiento y pesaje de la PM tras el ensayo

Los filtros de muestreo de PM 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 PM. A continuación, los filtros de muestreo de PM se acondicionarán y pesarán según lo indicado en el punto 8.2.4 del presente anexo (acondicionamiento posterior del filtro de PM y pesaje total).

7.3.2.3. Análisis del muestreo por lotes de emisiones gaseosas

Se efectuarán lo antes posible las acciones siguientes:

a) Se pondrán a cero y se ajustarán todos los analizadores de gases muestreados por lotes menos de 30 minutos después de haber finalizado el ciclo de ensayo o durante el período de homogeneización del calor, al objeto de comprobar si los analizadores de emisiones gaseosas siguen siendo estables.

b) Toda muestra convencional por lotes de gases se analizará a más tardar a los 30 minutos de haber finalizado el ciclo de ensayo de arranque en caliente o durante el período de homogeneización del calor.

c) Las muestras de fondo se analizarán a más tardar a los 60 minutos de haber finalizado el ciclo de ensayo de arranque en caliente.

7.3.2.4. Verificación de la desviación

Tras cuantificar los gases de escape, se verificará la desviación como se indica a continuación.

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) El valor medio del analizador se registrará tras estabilizar el gas patrón 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.

c) Estos datos se utilizarán para validar y corregir la desviación según lo indicado en el punto 8.2.2 del presente anexo.

7.4. Ciclos de ensayo

El ensayo de homologación de tipo se llevará a cabo mediante el ciclo continuo no de carretera (NRSC) adecuado, y, cuando proceda, el ciclo transitorio no de carretera (NRTC o LSI-NRTC), que se especifican en el apéndice A.6 del presente anexo. El método para determinar los parámetros de par, potencia y régimen para estos ciclos de ensayo se establecen en el punto 7.7 del presente anexo.

7.4.1. Ciclos de ensayo en estado continuo

Los ciclos de ensayo en estado continuo se especifican en el apéndice A.6 del presente anexo como una lista de modos discretos (puntos de funcionamiento) en los que cada punto de funcionamiento tiene un valor de régimen y un valor de par. El ciclo de ensayo en estado continuo se medirá con el motor caliente y en marcha y siguiendo las especificaciones del fabricante. A elección del fabricante, el ciclo de ensayo en estado continuo se puede desarrollar como ciclo de modo discreto o como ciclo modal con aumentos, como se explica en los puntos 7.4.1.1 y 7.4.1.2 del presente anexo. No será necesario llevar a cabo un ensayo de emisiones con arreglo a ambos puntos 7.4.1.1 y 7.4.1.2 del presente anexo.

7.4.1.1. Ciclos de ensayo de modos discretos en estado continuo

Los ciclos de ensayo de modos discretos en estado continuo son ciclos de funcionamiento en caliente en los que las emisiones se empezarán a medir con el motor arrancado, caliente y en marcha, como se especifica en el punto 7.8.1.2 del presente anexo. 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. Ciclos de ensayo en estado continuo con aumentos

Los ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) son ciclos de funcionamiento en caliente en los que las emisiones se empezarán a medir con el motor arrancado, caliente y en marcha, como se especifica en el punto 7.8.2.1 del presente anexo. Durante el ciclo de ensayo RMC, el motor se encontrará continuamente bajo el control de la unidad de control del banco de pruebas. Los gases y partículas se medirán y recogerán continuamente durante el ciclo de ensayo RMC, de la misma manera que en el ciclo transitorio.

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 ciclos de modo discreto en estado continuo. El cambio del régimen y la carga del motor de un modo al siguiente se ha de controlar linealmente en un tiempo de 20 ± 1 s. 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 los ciclos de modo discreto en estado continuo, o se separan a fin de evitar cambios extremos en la temperatura.

7.4.2. Ciclos de ensayo transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

El ciclo transitorio no de carretera (NRTC), así como el NRTC para grandes motores de encendido por chispa (LSI-NRTC), se especifican en el apéndice A.6 del anexo 4 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 del presente anexo).

7.4.2.1. Secuencia de ensayo para NRTC

En el anexo 5 se muestra una gráfica del programa dinamométrico del NRTC normalizado.

El ciclo de ensayo transitorio se ejecutará dos veces después de completado el preacondicionamiento (véase el punto 7.3.1.1.1 del presente anexo) de conformidad con el procedimiento que se indica a continuación.

a) la ronda de arranque en frío comenzará una vez que el motor y los sistemas de postratamiento se hayan enfriado a la temperatura ambiente tras el enfriamiento natural del motor, o como arranque en frío tras un enfriamiento forzado y una vez que las temperaturas del motor, el refrigerante, el aceite, los sistemas de postratamiento y todos los dispositivos de control del motor se hayan estabilizado entre 293 K y 303 K (20 °C y 30 °C). La medición de las emisiones de arranque en frío comenzará con el arranque del motor en frío.

b) El periodo de homogeneización comenzará inmediatamente después de la fase de arranque en frío. El motor se apagará y acondicionará para el arranque en caliente por medio de una homogeneización de 20 minutos ± 1 minuto.

c) La ronda de arranque en caliente comenzará inmediatamente después del período de homogeneización con el arranque del motor. Los analizadores de gases se encenderán al menos 10 s antes de que acabe el periodo de homogeneización, a fin de evitar picos de señales de encendido. La medición de emisiones comenzará de manera paralela al inicio de la fase de arranque en caliente, incluido el arranque del motor.

Las emisiones específicas del freno, expresadas en g/kWh, y, en el caso del número de partículas, en n.º/kWh, se calcularán usando los procedimientos previstos en el presente punto para los ciclos de ensayo de arranque en frío y en caliente. Las emisiones compuestas ponderadas se calcularán ponderando el 10 % de los resultados del arranque en frío y el 90 % de los resultados del arranque en caliente, como se detalla en el anexo 5, apéndices A.1 y A.2.

7.4.2.2. Secuencia de ensayo para LSI-NRTC

El ciclo de ensayo transitorio se ejecutará una vez como ensayo con arranque en caliente después de completado el preacondicionamiento (véase el punto 7.3.1.1.2 del presente anexo) de conformidad con el procedimiento que se indica a continuación.

a) El motor se pondrá en marcha y se hará funcionar durante los primeros 180 segundos del ciclo de ensayo; después se hará funcionar al ralentí y sin carga durante 30 segundos. No se medirán las emisiones durante esta secuencia de calentamiento.

b) Al término del periodo de ralentí de 30 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 5, apéndices A.1 y A.2.

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.

Previo acuerdo del servicio técnico, el procedimiento de calentamiento del motor puede incluir hasta 15 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 someter a ensayo 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 presente punto.

c) El motor, el equipo y los instrumentos de medida se prepararán previamente para el siguiente ensayo o serie de ensayos de emisiones (ciclo en frío y en caliente).

d) Se llevarán a cabo los procedimientos previos al ensayo para comprobar el adecuado funcionamiento de determinados equipos y analizadores. Todos los analizadores deben calibrarse. 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 miden o registran las emisiones y otros parámetros necesarios (en caso de NRTC, LSI-NRTC y ciclos modales con aumentos en estado continuo) 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.

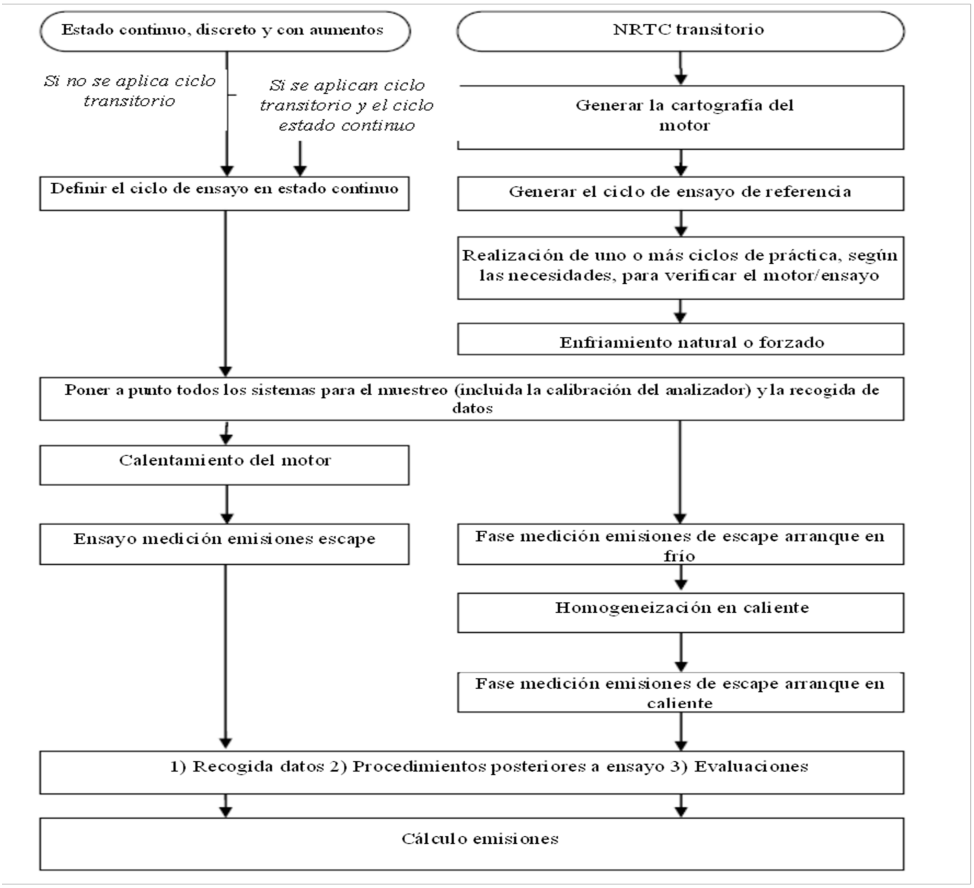
h) Los filtros de PM se preacondicionarán, se pesarán (en vacío), se cargarán, se volverán a acondicionar y se volverán a pesar (con carga), y a continuación se evaluarán las muestras siguiendo los procedimientos previos (punto 7.3.1.6 del presente anexo) y posteriores (punto 7.3.2.2 del presente anexo) al ensayo.

i) Se evaluarán los resultados de los ensayos de emisiones.

El diagrama siguiente (figura A.4-3) 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.

Figura A.4-3

Secuencia de ensayo



7.5.1. Arranque y nuevo arranque del motor

7.5.1.1. Arranque del motor

El motor se pondrá en marcha:

a) de acuerdo con el procedimiento que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando un motor de arranque de serie o un sistema de aire comprimido, y una batería adecuadamente cargada o bien una fuente de energía adecuada o bien una fuente de aire comprimido adecuada; o

b) utilizando el dinamómetro para hacer girar el motor hasta que arranque. Se impulsará el motor hasta el ±25 % de su régimen de arranque típico en servicio o se arranca aumentando linealmente la velocidad dinamométrica de 0 a 100 min^{-1} por debajo de la velocidad de ralentí, pero solo hasta que el motor arranque.

Dejará de hacerse arrancar el motor en el segundo posterior al arranque del mismo. Si el motor no se pone en marcha después de 15 s de arranque, se parará este último y se determinará el motivo por el que no ha arrancado, salvo que el manual de instrucciones o de mantenimiento indique que es normal la utilización del motor de arranque durante más tiempo.

7.5.1.2. El motor se cala

a) Si el motor se cala en algún momento del ensayo del arranque en frío del NRTC, se invalidará todo el ensayo.

b) Si el motor se cala en algún momento durante el arranque en caliente del NRTC, solo se invalidará esa ronda del ensayo. Se homogeneizará el calor del motor de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.8.3 del presente anexo y se repetirá el ensayo de arranque en caliente. En este caso, no será necesario repetir la ronda de arranque en frío.

c) Si el motor se cala en algún momento durante el LSI-NRTC, se invalidará el ensayo.

d) Si el motor se cala en algún momento del ciclo en estado continuo (discreto o con aumentos), el ensayo se invalidará y se repetirá empezando por el procedimiento de calentamiento del motor. En la medición de PM 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.

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 10 minutos a potencia máxima o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y con las buenas prácticas técnicas, a fin de estabilizar las temperaturas del refrigerante y el aceite 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 cartografía del motor también se realizará la verificación establecida en el apéndice A.3 del presente anexo.

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} es el régimen alto, entendido como el régimen más elevado del motor al que se obtiene el 70 % de la potencia máxima.

Si el 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.

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 4 a 6 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 realizar un NRTC o un LSI-NRTC, se usará la cartografía del motor 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 del presente anexo.

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) Se pondrá en funcionamiento el motor sin carga y 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 (también 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 no nulo es representativo del funcionamiento en servicio.

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 caso de motores con ciclo de ensayo de referencia cuyo régimen más bajo sea superior al régimen de ralentí en caliente, la gráfica podrá empezar entre el ralentí de referencia inferior y el 95 % del régimen de referencia inferior.

c) El régimen del motor aumentará a un promedio de 8 ± 1 min^{-1}/s o se analizará gráficamente el motor mediante un barrido continuo del régimen con una evolución constante tal que se tarde entre 4 y 6 minutos en barrer del régimen mínimo al máximo de la cartografía. La gama de regímenes de la cartografía comenzará entre el ralentí en caliente y el 95 % del ralentí en caliente y acabará a la velocidad superior por encima de la potencia máxima en la 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 opina que las técnicas de cartografía arriba descritas no son seguras o no son representativas de un motor en concreto, podrán utilizarse otras técnicas. Estas técnicas alternativas deberán satisfacer el mismo objetivo que los procedimientos cartográficos destinados a determinar el par máximo disponible a todos los regímenes alcanzados durante los ciclos de ensayo. Las desviaciones respecto de las técnicas cartográficas especificadas en el presente punto por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por la autoridad de homologación de tipo, y deberá justificarse su uso. No obstante, en ningún caso se determinará la curva de par mediante barridos continuos descendentes del régimen del motor en el caso de motores regulados o turboalimentados.

e) No es preciso analizar gráficamente un motor antes de todos y cada uno de los ciclos de ensayo. Se repetirá la cartografía de un motor en los casos siguientes:

i) según buenas prácticas técnicas, ha transcurrido un tiempo excesivo desde el establecimiento de la última cartografía; o

ii) se han efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en sus prestaciones; o

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 de producción 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 de la velocidad, según convenga.

7.6.3.1. Comprobación de la potencia nominal de los motores que deben someterse a ensayo en el ciclo D2

Se realizará la comprobación que figura a continuación.

a) Con el regulador o el simulador de regulador que controla el régimen utilizando 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. La potencia registrada no excederá en más de un 12,5 % la potencia nominal definida en el punto 2.1.71 del presente Reglamento. 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 la autoridad de homologación de tipo pruebas sólidas de que la potencia máxima no excede la potencia nominal en más de un 12,5 %.

7.6.3.2. Procedimiento de cartografía para NRSC de régimen constante

a) Con el regulador o el simulador de regulador que controla el régimen utilizando la demanda del operador, el motor funcionará con régimen regulado sin carga (a régimen alto, no ralentí bajo) durante un mínimo de 15 s, 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 2 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 el ciclo D2 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 de tipo 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, 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 de ciclos de ensayo en estado continuo (NRSC)

Este punto se utilizará para generar los regímenes y los pares 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 a ensayos NRSC, además de ensayos NRTC o bien ensayos LSI-NRTC

En el caso de los motores sometidos a ensayos NRTC o bien LSI-NRTC, además de NRSC, el MTS especificado en el punto 5.2.5.1 del presente anexo, 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 del presente anexo.

El régimen de ralentí se determinará de conformidad con el punto 5.2.5.5 del presente anexo.

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. El régimen de ralentí se utilizará para determinar el régimen intermedio de conformidad con el punto 5.2.5.4 del presente anexo. 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 del presente anexo. Previa aprobación del servicio técnico, puede utilizarse MTS en vez del régimen nominal para generar los regímenes de ensayo contemplados en este punto.

7.7.1.3. Generación de par del NRSC para cada modo de ensayo

El porcentaje de par para cada modo de ensayo del ciclo de ensayo elegido se tomará del cuadro NRSC adecuado del apéndice A.6 del presente anexo. El valor correspondiente al 100 % a un régimen de ensayo determinado será el valor medido o declarado, expresado como potencia (kW), tomado de la curva de cartografía generada de conformidad respectivamente con los puntos 7.6.1, 7.6.2 o 7.6.3 del presente anexo. El ajuste del motor para cada modo de ensayo se calculará utilizando la ecuación (A.4-14): El ajuste del motor para cada modo de ensayo se calculará utilizando la fórmula siguiente:

$$S = \left(\left(P_{\max} + P_{AUX} \right) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AUX} \qquad \text{(A.4-14)}$$

donde:

S = ajuste del dinamómetro [kW]

P_{max} = potencia máxima observada o declarada al régimen de ensayo en las condiciones de ensayo (especificada por el fabricante) [kW]

P_{AUX} = potencia total declarada absorbida por cualquier accesorio montado para el ensayo (véase el punto 6.3) al régimen de ensayo [kW]

L = porcentaje de par

Se podrá declarar un par mínimo en caliente que sea representativo del funcionamiento en servicio, que se podrá utilizar para cada punto de par 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 del ciclo D2, el fabricante declarará la potencia nominal, que se utilizará como el 100 % de potencia cuando se genere el ciclo de ensayo.

7.7.2. Generación de régimen y par de los ciclos NRTC y LSI-NRTC para cada punto de ensayo (desnormalización)

El presente punto se utilizará para generar los regímenes y los pares del motor correspondientes a su funcionamiento durante los ensayos NRTC o LSI-NRTC. En el apéndice A.6 del presente anexo 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 régimen y al par expresados en porcentaje.

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, nref, de conformidad con el punto 7.7.2.2 del presente anexo.

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 del presente anexo al régimen de referencia correspondiente. Estos valores normalizados se transformarán en una secuencia de pares de referencia, T_{ref}, de acuerdo con el punto 7.7.2.3 del presente anexo.

c) Los valores del régimen de referencia y el par de referencia, expresados en unidades coherentes, se multiplicarán para calcular los valores de 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 (A.4-15):

$$n_{ref} = \frac{\%speed.\left(MTS - n_{idle}\right)}{100} + n_{idle} \qquad \text{(A.4-15)}$$

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 apéndice A.6 del presente anexo.

7.7.2.3. Desnormalización del par del motor

Los valores del par en el programa dinamométrico del apéndice A.6 del anexo 4 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 del presente anexo mediante la ecuación (A.4-16):

$$T_{ref} = \frac{\%torque.\max torque}{100} \qquad \text{(A.4-16)}$$

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

*max.torque*es el par máximo para el régimen de ensayo respectivo tomado de la cartografía del motor realizada de conformidad con el punto 7.6.2 y ajustado, en caso necesario, de conformidad con la letra b) del presente punto.

*%torque*es el valor de par normalizado NRTC o LSI-NRTC tomado del apéndice A.6 del anexo 4.

a) Par mínimo declarado

Se podrá declarar un par mínimo que sea representativo del funcionamiento en servicio. 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 A.2 del presente anexo, no habrá ajuste del par máximo para el respectivo régimen de ensayo tomado del procedimiento de cartografía del motor realizado de acuerdo con el punto 7.6.2 del presente anexo.

Si, con arreglo a los puntos 6.3.2 o 6.3.3 del presente anexo, 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 (A.4-17).

$$T_{max} = T_{map} - T_{AUX} \quad \text{(A.4-17)}$$

con:

$$T_{AUX} = T_r - T_f \quad \text{(A.4-18)}$$

donde:

T_{map} es el par máximo no ajustado para el régimen de ensayo respectivo tomado de la cartografía del motor realizada de conformidad con el punto 7.6.2 del presente anexo.

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:

%speed = 43 %

%torque = 82 %

Dados los valores siguientes:

MTS = 2 200 min^{-1}

n_{idle} = 600 min^{-1}

resulta que:

$$n_{\text{ref}} = \frac{43 \cdot (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288\,\text{min}^{-1}$$

Con el par máximo de 700 Nm observado de la curva de la cartografía a 1 288 min^{-1}

$$\boldsymbol{T_{ref}} = \frac{82 \cdot 700}{100} = 574\,\boldsymbol{Nm}$$

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 ciclos de ensayo de modo discreto en estado continuo

Se llevará a cabo el procedimiento previo al ensayo previsto en el punto 7.3.1 del presente anexo, incluida la calibración del analizador. El motor se calentará mediante la secuencia de preacondicionamiento del punto 7.3.1.1.3 del presente anexo. 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 numérico ascendente de modo señalado anteriormente para el ciclo de ensayo pertinente (apéndice A.6 del anexo 4).

b) La duración mínima de cada modo es de 10 minutos. En cada modo se estabilizará el motor durante al menos 5 minutos. El muestreo de las emisiones gaseosas y, cuando proceda, del número de partículas, se realizará durante 1 a 3 minutos al final de cada modo, mientras que el muestreo de las emisiones de materia particulada se realizará de conformidad con la letra c).

No obstante lo dispuesto en el párrafo primero, cuando los motores de encendido por chispa se someten a los ciclos de ensayo G1, G2 o G3 o se realizan mediciones de conformidad con el punto 5.6 del presente Reglamento, cada modo tiene una duración de 3 minutos como mínimo. En este caso, el muestreo de las emisiones gaseosas y, cuando proceda, del número de PM, se realizará durante al menos los 2 últimos minutos de cada modo, mientras que el muestreo de las emisiones de materia particulada se realizará de conformidad con la letra c).

Se podrán ampliar la duración del modo y el tiempo de muestreo para mejorar la exactitud.

La duración del modo se registrará y se informará de la misma.

c) En el caso de las emisiones de materia particulada, el muestreo 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 según modo señalados en el procedimiento del ciclo de ensayo y el flujo real de escape, ajustando el caudal de la muestra y/o el tiempo de muestreo, según el caso. Es necesario que el factor de ponderación del muestreo de materia particulada 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 20 s como mínimo para el método de filtro único y de 60 s como mínimo para el de múltiples filtros. En el caso de los sistemas sin posibilidad de derivación, el tiempo de muestreo por modo será como mínimo de 60 s, 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 cala o el muestreo de emisiones se interrumpe en algún momento tras el comienzo del muestro de emisiones para el modo discreto y el método de filtro único, el ensayo se invalidará y se repetirá empezando por el procedimiento de calentamiento del motor. En la medición de materia particulada 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 del presente anexo.

7.8.1.3. Criterios de validación

Durante cada modo del ciclo de ensayo en estado continuo dado, después del período de transición inicial, el régimen medido no se desviará del régimen de referencia más del ±1 % del régimen nominal o más de ± 3 min^{-1}, el valor que sea superior, excepto en lo que se refiere a la velocidad 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 un ±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 del presente anexo, incluida la calibración del analizador. El motor se calentará mediante la secuencia de preacondicionamiento del punto 7.3.1.1.4 del presente anexo. 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 5 y 10 segundos después de finalizado el aumento comenzará la medición del ciclo de ensayo.

7.8.2.2. Ejecución de un ciclo de ensayo modal con aumentos

El ensayo se realizará por el orden de los números de modo señalados para el ciclo de ensayo (véase apéndice A.6 del presente anexo). 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 del presente anexo.

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 y con las tolerancias prescritas en el punto 7.8.2.4 del presente anexo.

En el caso de los ciclos modales con aumentos, 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 ordenando los pares de referencia y se permitirá que la demanda del operador llegue al máximo.

Durante todo el ciclo de ensayo 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 muestrearán la materia particulada y el número de partículas. Los contaminantes gaseosos se podrán medir sin diluir o diluidos y se registrarán continuamente. Si se miden diluidos, también se podrá utilizar 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 la materia particulada, esta se recogerá en un único filtro de muestreo de materia particulada.

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 cala 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 de materia particulada, con todos los sistemas en funcionamiento para 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.

e) Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2 del presente anexo.

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 del presente anexo. Las tolerancias del RMC permitidas se presentan en el cuadro A.4-1 que figura a continuación. Nótese que las tolerancias del RMC son diferentes de las tolerancias del NRTC del cuadro A.4-2. 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 A.4-2 y la eliminación de puntos del cuadro A.4-3.

Cuadro A.4-1

Tolerancias de la línea de regresión del RMC

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (*SEE*) de *y* sobre *x*	máx. 1 % del régimen nominal	máx. 2 % del par máximo del motor	máx. 2 % de la potencia máxima del motor
Pendiente de la línea de regresión, a_1	de 0,99 a 1,01	de 0,98 a 1,02	de 0,98 a 1,02
Coeficiente de determinación, r^2	0,990 mín.	0,950 mín.	0,950 mín.
y ordenada en el origen de la línea de regresión, a_0	±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 del presente anexo figuran los requisitos de tolerancia de régimen y par de cada modo. En el caso de las transiciones lineales de régimen y par de 20 s entre los modos de ensayo en estado continuo RMC (punto 7.4.1.2 del presente anexo), se aplicarán las tolerancias siguientes de régimen y carga para el aumento: el régimen se mantendrá lineal dentro de un margen del ±2 % del régimen nominal; 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)

Las órdenes de los regímenes y pares de referencia se ejecutarán de manera secuencial para llevar a cabo el NRTC y el LSI-NRTC. Las órdenes 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 las órdenes de régimen y par se interpolarán linealmente basándose en los valores de par de referencia generados a partir de la creación 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 dejar que el motor controle el régimen.

En condiciones de arranque en frío, los motores podrán usar un dispositivo de ralentí reforzado para calentar rápidamente el motor y los dispositivos de postratamiento. 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 dejar que el motor regule el régimen cuando la demanda del operador sea mínima.

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 inferiores (de hasta 1 Hz), si se registran los valores medios a lo largo del intervalo de tiempo 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 ciclo de ensayo transitorio NRTC

Se llevará a cabo el procedimiento previo al ensayo previsto en el punto 7.3.1 del presente anexo, incluida la calibración del analizador.

Los ensayos comenzarán como se indica 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 del presente anexo 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 del presente anexo.

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 apéndice A.6 del presente anexo.

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.

Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2 del presente anexo.

7.8.3.2. Realización de un ensayo LSI-NRTC

Se llevarán a cabo los procedimientos previos al ensayo conforme al punto 7.3.1 del presente anexo, 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 del presente anexo.

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 30 segundos previsto en el punto 7.4.2.2, letra b), del presente anexo. El ciclo de ensayo se ejecutará con arreglo al programa del apéndice A.6 del presente anexo.

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.

Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el punto 7.3.2 del presente anexo.

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 del ciclo, se omitirá todo valor de régimen y de par registrado durante el arranque del motor. Los puntos con valores de par negativos deberán contarse 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 del ciclo efectivo W_{act} se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia W_{ref} y calcular las emisiones específicas del freno (véanse el punto 7.2 del presente anexo).

W_{act} se situará entre el 85 % y el 105 % de W_{ref}.

7.8.3.5. Estadísticas de validación (véase el anexo 5, apéndice A.3)

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 ideal tendrá la forma:

$$y = a_1 x + a_0 \quad \text{(A.4-19)}$$

donde:

y = valor de retorno del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW)

a_1 = pendiente de la línea de regresión

x = valor de referencia del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW)

a_0 = y ordenada en el origen de la línea de regresión

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SEE) de y sobre x y el coeficiente de determinación (r^2) (anexo 4, apéndice A.2).

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hz. Para que un ensayo pueda considerarse válido deberán cumplirse los criterios del cuadro A.4-2 que figura a continuación.

Cuadro A.4-2

Tolerancias de la línea de regresión

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (*SEE*) de *y* sobre *x*	≤ 5,0 % del régimen máximo de ensayo	≤ 10,0 % del par cartografiado máximo	≤ 10,0 % de la potencia cartografiada máxima
Pendiente de la línea de regresión, a_1	0,95 a 1,03	0,83 a 1,03	0,89 a 1,03
Coeficiente de determinación, r^2	mínimo 0,970	mínimo 0,850	mínimo 0,910
y ordenada en el origen de la línea de regresión, a_0	≤ 10 % del 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 A.4-3 que figura más adelante 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 que tiene un par de referencia normalizado del 0 % y un régimen de referencia normalizado del 0 %. La eliminación de puntos se podrá aplicar a todo el ciclo o a parte de él. Se habrá de especificar qué puntos se eliminan.

Cuadro A.4-3

Puntos que pueden eliminarse en el análisis de regresión

Evento	Condiciones (n = régimen del motor, T = par)	Puntos que pueden eliminarse
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 $n_{act} > n_{ref}$ y $T_{act} \leq T_{ref}$ o $n_{act} > 1{,}02\ n_{ref}$ y $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	potencia y, o bien par, o bien régimen
Demanda máxima del operador	$n_{act} < n_{ref}$ y $T_{act} \geq T_{ref}$ o $n_{act} \geq 0{,}98\ n_{ref}$ y $T_{act} < T_{ref}$ o $n_{act} < 0{,}98\ n_{ref}$ y $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0{,}02\ T_{maxmappedtorque})$	potencia y, o bien par, o bien régimen

donde:

n_{ref} es el régimen de referencia (véase el punto 7.7.2 del presente anexo)

n_{idle} es el régimen de ralentí

n_{act} es el régimen (medido) real

T_{ref} es el par de referencia (véase el punto 7.7.2 del presente anexo)

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 el punto 7.6 del presente anexo.

8. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

8.1. Comprobaciones de calibración y funcionamiento

8.1.1. Introducción

En este punto se describen las calibraciones y verificaciones necesarias de los sistemas de medición. Véanse en el punto 9.4 del presente anexo las especificaciones aplicables a los diferentes instrumentos

En general, las calibraciones o 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 funcionamiento con una frecuencia coherente con las recomendaciones del fabricante del sistema de medición y también con las buenas prácticas técnicas.

Se aplicarán las normas internacionales para cumplir las tolerancias indicadas para las calibraciones y verificaciones.

8.1.2. Resumen de la calibración y la verificación

El cuadro A.4-4 resume las calibraciones y verificaciones descritas en el presente punto e indica cuándo se han de efectuar.

Cuadro A.4-4
Resumen de calibración y verificaciones

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima [a]
8.1.3: Exactitud, 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. Flujos de gas limpio y de gas de escape diluido: 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 gas 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. Analizadores de gases: en la instalación inicial, en los 35 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Balanza de PM: 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 otras especies de gas	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 otras especies de gas	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: Flujo 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 gas de escape	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.4: Flujo de gas de escape diluido (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 (verificación mediante la medición del contenido en propano).
8.1.8.5.8: Verificación del secador de muestras	Para enfriadores térmicos: en la instalación y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Para membranas osmóticas: en la instalación, en los 35 días del ensayo y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.8.8: Fugas en vacío	antes de cada ensayo de laboratorio, según lo prescrito en el punto 7.1.

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima [a]
8.1.9.1: Interferencia de H_2O en el NDIR de CO_2	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.9.2: Interferencia CO_2 y H_2O en el NDIR de CO	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 THC	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.
8.1.10.2: Interferencia del O_2 en la medición con el FID de los gases de escape sin diluir	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: Atenuación (*quench*) por CO_2 y H_2O en caso de CLD	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.11.3: Interferencia de H_2O e HC en caso de NDUV	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
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.
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
8.1.12.1: Balanza y pesaje de PM	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 las 12 horas siguientes al 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 del sistema de medición y las buenas prácticas técnicas.
([b]) No es obligatorio verificar el CVS cuando los sistemas concuerdan con un margen del ±2 % según el balance químico de carbono u oxígeno del aire de admisión, el combustible y el gas de escape diluido.

8.1.3. Verificaciones de exactitud, repetibilidad y ruido

Los valores de eficacia de los diferentes instrumentos especificados en el cuadro 8 constituyen la base para determinar la exactitud, la repetibilidad y el ruido de un instrumento.

No es obligatorio verificar la exactitud, 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 funcionamiento 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 A.4-5 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 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 A.4-5.

8.1.4.2. Requisitos de funcionamiento

Si un sistema de medición no cumple los criterios de linealidad aplicables del cuadro A.4-5, 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 protocolo de verificación de la linealidad que se expone a continuación.

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 del presente anexo y que se introducirá directamente en el orificio del analizador.

c) El instrumento se ajustará como se haría antes de un ensayo de emisiones mediante la introducción de 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 del presente anexo y que se introducirá directamente en el orificio 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 medido de cero, 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 de introducción de 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 del presente anexo. 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 del presente anexo y se introducirán directamente en el orificio 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 30 s con una frecuencia de registro equivalente al menos a la frecuencia mínima (como se especifica en el cuadro 7), y se registrará la media aritmética de los valores registrados, $\overline{y}_i$.

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 5. Se utilizarán los cálculos previstos en el apéndice A.3 del anexo 5.

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 del presente anexo. Los valores de referencia se utilizarán para simular valores reales, o se introducirá un valor real que se medirá con un sistema de medida de referencia. En este último caso, el valor de referencia es el valor aportado por el sistema de medida de referencia. Los valores de referencia y los sistemas de medida 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 independiente, calibrado y compensado con junta fría, según convenga. La incertidumbre del simulador conforme a las normas internacionales en función de 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 exactitud declarada por el proveedor sea superior al 0,5 % de T_{max} comparada con su curva de calibración estándar.

8.1.4.5. Sistemas de medición que requieren verificaciones de la linealidad

En el cuadro A.4-5 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 o las buenas prácticas técnicas lo recomiendan, las verificaciones de la linealidad serán más frecuentes.

b) «Min» se refiere al valor mínimo de referencia utilizado durante la verificación de la linealidad.

Téngase en cuenta 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 casos especiales en los que «max» se refiere a otro valor figuran a continuación.

i) En el caso de la verificación de la linealidad de la balanza de PM, m_{max} se refiere a la masa típica de un filtro de PM;

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 elevado que vaya a someterse a ensayo.

d) Los intervalos especificados son inclusivos. Por ejemplo, al especificar el intervalo 0,98-1,02 para la pendiente a_1, se indica $0{,}98 \leq a_1 \leq 1{,}02$.

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 %, según el 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) Es obligatorio realizar las siguientes verificaciones de la linealidad de la temperatura: la admisión de aire; los bancos de postratamiento (para motores sometidos a ensayo con sistemas de postratamiento en ciclos con criterios de arranque en frío); el aire de dilución para el muestreo de PM (CVS, doble dilución y sistemas de flujo parcial); la muestra de PM; y la muestra de enfriador (para sistemas de muestreo de gases que utilicen enfriadores para secar las muestras).

ii) Las siguientes verificaciones de la linealidad de la temperatura son obligatorias solo si el fabricante del motor así lo indica: la entrada de combustible; la salida de aire del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo (para motores sometidos a ensayo con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación del vehículo/la máquina); la entrada de refrigerante del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo (para motores sometidos a ensayo con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación del vehículo/la máquina); el aceite del colector de lubricante; 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) Es obligatorio realizar las siguientes verificaciones de la linealidad de la presión: la restricción de la presión del aire de admisión; la contrapresión de los gases de escape; 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 siguientes verificaciones de la linealidad de la presión son obligatorias solo si el fabricante del motor así lo indica: 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 sometidos a ensayo con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación del vehículo/la máquina), entrada de combustible; y salida de combustible.

Cuadro A.4-5

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 % $q_{m,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{m,\,max}$	≥ 0,990
Caudal de aire de admisión ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Caudal de aire de dilución ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Caudal de gas de escape diluido ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Caudal de gas de escape sin diluir ([1])	q_V	En los 185 días previos a los ensayos	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Caudales de muestreo por lotes ([1])	q_V	En los 370 días previos a los ensayos	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Separadores de gases	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 gases	x	En los 35 días previos a los ensayos	≤ 0,5 % x_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % x_{max}	≥ 0,998
Balanza de 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.

8.1.5. Verificación de la respuesta del sistema de análisis de gas continuo y de su registro de actualización

En el presente punto se describe un procedimiento general de verificación de la respuesta del sistema de análisis de gas continuo y su registro de actualización. Véanse en el punto 8.1.6 que figura más adelante los procedimientos de verificación de los analizadores por 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 en modales con aumentos, 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 análisis de gases 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, ajustes de los filtros de 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 curva de la 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 ≤ 5 s o con un tiempo de subida y un tiempo de bajada ≤ 5 s cada uno para todos los componentes medidos (CO, NO_X, CO_2 e HC) y todos los intervalos utilizados.

Antes de efectuar los cálculos de emisiones previstos en el anexo 5, 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 siguientes 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 10 s.

ii) La frecuencia con la que el sistema registra la concentración será como mínimo de 2 Hz (véase también el cuadro 7).

8.1.5.4. Procedimiento

Para verificar la respuesta de cada sistema de análisis de gases continuo se seguirá el procedimiento siguiente:

a) Para instalar el instrumento se seguirán las instrucciones de arranque y funcionamiento del sistema de análisis 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 arrancarán y permanecerán en funcionamiento durante el ensayo de verificación. Este ensayo de verificación se podrá ejecutar en varios analizadores que utilicen 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 3 pasos (2 entradas y 1 salida), a fin de controlar el flujo de gas de cero y gases patrón mezclados hasta 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 N_2 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 (complemento N_2) con un gas patrón de NO_2, complemento 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, resto N_2; en este caso se llevarán a cabo ensayos de respuestas separados para cada analizador. La salida del separador de gases estará conectada a la otra entrada de la llave de 3 pasos. La salida de la llave se conectará a un rebosadero de la sonda del sistema de análisis de gases o a un rebosadero instalado entre la sonda y el conducto de transferencia a todos los analizadores que se estén verificando. Deberá utilizarse una instalación 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 necesarios 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.

c) La recogida de datos se realizará como se indica a continuación.

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 válvula para permitir el paso de los gases patrón mezclados a los analizadores. Este tiempo se registrará como t_0.

v) Se tendrán en cuenta las demoras de transporte y la respuesta completa más lenta del analizador.

vi) Se conmutará la válvula para permitir el paso del gas de cero al analizador. Este tiempo se registrará como t_{100}.

vii) Se tendrán en cuenta las demoras de transporte y la respuesta completa más lenta del analizador.

viii) Se repetirán las etapas descritas en la letra c), incisos iv) a vii), del presente punto para registrar siete ciclos completos, finalizando con el paso de gas de cero a los analizadores.

ix) Se detendrá el registro.

8.1.5.5. Evaluación del funcionamiento.

Los datos de la letra c) del punto 8.1.5.4 del presente anexo se utilizarán para calcular el tiempo medio de subida $T_{10–90}$ de cada analizador.

a) Si se opta por demostrar el cumplimiento del inciso i) de la letra b) del punto 8.1.5.3 del presente anexo, se aplicará el procedimiento que se indica a continuación. Los tiempos de subida [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 sea necesario. 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, letra e inciso mencionados.

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. En esta verificación, 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. 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 verificación no se aplica a la corrección del agua retirada de la 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 presentado en la letra a) del punto 8.1.5.3 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 inciso i) de la letra b) del punto 8.1.5.3 del presente anexo.

8.1.6.4. Procedimiento

Se aplicarán todos los procedimientos previstos en las letras a) a c) del punto 8.1.5.4 del presente anexo. 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 del vapor de agua. 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 rocío más elevado de la muestra estimado durante el muestreo de la emisión, 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, después del recipiente, el gas humidificado se mantendrá a una temperatura 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 la verificación por los analizadores. 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.

8.1.7. Medición de los parámetros del motor y condiciones ambientales

Se aplicarán procedimientos internos de calidad que respondan a normas nacionales e internacionales reconocidas. En caso contrario, se aplicarán los procedimientos siguientes.

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 operaciones importantes de mantenimiento, 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 se aplica a 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 6 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 verificable internacionalmente 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 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 perpendicular 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 del presente anexo 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.

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 de 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 este punto se describe cómo calibrar los caudalímetros de los sistemas de muestreo de volumen constante (CVS) de gases de escape diluidos.

b) Esta calibración se efectuará al instalar el caudalímetro en su posición permanente, después de que se cambie cualquier elemento 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 que se supere un fracaso de la verificación del flujo de gas de escape diluido (es decir, la verificación mediante la medición del contenido en propano) prevista en el punto 8.1.8.5 del presente anexo.

c) El caudalímetro 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 verificables internacionalmente con un margen de incertidumbre del ±1 %. La respuesta de este caudalímetro de referencia al flujo se utilizará como valor de referencia para la calibración del caudalímetro CVS.

d) No se podrá utilizar una pantalla ni cualquier otra restricción susceptible de afectar al flujo antes del caudalímetro de referencia, salvo que el caudalímetro se haya calibrado teniendo en cuenta tal restricción.

e) La secuencia de calibración descrita en este punto 8.1.8.4 del presente anexo se refiere al enfoque con base molar. Para la secuencia correspondiente utilizada en el enfoque con base másica, véase el anexo 5, apéndice A.1.

f) 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.

   i) 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.

   ii) Después de la calibración del venturi *ex situ*, todas las combinaciones de flujos en el venturi deben verificarse para los CFV o en 10 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 del presente anexo. 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 del presente anexo.

iii) 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.

a) Se utilizará un dispositivo de flujo constante para lograr un flujo constante de propano en el túnel de dilución.

b) Las concentraciones de hidrocarburos se medirán en, como mínimo, 10 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.

c) 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).

d) 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), del presente anexo.

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) Se conectará el sistema según se muestra en la figura A.4-4.

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 de máxima restricción y mínima velocidad de la PDP.

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 ajusta la velocidad de la PDP al primer punto de velocidad que se pretenda calibrar.

e) Se ajusta la válvula reguladora del caudal a la abertura máxima.

f) Se hace 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 cada una de las cantidades siguientes:

i) el caudal medio del caudalímetro de referencia, $\bar{q}_{Vref}$;

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) el régimen medio 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 de las letras f) y g) del presente punto se repetirán hasta registrar los datos en un mínimo de seis posiciones de la válvula reguladora que reflejen toda la gama de posibles presiones en servicio en la entrada de la PDP.

i) La PDP se calibrará a partir de los datos recogidos y las ecuaciones del anexo 5.

j) Se repiten las etapas f) a i) del presente punto para cada régimen al que se haga funcionar la PDP.

k) Se aplicarán las ecuaciones del anexo 5, apéndice A.2 (enfoque con base molar) o A.1 (enfoque con base másica) para determinar la ecuación del flujo de la PDP para los ensayos de emisiones.

l) Se verificará la calibración efectuando la verificación del CVS (medición del contenido en propano) descrita en el punto 8.1.8.5 que figura más adelante.

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 de la CFV se calibrará como se indica a continuación.

a) Se conectará el sistema según se muestra en la figura A.4-4.

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 absoluta de entrada, 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 en el punto de mayor restricción.

e) Se ajusta la válvula reguladora del caudal a la abertura máxima. En lugar de utilizar una válvula reguladora del caudal, se podrá variar la presión después del CFV modificando la velocidad del soplador o introduciendo una fuga controlada. Nótese que algunos sopladores tienen limitaciones en condiciones sin carga.

f) Se hace funcionar el CFV durante un mínimo de 3 minutos para estabilizar el sistema. Mientras el CFV funciona de manera continua, se registran los valores medios correspondientes a un mínimo de 30 s de cada una de las cantidades que figuran a continuación.

i) El caudal medio del caudalímetro de referencia, $\bar{q}_{V\text{ref}}$.

ii) De manera opcional, el punto de rocío medio del aire de calibración, T_{dew}. En el anexo 5 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) La válvula reguladora se cerrará gradualmente para disminuir la presión absoluta en la entrada de la CFV, p_{in}.

h) Se repiten las etapas f) y g) del presente 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 la verificación. No es necesario retirar los componentes de la calibración ni los componentes del CVS para calibrar con las restricciones más bajas posibles.

i) Se determinarán C_d y la relación de presión más baja permitida, r, según lo descrito en el anexo 5.

j) Para determinar el flujo del CFV durante un ensayo de emisiones, se utilizará C_d. El CFV no se utilizará por debajo del valor más bajo de *r* permitido, determinado en el anexo 5.

k) Se verificará la calibración efectuando la verificación del CVS (medición del contenido en propano) descrita en el punto 8.1.8.5 del presente anexo.

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 al presente punto y al anexo 5. El anexo 5 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 5. El anexo 5 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 previsto de presiones de admisión. El caudalímetro del SSV se calibrará como se indica a continuación.

a) Se conectará el sistema según se muestra en la figura A.4-4.

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 en el punto de mayor restricción.

d) Con el SSV 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 %.

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 hace funcionar el SSV durante un mínimo de 3 minutos para estabilizar el sistema. Mientras el SSV funciona de manera continua, se registrarán los valores medios de los datos recogidos correspondientes a un mínimo de 30 s de cada una de las cantidades que se indican a continuación.

i) El caudal medio del caudalímetro de referencia, $\overline{q}_{Vref}$.

ii) De manera opcional, el punto de rocío medio del aire de calibración, T_{dew}. En el anexo 5 se recogen 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 de los apéndices A.1 y A.2 del anexo 5.

j) Se verifica la calibración mediante una comprobación del CVS (medición del contenido en propano) como se describe en el punto 8.1.8.5 del presente anexo, utilizando la nueva ecuación de C_d en función de *Re*.

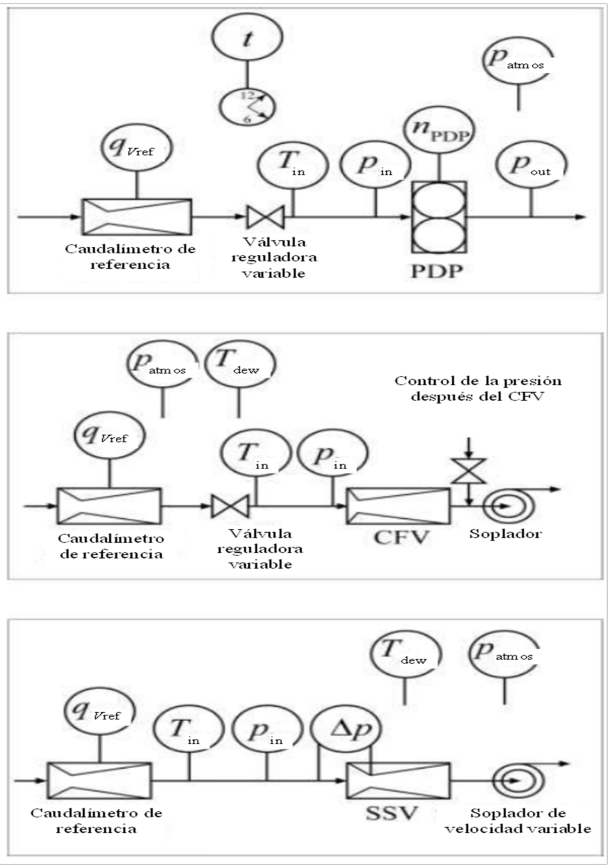
k) El SSV solo se usará entre los caudales calibrados mínimo y máximo.

l) Se aplicarán las ecuaciones del anexo 5, apéndice A.1 (enfoque con base másica) o del anexo 5, apéndice A.2 (enfoque con base molar) para determinar el flujo de SSV durante un ensayo.

8.1.8.4.5. Calibración ultrasónica (reservado)

Figura A.4-4

Diagramas esquemáticos de calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)



8.1.8.5. Verificación del CVS y del 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 gas de escape. 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 el la letra f) del presente 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. Se recalibrará, reparará o sustituirá el analizador FID.

ii) Se verificará 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 del presente anexo.

iii) La verificación de la calidad de la muestra se realizará con arreglo al punto 9.2.2 del presente anexo.

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 del presente anexo.

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 del presente anexo.

vi) Otros problemas con el hardware o el software de verificación del CVS o del muestreo. Se examinarán el sistema CVS, el *hardware* de verificación del mismo, y 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 apéndice A.1 (enfoque con base másica) o el apéndice A.2 (enfoque con base molar) del anexo 5, 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 5. 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 muestreo CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras este funciona normalmente. Se analiza el contaminante y se calcula la masa con arreglo al anexo 5. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

a) La medición por medio de una técnica gravimétrica se efectuará como se indica a continuación. Se determinará la masa de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de ±0,01 gramos. Durante 5 a 10 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 liberado se determinará mediante 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) La medición con un orificio de flujo crítico se efectuará como se indica a continuación. Se introduce una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de caudal crítico calibrado. 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 funcionará como en un ensayo normal de medición de gases de escape por espacio de 5 a 10 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 determina 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 orificio de inyección de C_3H_8 en el CVS. La localización del orificio se seleccionará lo más cerca que sea factible al lugar donde el 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

La verificación de la estanqueidad en el lado del vacío del sistema de muestreo de HC se podrá realizar con arreglo a la letra g) del presente punto. Si se aplica este procedimiento, se podrá seguir el procedimiento relativo a la contaminación por HC del 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 calibrará el analizador de HC utilizando gas patrón C_3H_8 introducido en el orificio 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 estable de HC 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.

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 registrará como x_{HCinit} y se utilizará para corregir la contaminación por HC como se describe en el anexo 5, apéndice A.1 (enfoque con base másica) o apéndice A.2 (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) Se pondrán a cero todos los dispositivos integrantes.

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_3H8 y el muestreo continuará hasta que se hayan tenido en cuenta 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 prescrito en la letra anterior.

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) Se pondrán a cero todos los dispositivos integrantes.

v) Los contenidos del cilindro de referencia de C_3H_8 se liberarán al caudal seleccionado.

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 se indica a continuación.

a) Si se ha utilizado el muestreo por lotes, las muestras por lotes se analizarán tan pronto como sea factible.

b) Tras el análisis de HC, se corregirán la contaminación y el fondo.

c) Se calculará la masa total de C_3H_8 basándose en el CVS y los datos de HC, como se describe en el anexo 5, a partir de la masa molar del 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), la masa de propano del cilindro se determinará 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 multiplicando el caudal por el tiempo de ensayo.

e) 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 ± 3,0, el CVS supera la verificación.

8.1.8.5.7. Verificación del sistema secundario de dilución de PM

Cuando la verificación mediante la medición del contenido en propano se haya de repetir para verificar el sistema secundario de dilución de PM, se aplicará el procedimiento establecido en las letras a) a d) que se indica a continuación.

a) Se configura el sistema de muestreo de HC para extraer una muestra cerca del punto donde se encuentran los medios de almacenamiento del equipo de muestreo por lotes (como el filtro de PM). Si la presión absoluta en ese punto es demasiado reducida como para extraer una muestra de HC, la muestra se toma 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 situada después del caudalímetro del equipo de muestreo por lotes que en otro caso sería aceptable causará un falso fracaso en la verificación mediante la medición del contenido en propano.

b) La verificación mediante la medición del contenido en propano se repite como se describe en el presente 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, el equipo de muestreo por lotes supera la verificación. En caso contrario, se adoptarán acciones correctivas.

8.1.8.5.8. 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 atenuación, interferencias y compensación.

a) 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 del presente anexo, el funcionamiento del enfriador térmico se verificará en el momento de la instalación y después de cualquier operación de mantenimiento importante. En el caso de los secadores de membrana osmótica, el funcionamiento se verificará en el momento de la instalación, después de cualquier operación de mantenimiento importante y en un plazo de 35 días antes de los ensayos.

b) 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 NOx del CLD mediante la atenuación (*quenching*) colisional, y positivamente con un analizador de NDIR causando una respuesta similar al CO.

c) El secador de muestras cumplirá las especificaciones indicadas en el punto 9.3.2.3.1 del presente anexo 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.

d) Para determinar el comportamiento del secador de muestras se utilizará el método de verificación del secador de muestras que figura a continuación, 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.

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), del presente punto es inferior al punto de rocío correspondiente a las especificaciones del secador de muestras determinado en el punto 9.3.2.3.1 del presente anexo más 2 K (+2 °C) o si la fracción molar de la letra d), inciso vi), es inferior a la especificada para el secador de muestras correspondiente 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.

8.1.8.6. Calibración periódica del flujo parcial de PM 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 exactitud 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 (A.4-20):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad \text{(A.4-20)}$$

donde:

q_{mp} = caudal másico de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial

q_{mdw} = caudal másico del aire de dilución en base húmeda

q_{mdew} = 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. Este error 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 que se indican a continuación.

a) La exactitud absoluta de q_{mdew} y q_{mdw} es ±0,2 %, lo que garantiza una exactitud de q_{mp} de ≤ 5 % con una relación de dilución de 15. No obstante, si la relación de dilución es superior se producirán errores mayores.

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 del presente anexo 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 exactitud 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 el ensayo.

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 calibrado que responda 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 del presente anexo.

a) El caudalímetro de q_{mdw}estará conectado en serie al caudalímetro de q_{mdew}, y se calibrará la diferencia entre ambos en al menos 5 puntos de reglaje con valores de caudal equidistantes entre el valor de q_{mdw} más bajo utilizado durante el ensayo y el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.

b) Se conecta en serie un dispositivo de flujo calibrado al caudalímetro de q_{mdew} y se verifica su exactitud 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 exactitud en al menos 5 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 desconecta del escape la línea de transferencia TL (véase la figura A.4-5) y se conecta a esta un dispositivo calibrado de medición de flujo con un intervalo adecuado para medir q_{mp}. Se ajusta q_{mdew} al valor utilizado en el ensayo, y q_{mdw} se ajusta de manera secuencial a un mínimo de 5 valores correspondientes a relaciones de dilución situadas 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 introduce un gas trazador en el conducto de transferencia del gas de escape TL. 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 mide el gas trazador. Esta operación se realizará para 5 relaciones de dilución entre 3 y 15. La exactitud del caudal de muestreo se determinará a partir de la relación de dilución r_d mediante la ecuación (A.4-21):

$$q_{mp} = q_{mdew}/r_d \quad \text{(A.4-21)}$$

Se tendrán en cuenta las precisiones de los analizadores de gas para garantizar la exactitud de q_{mp}.

8.1.8.6.3. Requisitos especiales 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 dilución 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 efectúa una verificación del flujo de carbono, se aplicará el procedimiento previsto en el anexo 4, apéndice A.4. Los caudales de carbono se calcularán de acuerdo con ecuaciones del anexo 4, apéndice A.4. Los distintos caudales de carbono no diferirán en más de un 5 %.

8.1.8.6.3.1. Verificación previa al ensayo

En las 2 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 del presente anexo) 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 del presente anexo, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

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 la figura A.5-1, se determinará mediante el método que figura a continuación.

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 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 escape (o del flujo de aire, si se calcula el flujo 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 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 del presente anexo).

Se repite el cálculo para al menos 5 estímulos de subida y bajada y se calcula 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 del presente anexo.

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 8 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 el presente punto. 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

Se puede detectar una fuga si se observa una pequeña cantidad de flujo cuando este deba ser cero, si se mide la dilución de una concentración conocida de gas patrón al pasar por el lado del vacío de un sistema de muestreo o 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 se indica a continuación.

a) Se sella el extremo de la sonda del sistema mediante una de las acciones siguientes:

   i) Se tapona el extremo de la sonda.

   ii) Se desconecta el conducto de transferencia de la sonda y se tapona.

   iii) Se cierra 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 normal en servicio del sistema. Para un cálculo estimativo de los caudales normales en servicio 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 un analizador de gases. Si se utiliza un FID, cualquier contaminación por HC en el sistema de muestreo se corregirá de acuerdo con los apéndices A.1 y A.2 del anexo 5, 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 la estanqueidad en el lado del vacío se realizará como se indica 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 exactitud 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. 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.

El ensayo de fugas por falso vacío se realizará como se indica 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) Se tapona el extremo de la sonda.

ii) Se desconecta el conducto de transferencia de la sonda y se tapona.

iii) Se cierra 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 10 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 normal en servicio del sistema mediante la ecuación (A.4-22):

$$q_{Vleak} = \frac{V_{vac}}{R} * \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{\left(t_2 - t_1\right)} \qquad \text{(A.4-22)}$$

donde:

q_{Vleak} = caudal de fuga por caída del vacío [mol/s]

q_{Vleak} = es el volumen geométrico del lado del vacío del sistema de muestreo, [m^3]

R = 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 = tiempo final del ensayo de verificación de fugas por caída del vacío [s]

t_1 = tiempo inicial del ensayo de verificación de fugas por caída del vacío [s]

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.

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.

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 se indica a continuación.

a) El analizador NDIR de CO_2 se pondrá en marcha, se hará funcionar, se pondrá a cero y se calibrará de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones.

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 del presente anexo. 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 los requisitos establecidos en el punto 9.3.2.3.1.1 del presente anexo.

c) La temperatura del gas de ensayo humidificado se mantendrá como mínimo 5 K (5 °C) por encima de su punto de rocío después del recipiente.

d) El gas de interferencia humidificado se introducirá 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 los 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 dejará 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.

h) Mientras el analizador esté midiendo la concentración de la muestra, se registrarán 30 s de datos tomados. Se calcula la media aritmética de estos datos. El analizador supera 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 H_2O y CO_2 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 y CO_2 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 se indica a continuación.

a) El analizador NDIR de CO se arranca, funciona, se pone a cero y se ajusta de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones.

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 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. Si, durante los ensayos, la mezcla se pasa por un secador, se controla la temperatura del recipiente para generar un nivel de H_2O que, como mínimo, sea tan elevado como el nivel exigido en el punto 9.3.2.3.1.1 del presente anexo. Se utilizará la concentración de un gas patrón de CO_2 que sea como mínimo tan elevada como la máxima esperada durante los ensayos.

c) Se introduce el gas de ensayo de CO_2 humidificado en el sistema de muestreo. Dicho gas puede introducirse después de cualquier secador de muestras que se utilice durante los ensayos, en su caso.

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.

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 calcula 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 del presente anexo.

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 del presente anexo.

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, este 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 se indica a continuación.

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 del presente anexo.

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 del presente anexo. La calibración se efectuará sobre una base de carbono 1 (C1).

8.1.10.1.3. Optimización de la respuesta del FID de HC

Este procedimiento solo se aplica a analizadores FID que miden HC.

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 encontrarán 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 del presente anexo 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 exactitud, si el intervalo habitual del analizador es inferior al intervalo mínimo de optimización especificado por el fabricante del instrumento.

b) Los FID calentados se encontrarán 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. 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 n.º 770141 para la optimización.

   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.

   ii) El flujo de combustible del FID deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registra la respuesta de ajuste y la respuesta cero para estos flujos de combustible.

   iii) Se traza una gráfica de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y el gas de cero y se ajusta el flujo de combustible al lado rico de la curva. Este 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 del presente anexo.

   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 del presente anexo para cada flujo.

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 disposiciones del presente punto se utilizará para la determinación de HC que se describe en el anexo 5, apéndice A.2 (enfoque con base molar) o apéndice A.1 (enfoque con base másica), a fin de compensar la respuesta al CH_4. $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ se determinará como se indica a continuación.

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 del presente anexo y se registra la concentración de C_3H_8 del gas.

b) Se selecciona una concentración de gas patrón de CH_4 que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1 del presente anexo y se registra la concentración de CH_4 del gas.

c) El analizador FID funcionará según las instrucciones de su fabricante.

d) Se confirma que el analizador FID ha sido calibrado con C_3H_8. La calibración se efectuará 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 de CH_4 seleccionado conforme a la letra b) de este punto se introduce en el orificio de muestreo del analizador FID.

h) Se estabiliza la respuesta del analizador. El tiempo de estabilización podrá incluir el tiempo necesario para purgar el conducto de transferencia y tener en cuenta la respuesta del analizador.

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 del presente anexo 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 del presente anexo. 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 del presente anexo. 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 del presente anexo.

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 del presente anexo.

c) Se determinará un nuevo valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ como se indica en el punto 8.1.10.1.4 del presente anexo. Este nuevo valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ se utilizará en los cálculos de HC, como se describe en el anexo 5, apéndice A.2 (enfoque con base molar) o apéndice A.1 (enfoque con base másica).

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 el presente punto.

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) Se seleccionan tres gases patrón de referencia que cumplan las especificaciones del punto 9.5.1 y contengan la concentración de C_3H_8 utilizada para ajustar los analizadores antes de los ensayos de emisiones. 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 del presente anexo.

c) El analizador FID se arranca y funciona 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.

f) Se comprueba la respuesta de cero utilizando el gas de cero durante los ensayos de emisiones. Si la respuesta de cero media de los 30 s de datos extraídos está dentro de una tolerancia del ±0,5 % del valor de ajuste de referencia 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 respuesta media de 30 s de datos de muestreo estabilizados se registrará como $x_{O2minHC}$.

h) Se comprueba la respuesta de 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.

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 de 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.

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 registrará como $x_{O2maxHC}$.

l) Se comprueba la respuesta de 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 determinará la máxima de estas tres diferencias porcentuales. Esta será la interferencia de O_2.

n) Si la interferencia de O_2 se encuentra dentro de un margen de tolerancia del ±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 que figuran a continuación

i) Se repite la verificación para determinar si se ha cometido algún error durante el procedimiento.

ii) Se seleccionan los gases de cero y 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. Téngase en cuenta que si estos caudales se ajustan en un FID de HC a fin de superar la verificación de la interferencia de O_2, se habrá de poner a cero el valor de RF_{CH4} para la siguiente 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.

8.1.11. Mediciones de NO_X

8.1.11.1. Verificación de la atenuación por CO_2 y H_2O en caso de CLD

8.1.11.1.1. Ámbito y frecuencia

Si se utiliza un analizador CLD para medir NO_X, el valor de la atenuación del H_2O y el CO_2 se calculará 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 mediante atenuación colisional, 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 del presente anexo determinan la atenuación y modifican los resultados de la atenuación hasta la máxima fracción molar de H_2O y la máxima concentración de CO_2 esperada en los ensayos de emisiones. En caso de que el analizador CLD aplique algoritmos de compensación de la atenuación que utilicen instrumentos de medición del H_2O y/o el CO_2, la atenuación se evaluará con estos instrumentos activos y aplicando 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 atenuación de H_2O y CO_2 combinados del ±2 %. Para la medición del gas de escape sin diluir, el analizador CLD no superará una atenuación de H_2O y CO_2 combinados del ±2,5 %. La atenuación combinada es la suma de la atenuación del CO_2 determinada como se indica en el punto 8.1.11.1.4 del presente anexo y la atenuación del H_2O determinada como se indica en el punto 8.1.11.1.5 del presente anexo. Si no se cumplen estos requisitos, se tomarán 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 atenuación del CO_2

Para determinar la atenuación del 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 del presente anexo se podrá seguir el método siguiente 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 los gases patrón y diluyentes.

c) Si el analizador CLD dispone de un modo de funcionamiento con el que solo detecta NO, en contraposición a los NOx totales, dicho analizador se hará funcionar en el modo «solo NO».

d) Se utilizarán un gas patrón de CO que cumpla las especificaciones del punto 9.5.1 del presente anexo 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 del presente anexo 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 de la letra e) del presente punto mediante el separador de gases; Se conecta el gas patrón de NO al orificio de ajuste del separador de gases. Se conecta 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 aplican 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 del diluyente del separador de gases.

h) El gas patrón de NO se conecta al orificio de diluyentes 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 exactitud de la separación. Esta concentración, x_{CO2act}, se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la atenuación del punto 8.1.11.2.3 del presente anexo. 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 este punto 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.

j) Se mide 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. A partir de estos datos, se calculará la media aritmética, x_{NOmeas}. El valor de x_{NOmeas} se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la atenuación del punto 8.1.11.2.3 del presente anexo.

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 (A.4-24). El valor calculado se utilizará en los cálculos de verificación de la atenuación, con la ecuación (A.4-23).

l) Los valores registrados con arreglo a los puntos 8.1.11.1.4 y 8.1.11.1.5 del presente anexo se utilizarán para calcular la atenuación como se indica en el punto 8.1.11.2.3 del presente anexo.

8.1.11.1.5. Procedimiento de verificación de la atenuación de H_2O

Para determinar la atenuación 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 NOx 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 del presente anexo 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 atenuación del punto 8.1.11.2.3 del presente anexo.

e) Se humidifica 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. Si la muestra de gas patrón de NO humidificado no pasa por un secador de muestras, los cálculos de verificación de la atenuación del punto 8.1.11.2.3 del presente anexo modificarán la atenuación del H_2O hasta alcanzar la fracción molar superior de H_2O esperada en los ensayos de emisiones. Si, para esta verificación, la muestra de gas 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 los requisitos establecidos en el punto 9.3.2.3.1.1 del presente anexo. En este caso, los cálculos de verificación de la atenuación del punto 8.1.11.2.3 del presente anexo no modificarán la atenuación de H_2O medida.

f) Se introduce el gas de ensayo de NO humidificado 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 selecciona el método de cálculo que corresponda de la letra e). Téngase en cuenta que el secador de muestras deberá superar la verificación especificada en el punto 8.1.8.5.8 del presente anexo.

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 (5 °C) 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. Se calculará la media aritmética de estos datos,x_{NOwet}, que se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la atenuación del punto 8.1.11.2.3 del presente anexo.

8.1.11.2. Cálculos de verificación de la atenuación del CLD

Los cálculos de verificación de la atenuación del CLD se realizarán como se indica en este punto.

8.1.11.2.1. Cantidad de agua esperada 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 del presente anexo. 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 $x_{H2Omeas}$.

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 del presente anexo. 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 atenuación de H_2O y CO_2 combinados

La atenuación de H_2O y CO_2 combinados se calculará mediante la ecuación (A.4-23):

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x_{NOwet}}{1 - x_{H2Omeas}}}{x_{NOdry}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{H20exp}}{x_{H2Omeas}} + \left(\frac{x_{NOmeas}}{x_{NOact}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{CO2exp}}{x_{CO2act}} \right] \cdot 100\% \qquad \text{(A.4-23)}$$

donde:

quench = cantidad de atenuación de CLD

x_{NOdry} = concentración medida de NO antes del borboteador, con arreglo a la letra d) del punto 8.1.11.1.5 del presente anexo

x_{NOwet} = concentración medida de NO después del borboteador, con arreglo a la letra i) del punto 8.1.11.1.5 del presente anexo

x_{H2Oexp} = fracción molar máxima de agua esperada en los ensayos de emisiones, con arreglo al punto 8.1.11.2.1 del presente anexo

$x_{H2Omeas}$ = fracción molar de agua medida en la verificación de la atenuación, con arreglo a la letra g) del punto 8.1.11.1.5 del presente anexo.

x_{NOmeas} = concentración medida de NO cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón de CO_2, con arreglo a la letra j) del punto 8.1.11.1.4 del presente anexo

x_{NOact} = concentración efectiva de NO cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón de CO_2, con arreglo a la letra k) del punto 8.1.11.1.4 del presente anexo y calculada según la ecuación (A.4-24)

x_{CO2exp} = concentración máxima esperada de CO_2 en los ensayos de emisiones, con arreglo al punto 8.1.11.2.2 del presente anexo

x_{CO2act} = concentración efectiva de CO_2 cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón de CO_2, con arreglo a la letra i) del punto 8.1.11.1.4 del presente anexo

$$x_{\mathrm{NOact}} = \left(1 - \frac{x_{\mathrm{CO2act}}}{x_{\mathrm{CO2span}}}\right) \cdot x_{\mathrm{NOspan}} \qquad \text{(A.4-24)}$$

donde:

x_{NOspan}= 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 del presente anexo

$x_{CO2span}$= 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 del presente anexo

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 NOx con un analizador NDUV, la cantidad de interferencia de H_2O e hidrocarburos se verificará tras la instalación 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 NOx. Si el analizador NDUV emplea algoritmos de compensación que utilicen mediciones de otros gases para realizar esta verificación de la interferencia, estas 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 NOx tendrá una interferencia de H_2O y HC combinados situada dentro de un margen de ±2 % de la concentración media de NOx.

8.1.11.3.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como se indica a continuación.

a) El analizador NDUV de NOx 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 los 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 NOx 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) 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 NOx esperada al nivel del valor límite de emisiones, como se indica en la ecuación (A.4-25):

$$\left|\overline{x}_{\mathrm{NOx,CLD,meas}} - \overline{x}_{\mathrm{NOx,NDUV,meas}}\right| \cdot \left(\frac{\overline{x}_{\mathrm{HC,exp}}}{\overline{x}_{\mathrm{HC,meas}}}\right) \leq 2\% \cdot \left(\overline{x}_{\mathrm{NOx,exp}}\right) \qquad \text{(A.4-25)}$$

donde:

$\overline{x}_{\mathrm{NOx,CLD,meas}}$ = es la concentración media de NOx medida por el CLD [µmol/mol] o [ppm]

$\overline{x}_{\mathrm{NOx,NDUV,meas}}$ = es la concentración media de NOx medida por el NDUV [µmol/mol] o [ppm]

$\overline{x}_{\mathrm{HC,meas}}$ = concentración media de HC medida [µmol/mol o ppm]

$\overline{x}_{\mathrm{HC,exp}}$ = concentración media de HC esperada en la norma [µmol/mol o ppm]

$\overline{x}_{\mathrm{NOx,exp}}$ = 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 NOx, 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 NOx. No obstante, el agua líquida que permanezca en 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 NOx.

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) Instalación de los instrumentos. 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) Instalación del equipo y recogida de datos.

i) Los analizadores de gas de los NOx 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 complemento aire seco) cuya concentración de NO_2 sea cercana al máximo esperado en los ensayos. 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_2 es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.

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 NOx 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 NOx 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 en el punto de rocío mediante el sistema de muestreo y el enfriador durante un mínimo de 10 minutos, hasta que se espere que el enfriador retire un caudal 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 NOx totales se estabilice, teniendo solamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento. Se calculará la media de los datos de NOx totales registrados en 30 s y se registrará este valor como $x_{NOxmeas}$.

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. Verificación de la 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 NOx, antes del analizador se utilizará un convertidor NO_2-NO. Esta verificación se efectuará tras la instalación inicial, después de cualquier operación de mantenimiento importante y en los 35 días previos a un ensayo de emisiones. Se repetirá con esta frecuencia para comprobar que la actividad catalítica del convertidor NO_2-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 NOx 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 que figura a continuación.

a) Para instalar 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 3 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 los pasos que se indican a continuación.

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 NOx totales prevista en los ensayos. El contenido en NO_2 de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO. La concentración de NO se registrará calculando la media de 30 s de datos muestreados 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 muestreados extraídos del analizador, y este valor se registrará 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 muestreados extraídos del analizador, y este valor se registrará como x_{NOmeas}.

v) El analizador de NOx se pone en modo NOx y se miden los NOx totales. La concentración de NOx se registra calculando la media de 30 s de datos muestreados extraídos del analizador, y este valor se registrará como $x_{NOxmeas}$.

vi) Se apaga el ozonizador, pero se mantiene el flujo de gas a través del sistema. El analizador de NOx indicará el NOx de la mezcla NO + O_2. La concentración de NOx se registra calculando la media de 30 s de datos muestreados extraídos del analizador, y este valor se registrará como $x_{NOx+O2mix}$.

vii) Se desconecta el suministro de O_2. El analizador de NOx indica los NOx presentes de la mezcla original de NO en N_2. La concentración de NO se registrará calculando la media de 30 s de datos muestreados 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 NOx se calculará sustituyendo en la ecuación (A.4-26) las concentraciones obtenidas:

$$Efficiency[\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \cdot 100 \qquad \text{(A.4-26)}$$

e) Si el resultado es inferior al 95 %, el convertidor NO_2-NO deberá ser reparado o sustituido.

8.1.12. Mediciones de PM

8.1.12.1. Verificaciones de la balanza de PM y verificación del proceso de pesaje

8.1.12.1.1. Ámbito y frecuencia

En este punto se describen tres verificaciones.

a) La verificación independiente del funcionamiento de la balanza de PM en un máximo de 370 días antes del pesaje de cualquier filtro.

b) El cero y el ajuste de la balanza en las 12 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.

8.1.12.1.2. 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. Puesta a cero y ajuste

8.1.12.1.3. 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 del presente anexo para realizar esta 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 PM, 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 del presente anexo para realizar esa verificación.

8.1.12.1.4. Pesaje de la muestra de referencia

Todos los valores de la masa medidos durante la sesión de pesaje se verificarán pesando los métodos de muestreo de PM de referencia (por ejemplo, filtros) antes y después de la sesión de pesaje. Una sesión de pesaje podrá ser tan breve como se desee, pero nunca superior a 80 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 PM de referencia deberán arrojar el mismo valor, dentro de un margen de ±10 µg o del ±10 % de la masa total de PM esperada, el que sea superior. En caso de que los sucesivos pesajes del filtro de muestreo de PM incumplan este 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. Esta verificación se realizará como sigue:

a) Se mantienen en el entorno de estabilización de PM al menos dos muestras de medios de muestreo de PM no utilizados. Estos medios se utilizarán como referencias. Se seleccionan para su uso como referencias filtros no utilizados del mismo material y tamaño.

b) Las referencias se estabilizarán en el entorno de estabilización de PM. Se considerará que las referencias se han estabilizado si han permanecido en el entorno de estabilización de PM un mínimo de 30 minutos y el entorno de estabilización de PM cumplía las especificaciones del punto 9.3.4.4 del presente anexo durante, como mínimo, los 60 minutos anteriores.

c) La balanza se usará varias veces con una muestra de referencia sin registrar los valores.

d) La balanza se pone a cero y se ajusta. Se coloca 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 pesa cada uno de los medios de referencia (p. ej., filtros) y se registran 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 (p. ej., filtros), se seguirá el mismo proceso para medir los valores medios de los medios de muestra (p. ej., filtros).

f) Se registran 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 8.1.12.2 del presente anexo. Se registra 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 (p. ej., filtros) se resta 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 el presente punto, se invalidarán todas las determinaciones de masas de PM realizadas desde la última validación de la masa de los medios de referencia (p. ej., 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 PM de referencia se podrán descartar. De esta manera, la validación se puede considerar un éxito. En este caso, al determinar el cumplimiento de la letra j) del presente punto, no se incluirán los medios de referencia contaminados, sino que el filtro de referencia afectado se descartará y se sustituirá.

j) En caso de que alguna de las masas de referencia cambie más de lo permitido con arreglo al punto 8.1.12.1.4 del presente anexo, todos los resultados de la PM determinados entre los dos momentos en los que se determinaron las masas de referencia quedarán invalidados. Si se descarta un medio de muestras de PM 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 presente punto 8.1.12.1.4 del presente anexo. En caso contrario, todos los resultados relativos a la PM determinados entre los dos momentos en los que se determinaron las masas de referencia quedarán invalidados.

8.1.12.2. Corrección de la flotabilidad del filtro de muestreo de PM

8.1.12.2.1. Generalidades

El filtro de muestreo de PM 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. La corrección no afecta a la flotabilidad de la PM propiamente dicha, pues en general la masa de la PM supone solo entre el 0,01 % y el 0,10 % del peso total. 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 PM. 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 la PM emitida en el ensayo.

8.1.12.2.2. Densidad del filtro de muestreo de PM

Los diferentes filtros de muestreo de PM 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:

a) En el caso del vidrio borosilicatado con revestimiento de PTFE, se utilizará una densidad del medio de muestreo de 2 300 kg/m^3.

b) 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.

c) 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.

8.1.12.2.3. Densidad del aire

Dado que el entorno de la balanza de PM 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.

8.1.12.2.4. Densidad del peso de calibración

Se utilizará la densidad declarada del material del peso metálico de calibración.

8.1.12.2.5. Cálculo de la corrección

Para corregir el filtro de muestreo de PM en función de la flotabilidad se utilizará la ecuación (A.4-27):

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \quad \text{(A.4-27)}$$

donde:

m_{cor} = masa del filtro de muestreo de PM corregida en función de la flotabilidad

m_{uncor} = masa del filtro de muestreo de PM no corregida en función de la flotabilidad

ρ_{air} = densidad del aire en el entorno de la balanza

ρ_{weight} = densidad del peso de calibración utilizado para ajustar la balanza

ρ_{media} = densidad del filtro de muestreo de PM

donde:

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \quad \text{(A.4-28)}$$

donde:

p_{abs} = presión absoluta en el entorno de la balanza

M_{mix} = masa molar del aire en el entorno de la balanza

R = constante de gases

T_{amb} = temperatura ambiente absoluta del entorno de la balanza

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 PM 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 5, apéndice A.3. Se determinará el error típico de la estimación (SEE) del caudal de muestreo respecto del caudal total. Para cada intervalo de ensayo se demostrará que 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 del ± 2,5 % de la densidad media u objetivo en cada intervalo de ensayo. En 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 del ± 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 del ± 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 del ± 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 y el filtro de PM, se demostrará que el muestreo proporcional se ha mantenido mediante uno de los métodos siguientes, señalando que se puede 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 pueden 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 PM 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 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 corrientes medidas. Si el tiempo combinado de transformación de la medición del flujo de escape y el sistema de flujo parcial es ≤ 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 de 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 que figuran a continuación.

a) El coeficiente de correlación, r2, 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 ordenada en el origen q_{mp} de la línea de regresión no superará el ± 2 % del valor máximo de q_{mp}.

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, es necesario un control previo. En ese caso, se realizará un ensayo previo y se utilizará la señal del caudal másico 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 del presente anexo.

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 del ±1 %, los datos pueden ser aceptados sin corrección o bien tras ser corregidos. Si la desviación es superior al ±1 %, se calcularán dos conjuntos de resultados de emisiones específicas del freno de cada contaminante, o el ensayo se considerará nulo. Un conjunto 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 punto A.1.6 del apéndice A.1 y al punto A.2.10 del apéndice A.2 del anexo 5. 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 del ±4 % de los valores de las emisiones específicas del freno sin corregir. En caso contrario, todo el ensayo se considerará nulo.

8.2.3. Acondicionamiento previo y pesaje de la tara de los medios de muestreo de PM (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 PM y el equipo de medición de PM.

8.2.3.1. Verificaciones periódicas

Se comprobará que el entorno de la balanza y el de estabilización de PM superan las verificaciones periódicas del punto 8.1.12 del presente anexo. 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 del presente anexo). 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 y se descartarán los filtros defectuosos.

8.2.3.3. Toma de tierra

Para manejar los filtros de PM se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el punto 9.3.4 del presente anexo.

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 PM. 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 PM. Se considerará que un medio de muestreo no utilizado se ha estabilizado si ha permanecido un mínimo de 30 minutos en un entorno de estabilización de PM cumpliendo las especificaciones del punto 9.3.4. No obstante, si se prevé que la masa de PM supere los 400 μg, el medio de muestreo deberá estabilizarse durante al menos 60 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.

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 del presente anexo).

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 8.1.12.2 del presente anexo.

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.

8.2.3.9. Pesaje de la tara

Los filtros no utilizados cuya tara se haya determinado se cargarán en casetes para filtros limpias y 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 PM (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 PM inferiores al 0,1 % de la masa del medio de muestreo. Sin embargo, el pesaje de sustitución puede no ser apropiado cuando las masas totales de la PM superan el 1 % de la masa del medio de muestreo. Si se opta por el pesaje de sustitución, se deberá utilizar tanto para el pesaje previo al ensayo como para el posterior. Se utilizará el mismo peso de sustitución para el pesaje previo al ensayo y para el posterior. 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 que figuran a continuación 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 del presente anexo.

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 del presente anexo.

c) Se seleccionará un peso de sustitución que cumpla las especificaciones de los pesos de calibración del punto 9.5.2 del presente anexo. 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) A continuación se pesará un medio de muestreo no utilizado (p. ej., un filtro nuevo) y se registrará el valor obtenido estabilizado 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 estabilizado indicado por 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 del presente anexo.

8.2.4. Acondicionamiento y pesaje de la PM tras el ensayo

Los filtros de muestreo de PM 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 PM. A continuación, los filtros de muestreo de PM se acondicionarán y pesarán según lo indicado.

8.2.4.1. Verificación periódica

Se comprobará que los entornos de pesaje y de estabilización de PM superen las verificaciones periódicas del punto 8.1.12.1 del presente anexo. Una vez finalizados los ensayos, los filtros se devolverán al entorno de pesaje y de estabilización de la PM. Una vez finalizados los ensayos, los filtros se devolverán al entorno de pesaje y de estabilización de la PM, que deberá cumplir los requisitos relativos a las condiciones ambientales del punto 9.3.4.4 del presente anexo; 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 la PM, las muestras de PM 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 PM 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 PM recogidas y los medios de filtrado asociados se inspeccionarán visualmente. Si se sospecha que las condiciones del filtro o de la muestra de PM recogida han sido objeto de alguna negligencia, o que la materia particulada ha 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 PM

Para estabilizar las muestras de PM, estas deberán estar colocadas en uno o más contenedores abiertos al entorno de estabilización de PM descrito en el punto 9.3.4.3 del presente anexo. Se considerará que una muestra de PM se ha estabilizado si ha permanecido en el entorno de estabilización de PM durante uno de los tiempos que figuran a continuación cumpliéndose las especificaciones del punto 9.3.4.3 siguiente.

a) El filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de 60 minutos antes del pesaje si se espera que la concentración total de PM en la superficie de un filtro supere los 0,353 µg/mm^2, suponiendo una carga de PM de 400 µg en una superficie de filtración de 38 mm de diámetro.

b) Si se espera que la concentración total de PM en la superficie de un filtro sea inferior a 0,353 µg/mm^2, el filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de 30 minutos antes del pesaje.

c) Si se desconoce la concentración total de PM en la superficie de un filtro que se prevé durante el ensayo, el filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de 60 minutos antes del pesaje.

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 del presente anexo).

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 5.

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 real 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 ha de efectuar 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 dispositivos postratamiento. Tales accesorios 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 del diluyente y concentraciones de fondo

Los componentes gaseosos se podrán medir sin diluir o diluidos; en cambio, por lo general, la medición de PM 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 PM, la temperatura del diluyente será la especificada en los puntos 9.2.2, en el caso del CVS, y 9.2.3, en el caso del PFD, del presente anexo, con relación de dilución variable. La capacidad de flujo del sistema de dilución será suficientemente grande como para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de 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 siguientes:

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 5 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 los puntos 7.2, 9.3 y 9.4 del presente anexo que figuran a continuación.

   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 la PM de fondo existen las opciones siguientes:

   i) Para retirar la PM de fondo, se filtrará el diluyente con filtros de aire para partículas de elevada eficacia (HEPA) cuya especificación de la eficacia mínima de recogida sea del 99,97 % (véanse en el punto 2.1.42 del presente Reglamento los procedimientos relativos a las eficacias de los filtros HEPA).

   ii) Para corregir la PM de fondo sin filtros HEPA, estas no deberán aportar más del 50 % de la PM neta recogida en el filtro de muestreo.

   iii) Se permite la corrección de fondo de la PM neta 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 diluye 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 A.4-5).

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 PM ni de número de partículas.

b) El sistema de admisión de aire de dilución no reducirá artificialmente la contrapresión del sistema 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) Para el muestreo de PM, la temperatura de los diluyentes (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno, como se indica en el punto 9.2.1 del presente anexo) 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 5. 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 al ±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 PM, como se indica a continuación.

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.

En el muestreo de PM, el flujo ya proporcional procedente del CVS pasa por una dilución secundaria (o más) para alcanzar la relación de dilución general que se muestra en la figura A.4-6 y se menciona en el punto 9.2.3.2 del presente anexo.

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.

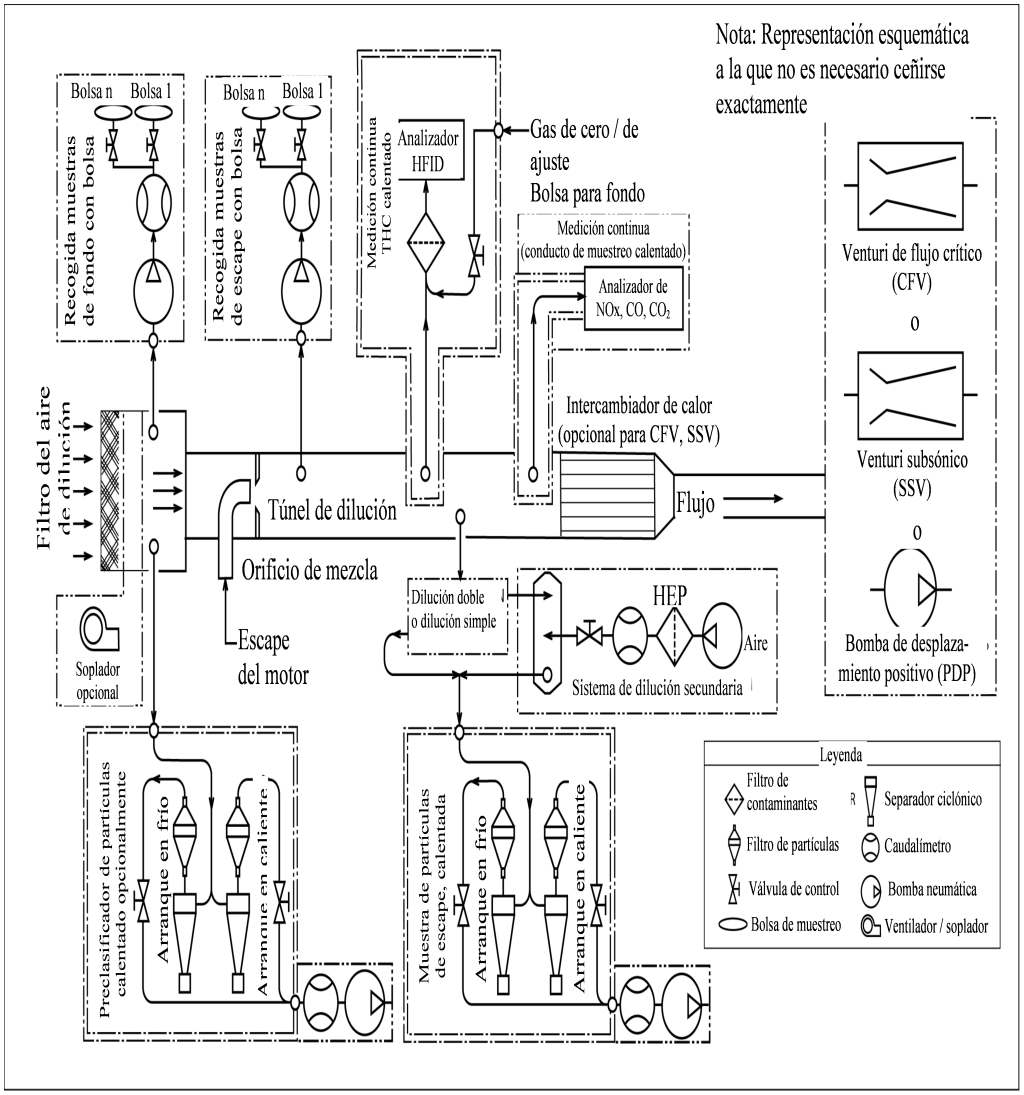
i) El tiempo global de presencia en el sistema estará entre 0,5 y 5 s, medidos desde el punto de introducción del diluyente en los portafiltros.

j) El tiempo de residencia en el sistema de dilución secundario, si existe, será de 0,5 s 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 A.4-5

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

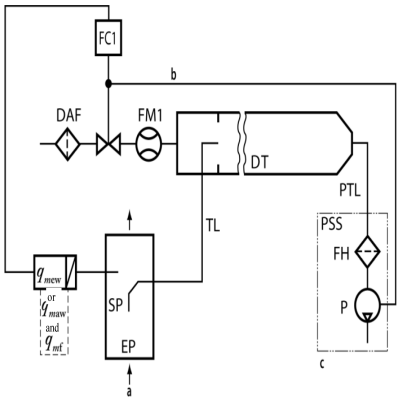
En la figura A.4-6 se muestra el esquema de un sistema PFD. Se trata de un esquema sencillo que ilustra los principios de la extracción de muestras, la dilución y el muestreo de PM. No se ha de interpretar que todos los componentes descritos en la figura sean necesarios para otros sistemas de muestreo 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 PM. Estas otras configuraciones habrán de cumplir otros criterios, como los que se indican en los puntos 8.1.8.6 (calibración periódica) y 8.2.1.2 (validación) para un PFD de dilución variable, y en el punto 8.1.4.5, en el cuadro A.4-5 (verificación de la linealidad) y el punto 8.1.8.5.7 (verificación), del presente anexo, para un PFD de dilución constante.

Como se muestra en la figura A.4-6, 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 PM), 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 PM de elevada eficacia (HEPA).

Figura A.4-6

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 PM

Componentes de la figura A.4-6:

DAF = filtro de aire de dilución – El aire de dilución (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de PM de elevada eficacia (HEPA).

DT = túnel de dilución o sistema de dilución secundario

EP = tubo de escape o sistema de dilución primario

FC1 = regulador de flujo

FH = Portafiltro

FM1 = dispositivo de medición de flujo que mide el caudal de aire de dilución

P = bomba de muestreo

PSS = sistema de muestreo de PM

PTL = conducto de transferencia de PM

SP = sonda de muestreo de gas de escape sin diluir o diluido

TL = conducto de transferencia

Caudales másicos aplicables solamente al muestreo proporcional PFD de gas de escape sin diluir:

q_{mew} = caudal másico de gas de escape en base húmeda

q_{maw} = caudal másico de aire de admisión en base húmeda

q_{mf} = Caudal másico de 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 y 325 K (de 20 a 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 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 del presente anexo. Para ello, es esencial determinar la relación de dilución de forma que se respeten los criterios de exactitud establecidos en el punto 8.1.8.6.1 del presente anexo.

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 presencia 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.

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 PM 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.

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 A.4-6). 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 PM.

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 del presente anexo.

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 tubo de escape que expulse gases 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 tan cerca de las sondas como sea factible. 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.

9.3.1.3. Métodos de muestreo

En el muestreo continuo y por lotes del punto 7.2 del presente anexo, son de aplicación las condiciones que figuran a continuación.

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 del presente anexo.

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 gas de escape sin diluir o diluido. En algunas sondas se controlarán las temperaturas de la muestra, como sigue:

a) En las sondas que extraigan NOx de 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 de gas de escape diluido, se recomienda controlar la temperatura y mantenerla aproximadamente a 464 K (191 °C) para minimizar la contaminación.

9.3.2.1.1. Cámara de mezclado (categoría NRSh)

Si se utiliza de conformidad con el punto 9.3.1.1.1 del presente anexo, 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 saber:

a) En el caso de los conductos de transferencia de NOx antes de un convertidor NO_2-NO que cumpla la especificaciones del punto 8.1.11.5 del presente anexo o de un enfriador que cumpla las especificaciones del punto 8.1.11.4 del presente anexo, se mantendrá una temperatura de muestra que impida la condensación acuosa.

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 manera que la temperatura del gas de escape sin diluir se refrigere hasta alcanzar no menos de 464 K (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).

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 del presente anexo. En la ecuación (A.5-13) se utiliza un contenido en humedad del 0,8 % del volumen de H_2O.

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 equivale también aproximadamente a 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 8.1.8.5.8 del presente anexo.

9.3.2.3.1.2. Tipos de secador de muestras permitidos y procedimiento de estimación del contenido en humedad después del secado

Para disminuir los efectos del agua en las mediciones de las emisiones de gases, se podrá usar 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 del presente anexo. 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 5 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 del presente anexo. 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 5 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 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 5. Si se puede suponer que $T_{chiller}$ es igual a T_{dew}, se podrá utilizar $T_{chiller}$ en lugar de T_{dew} con arreglo al anexo 5. 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 se indica a continuación.

a) Si se utiliza una bomba de muestreo de NOx 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, del presente anexo, 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 A.4-6.

Cuadro A.4-6

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 PM

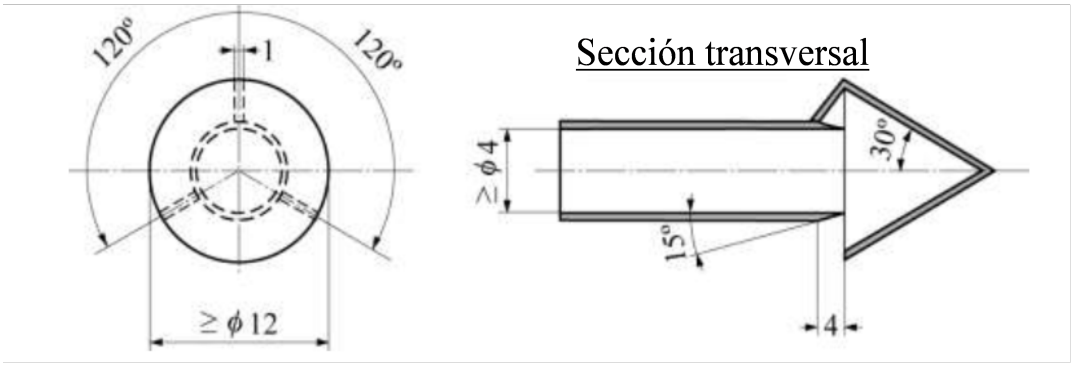
9.3.3.1. Sondas de muestreo

Se utilizarán sondas de PM con un único orificio en el extremo. Las sondas de PM se orientarán directamente al caudal de subida.

La sonda de PM se protegerá con una campana que se ajuste a los requisitos de la figura A.4-7. En tal caso, no se utilizará el preclasificador descrito en el punto 9.3.3.3 del presente anexo.

Figura A.4-7

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 la PM y conductores de la electricidad en las superficies interiores. Se recomienda utilizar conductos de transferencia de PM 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 PM estará conectada a tierra.

9.3.3.3. Preclasificador

Se permite el uso de un preclasificador de PM 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 7), se prohíbe el uso de un preclasificador.

El preclasificador de PM podrá ser un impactador inercial o un separador ciclónico. Será de acero inoxidable. El preclasificador deberá retirar al menos el 50 % de la PM con un diámetro aerodinámico de 10 µm y no más del 1 % de la PM con un diámetro aerodinámico de 1 µm a lo largo del intervalo de caudales para el que se use. La salida del preclasificador se configurará para evitar cualquier filtro de muestreo de PM, de manera que el flujo del preclasificador se estabilice antes del inicio de los ensayos. El filtro de muestreo de PM 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 del presente anexo durante la secuencia de ensayo.

9.3.3.4.1. Características del filtro

Todos los tipos de filtros deberán tener una eficiencia de recogida de al menos un 99,7 %. Las mediciones del fabricante del filtro de muestreo reflejadas en su producto podrán utilizarse para responder a este requisito. El material filtrante será:

a) Fluorocarburo (PTFE) revestido de fibra de vidrio; o

b) Membrana de fluorocarburo (PTFE).

Si se espera que la masa neta de la PM del filtro supere los 400 µg, se podrá utilizar un filtro con una eficiencia mínima de recogida inicial del 98 %.

9.3.3.4.2. Tamaño del filtro

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 de tipo. 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 PM

Las muestras de PM 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 del presente anexo, relativo a los conductos de transferencia). 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 PM. En principio, la muestra de PM se calentará o enfriará por efecto de las condiciones de dilución, como se explica en la letra a) del punto 9.2.1 del presente anexo.

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 la PM 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 antes del 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 PM 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.

9.3.3.4.5. Portafiltro

Para minimizar la deposición turbulenta de PM y depositar la PM 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 la PM y entornos de pesaje para el análisis gravimétrico

9.3.4.1. Entorno para el análisis gravimétrico

En el presente punto se describen los dos entornos necesarios para estabilizar y pesar la PM para el análisis gravimétrico: el entorno de estabilización de la PM, 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 PM.

9.3.4.2. Limpieza

Se verificará la limpieza del entorno de estabilización de PM mediante filtros de referencia, como se describe en el punto 8.1.12.1.4 del presente anexo.

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 se indican 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 del presente anexo durante un mínimo de 60 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 PM se facilitará un medio para registrar la presión atmosférica más reciente. Este valor se utilizará para calcular la corrección de flotabilidad de la PM del punto 8.1.12.2 del presente anexo.

9.3.4.5. Instalación de la balanza

La balanza se instalará como se indica a continuación.

a) Se instalará en una plataforma que la aísle del ruido exterior y de las vibraciones externos.

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 se indica a continuación.

a) La balanza estará conectada a tierra.

b) Si las muestras de PM 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 PM.

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 anexo se utilizará de acuerdo con las indicaciones del anexo (véanse en el cuadro 5 las cantidades de medición facilitadas por dichos instrumentos). Cuando un instrumento mencionado en este anexo se use sin seguir las indicaciones, o cuando se use otro instrumento en su lugar, serán de aplicación los requisitos de las disposiciones sobre equivalencia recogidos en el punto 5.1.3 del presente anexo. Si para una medición determinada se especifica más de un instrumento, uno de ellos será identificado por la autoridad de homologación de tipo, previa solicitud, como referencia para mostrar que un procedimiento alternativo es equivalente al procedimiento especificado.

9.4.1.3. Sistemas redundantes

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 de tipo. 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 A.4-7 (no aplicable a los ensayos NRSC de modo discreto).

Cuadro A.4-7

Frecuencias mínimas de registro y control de los datos

Punto del protocolo de ensayo aplicable	Valores medidos	Frecuencia mínima de orden y 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 del ciclo de ensayo en estado continuo y con aumentos	1 Hz	1 Hz
7.3.	Analizadores continuos de concentraciones de gases sin diluir	N. P.	1 Hz
7.3.	Analizadores continuos de concentraciones de gases diluidos	N. P.	1 Hz
7.3.	Concentraciones por lote de los analizadores de gas de escape sin diluir o diluidos	N. P.	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. P.	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. P.	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 del presente anexo, incluidos los requisitos de la verificación de la linealidad recogidos en los puntos 8.1.4 y 8.2, del presente anexo. Los instrumentos deberán cumplir las especificaciones del cuadro A.4-7 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 A.4-7.

9.4.3.2. Requisitos de los componentes

En el cuadro A.4-8 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 del presente anexo. 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 A.4-8

Especificaciones de funcionamiento recomendadas para los instrumentos de medición

Instrumento de medición	Símbolo de la cantidad medida	Tiempo de subida del sistema completo	Frecuencia de actualización del registro	Exactitud [a]	Repetibilidad [a]
Transductor del régimen del motor	n	1 s	Medias para 1 Hz	2,0 % de pt. o 0,5 % del máx.	1,0 % de pt. o 0,25 % del máx.
Transductor del par motor	T	1 s	Medias para 1 Hz	2,0 % de pt. o 1,0 % del máx.	1,0 % de pt. o 0,5 % del máx.
Caudalímetro de combustible (totalizador de combustible)		5 s N. P.	1 Hz N. P.	2,0 % de pt. o 1,5 % del máx.	1,0 % de pt. o 0,75 % del máx.
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 % del máx.	1,0 % de pt. o 0,75 % del máx.
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 % del máx.	1,25 % de pt. o 0,75 % del máx.
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. P.	N. P.	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición

Instrumento de medición	Símbolo de la cantidad medida	Tiempo de subida del sistema completo	Frecuencia de actualización del registro	Exactitud [a]	Repetibilidad [a]
Balanza de PM gravimétrica	m_{PM}	N. P.	N. P.	Véase 9.4.11.	0,5 µg
Balanza de PM 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 exactitud y la repetibilidad se determinan con los mismos datos recogidos, como se indica en el punto 9.4.3 del presente anexo, 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 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 A.4-8. Los sistemas generales de medición de entradas y salidas de trabajo deberán superar las verificaciones de la linealidad del punto 8.1.4 del presente anexo.

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 del presente anexo. 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 del presente anexo.

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 del presente anexo.

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 exactitud 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.

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 del presente anexo. 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 someterse a la calibración del punto 8.1.8.2 del presente anexo.

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 del presente anexo. 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

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 A.4-8. 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 del presente anexo.

9.4.5.3.3. Refrigeración del gas 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 PM 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 NOx no se extraerá después de la refrigeración salvo que el refrigerante supere la verificación del funcionamiento del punto 8.1.11.4 del presente anexo.

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 5.

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.

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 del presente anexo. Se podrán utilizar los medidores siguientes:

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 PM 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 NOx no se extraerá después de la refrigeración salvo que el refrigerante supere la verificación del funcionamiento del punto 8.1.11.4 del presente anexo.

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 5.

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 la PM en la dilución de flujo parcial y la medición de la PM 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 del presente anexo.

El sistema general del caudalímetro de muestras deberá someterse a la calibración del punto 8.1.8 del presente anexo.

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 del presente anexo 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 del presente anexo. Otra posibilidad es verificar el mezclador con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo, utilizando gas NO con un CLD. 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 ajuste 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).

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 del presente anexo, según proceda.

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 del presente anexo.

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 del presente anexo. 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

Para la medición de los NOx 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 del presente anexo, respectivamente. Se utilizará el detector quimioluminiscente como procedimiento de referencia para la comparación con cualquier procedimiento alternativo de medición previsto en el punto 5.1.3 del presente anexo.

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 NOx 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 atenuación prevista en el punto 8.1.11.1 del presente anexo. 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 del presente anexo 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 del presente anexo;

b) un CLD conectado después de un secador o enfriador térmico que supere la verificación del punto 8.1.11.4 del presente anexo.

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 NOx 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 del presente anexo.

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 del presente anexo. El convertidor se configurará con una derivación de caudal para facilitar esta verificación.

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 del presente anexo;

b) un NDUV conectado después de un secador o un enfriador térmico que supere la verificación del punto 8.1.11.4 del presente anexo.

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 5.

9.4.11. Mediciones de PM con balanza gravimétrica

Se utilizará una balanza para pesar la PM neta recogida 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 A.4-8. 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 del presente anexo.

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)

Podrá utilizarse un analizador de infrarrojo por transformadas de Fourier (FTIR), un NDUV o un analizador láser infrarrojo de conformidad con el apéndice A.4.

9.5. Gases analíticos y normas relativas a la masa

9.5.1. Gases analíticos

Los gases analíticos deberán cumplir las especificaciones sobre exactitud y pureza del presente punto.

9.5.1.1. Especificaciones de los gases

Se aplicarán a los gases las prescripciones siguientes:

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, que figuran a continuación, en el cilindro de gas o en la salida del generador de gas de cero.

   i) Una 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.

   ii) La contaminación especificada en el cuadro A.4-9, aplicable a las mediciones de gas de escape sin diluir o diluido.

   iii) La contaminación especificada en el cuadro A.4-10, aplicable a las mediciones de gas de escape sin diluir.

Cuadro A.4-9

Límites de la contaminación aplicables a las mediciones de gas de escape sin diluir o diluido [µmol/mol = ppm (3.2)]

Componente	Aire sintético purificado [a]	N_2 purificado [a]
THC (equivalentes de C_1)	≤ 0,05 µmol/mol	≤ 0,05 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol

Componente	Aire sintético purificado [a]	N_2 purificado [a]
CO_2	≤ 10 µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
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 respondan a normas nacionales e internacionales reconocidas.

Cuadro A.4-10

Límites de la contaminación aplicables a las mediciones de gas de escape sin diluir [µmol/mol = ppm (3.2)]

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 respondan a normas nacionales e internacionales reconocidas.

b) Los gases utilizados con el analizador FID cumplirán las prescripciones que figuran a continuación.

i) Se utilizará combustible FID con una concentración de H_2 de (0,39 a 0,41) mol/mol, complemento He o N_2. La mezcla no contendrá más de 0,05 µmol/mol de THC.

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).

c) Se utilizarán las siguientes mezclas de gases, con gases conformes al valor real de las normas internacionales o nacionales reconocidas u otras normas de gases aprobadas, dentro de un margen del ±1,0 %:

i) CH_4, complemento aire sintético purificado y/o N_2 (según corresponda);

ii) reservado;

iii) C_3H_8, complemento aire sintético purificado y/o N_2 (según convenga);

iv) CO, complemento N_2 purificado;

v) CO_2, complemento N_2 purificado;

vi) NO, complemento N_2 purificado;

vii) NO_2, complemento aire sintético purificado;

viii) O_2, complemento N_2 purificado;

ix) C_3H_8, CO, CO_2, NO, complemento N_2 purificado;

x) C_3H_8, CH_4, CO, CO_2, NO, complemento 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 coherentes con el valor efectivo de las normas internacionales y/o nacionales reconocidas dentro de un margen del ± 3,0 % y cumplan los requisitos de estabilidad del punto 9.5.1.2 del presente anexo.

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 del presente anexo 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 del presente anexo.

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) Tras la fecha de caducidad no se podrá utilizar ningún de gas de calibración estándar, salvo que sea de aplicación la letra b) del presente punto.

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 de tipo.

9.5.1.3. Transferencia de gases

Los gases se transferirán desde su origen a los analizadores mediante dispositivos específicamente diseñados para controlarlos y transferirlos.

9.5.2. Normas relativas a la masa

Se utilizarán pesos de calibración de la balanza de PM certificados como conformes 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 PM no utilizado. El informe de calibración recogerá también la densidad de los pesos.

APÉNDICE A.1

EQUIPO DE RECUENTO DEL NÚMERO DE PARTÍCULAS EN LAS EMISIONES

A.1.1. Procedimiento del ensayo de mediciones

A.1.1.1. 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.

A.1.1.1.1. Filtrado del diluyente

El diluyente utilizado en la dilución primaria y, en su caso, en la dilución secundaria del gas de escape en el sistema de dilución se hará pasar por filtros que cumplan los requisitos aplicables a los filtro de aire para partículas de elevada eficacia (HEPA) definidos en el punto 2.1.41 del presente Reglamento. 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.

A.1.1.2. 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.

A.1.1.3. Compensación del flujo de muestreo del número de partículas: sistemas de dilución de flujo parcial

A.1.1.3.1. 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 A.1.1.3.2. 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 A.1.1.3.3.

A.1.1.3.2. El caudal másico instantáneo del gas de escape que entra en el sistema de dilución (q_{mp}), 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 (A.4-20) del punto 8.1.8.6.1 del presente anexo será sustituida por la ecuación (A.4-29):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad \text{(A.4-29)}$$

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 (A.4-20) del punto 8.1.8.6.1 del presente anexo se sustituirá por la ecuación (A.4-30):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad \text{(A.4-30)}$$

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.

A.1.1.3.3. 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 A.1.2.3.1.1 del apéndice A.1 del anexo 5 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 (A.4-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{\left(m_{sed} - m_{ex}\right)} \quad \text{(A.4-31)}$$

donde:

m_{PM} es la masa de partículas determinada de conformidad con las disposiciones del punto A.1.2.3.1.1 del apéndice A.1 del anexo 5, 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.

A.1.1.3.4. Proporcionalidad del muestreo de dilución de flujo parcial

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 A.1.1.6.1 a A.1.1.6.4 del apéndice A.1 del anexo 5, 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.

A.1.1.3.5. Cálculo del número de partículas

En el apéndice A.6 del anexo 5 se establecen la determinación y el cálculo del número de partículas.

A.1.2. Equipo de medición

A.1.2.1. Especificación

A.1.2.1.1. Descripción del sistema

A.1.2.1.1.1. 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 conducto de transferencia adecuado.

A.1.2.1.1.2. 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 9-3, 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.

A.1.2.1.2. Requisitos generales

A.1.2.1.2.1. 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 conducto 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.

a) 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.

b) 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 conducto 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. 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) <1700;

b) en el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, el flujo tendrá un número de Reynolds (Re) <1700 en el conducto de transferencia de partículas, es decir, después de la sonda o el punto de muestreo;

c) el tiempo de residencia en el sistema de transferencia de partículas será ≤ 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;

El conducto de salida que conduce la muestra diluida desde el eliminador de partículas volátiles a la entrada del contador de partículas tendrá las propiedades siguientes:

a) el diámetro interno será ≥ 4 mm;

b) el tiempo de residencia del flujo del gas de muestreo que pasa por el conducto de salida será de ≤ 0,8 segundos;

c) se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del conducto de salida si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm.

A.1.2.1.2.2. El eliminador de partículas volátiles comprenderá dispositivos de dilución de la muestra y eliminación de las partículas volátiles.

A.1.2.1.2.3. 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.

A.1.2.1.2.4. 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.

A.1.2.1.3. Requisitos específicos

A.1.2.1.3.1. La muestra de partículas no pasará por una bomba antes de pasar por el contador de partículas.

A.1.2.1.3.2. Se recomienda utilizar un preclasificador de muestras.

A.1.2.1.3.3. La unidad de preacondicionamiento de la muestra tendrá las funciones que figuran a continuación.

A.1.2.1.3.3.1. 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.

A.1.2.1.3.3.2. 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.

A.1.2.1.3.3.3. controlará las fases calentadas a unas temperaturas nominales de funcionamiento constantes, dentro del intervalo especificado en el punto A.1.2.1.3.3.2, con una tolerancia de ± 10 K (± 10 °C). Indicar si las fases calentadas se encuentran a las temperaturas de funcionamiento adecuadas.

A.1.2.1.3.3.4. Alcanzará un factor de reducción de la concentración de partículas $[f_r(d_i)]$, tal como se define en el punto A.1.2.2.2.2, de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica, como máximo un 30 % y un 20 % superior, respectivamente, y no más de 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.

A.1.2.1.3.3.5. Superará también una vaporización > 99,0 % de las partículas de 30 nm de tetracontano $[CH_3(CH_2)_{38}CH_3]$, con una concentración de entrada ≥ 10000 cm−³, mediante calentamiento y reducción de las presiones parciales del tetracontano.

A.1.2.1.3.4. El contador de partículas desempeñará las funciones siguientes.

A.1.2.1.3.4.1. Funcionará en condiciones de flujo total.

A.1.2.1.3.4.2. Tendrá una exactitud de recuento de ± 10 % en el intervalo de 1 cm^{-3} hasta el umbral superior del modo de recuento 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 exactitud del contador de partículas con un elevado grado de confianza estadística.

A.1.2.1.3.4.3. Tendrá una legibilidad de al menos 0,1 partículas cm^{-3} en concentraciones inferiores a 100 cm^3.

A.1.2.1.3.4.4. Tendrá una respuesta lineal a las concentraciones de partículas en todo el intervalo de medición en el modo de recuento único de partículas.

A.1.2.1.3.4.5. Tendrá una frecuencia de envío de datos igual o superior a 0,5 Hz.

A.1.2.1.3.4.6. Tendrá un tiempo de respuesta en el intervalo de concentración medido inferior a 5 segundos.

A.1.2.1.3.4.7. 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 A.1.2.2.1.3, pero no hará uso de ningún otro algoritmo para corregir o definir la eficacia de recuento.

A.1.2.1.3.4.8. Tendrá eficacias de recuento 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).

A.1.2.1.3.4.9. Si el contador de partículas (PNC) utiliza un líquido de trabajo, este se sustituirá con la frecuencia especificada por su fabricante.

A.1.2.1.3.5. 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.

A.1.2.1.3.6. La suma del tiempo de residencia en el sistema de transferencia de partículas (PTS), el eliminador de partículas volátiles (VPR) y el conducto de salida (OT), más el tiempo de respuesta del contador de partículas (PNC), no excederá de 20 segundos.

A.1.2.1.3.7. 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 s. El aerosol utilizado en este ensayo provocará un cambio de concentración de al menos un 60 % del fondo de escala (FS).

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}).

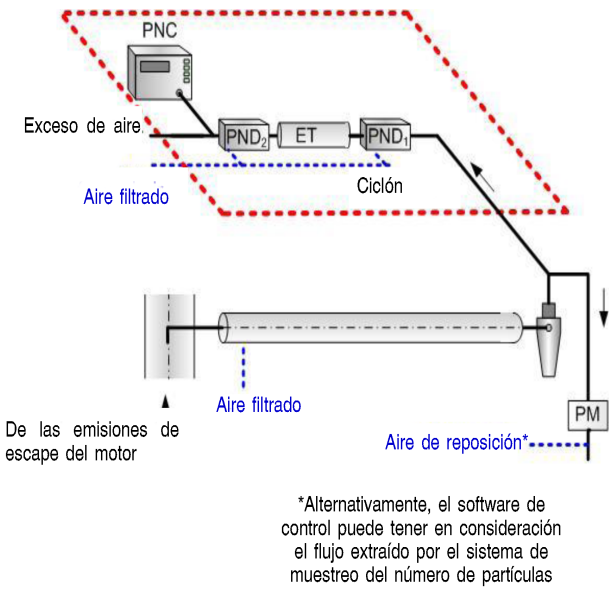
A.1.2.1.4. Descripción de los sistemas recomendados

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 A.1.2.1.2 y A.1.2.1.3.

Las figuras A.4-8 y A.4-9 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 A.4-8

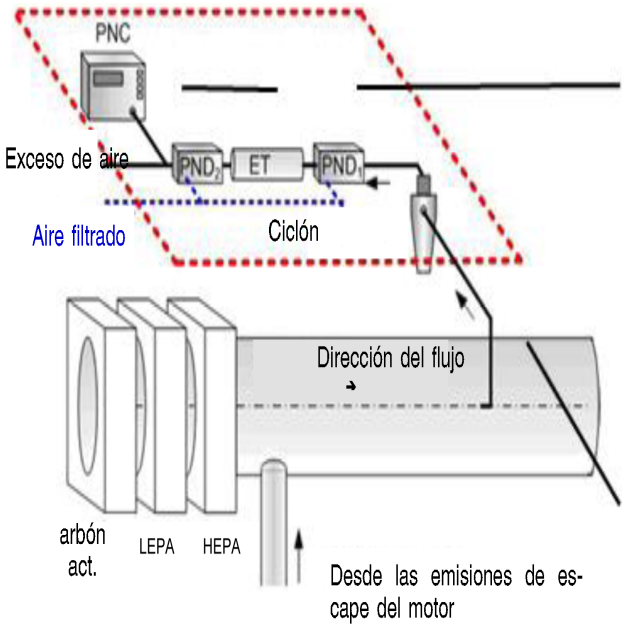
Esquema del sistema de muestreo de partículas recomendado: muestreo de flujo parcial



*Alternativamente, el software de control puede tener en consideración el flujo extraído por el sistema de muestreo del número de partículas

Figura A.4-9

Esquema del sistema de muestreo de partículas recomendado: muestreo de flujo total



A.1.2.1.4.1. 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 conducto 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: PND_1 y PND_2) y de evaporación de las partículas (conducto 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.

A.1.2.1.4.2. Sistema de transferencia de partículas

La punta de sonda o el punto de muestreo de partículas y el conducto 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 conducto 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 Reynolds (Re) < 1700;

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 conducto 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 conducto de salida será ≤ 0,8 segundos;

se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del conducto de salida si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica.

A.1.2.1.4.3. 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.

A.1.2.1.4.4. Eliminador de partículas volátiles

El eliminador de partículas volátiles comprenderá un diluidor del número de partículas (PND_1), un conducto de evaporación y un segundo diluidor del número de partículas (PND_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 PND_1 y el conducto 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 ≥ 10000 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 no más de un 5 % inferior al correspondiente a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica en todo el eliminador de partículas volátiles.

A.1.2.1.4.4.1. Primer dispositivo de dilución del número de partículas (PND_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 conducto de evaporación (punto A.1.2.1.4.4.2). 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.

A.1.2.1.4.4.2. Conducto de evaporación

En toda la longitud del conducto 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 573 K (300 °C) y 673 K (400 °C), con una tolerancia de ± 10 °C.

A.1.2.1.4.4.3. Segundo dispositivo de dilución del número de partículas (PND_2)

El PND_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 PND_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 recuento único de partículas del contador de partículas y la temperatura del gas antes de la entrada en el contador sea < 308 K (35 °C).

A.1.2.1.4.5. Contador de partículas

El contador de partículas cumplirá los requisitos establecidos en el punto A.1.2.1.3.4.

A.1.2.2. Calibración/validación del sistema de muestreo de partículas([1])

A.1.2.2.1. Calibración del contador de partículas

A.1.2.2.1.1. 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.

A.1.2.2.1.2. Asimismo, deberá recalibrarse el contador de partículas y emitirse un nuevo certificado de calibración después de cualquier mantenimiento importante.

A.1.2.2.1.3. 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

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).

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 1000 cm^{-3} y las concentraciones restantes estarán espaciadas linealmente entre 1000 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).

A.1.2.2.1.4. La calibración incluirá también una comprobación, de acuerdo con los requisitos del punto A.1.2.1.3.4.8, 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.

A.1.2.2.2. Calibración/validación del eliminador de partículas volátiles

([1]) En la siguiente dirección se ofrecen ejemplos de métodos de calibración/validación: www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp

A.1.2.2.2.1. 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 no más de 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.

A.1.2.2.2.2. 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 5000 partículas cm-^{3} en la entrada del eliminador de partículas volátiles. Las concentraciones de partículas se medirán antes y después de los componentes.

El factor de reducción de la concentración de partículas para cada tamaño de partícula [$f_r(d_i)$] se calculará mediante la ecuación (A.4-32):

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad \text{(A.4-32)}$$

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 (A.4-33):

$$\overline{f_r} = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad \text{(A.4-33)}$$

Se recomienda calibrar y validar el eliminador de partículas volátiles como una unidad completa.

A.1.2.2.2.3. 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.

A.1.2.2.3. Procedimientos de control del sistema de recuento de partículas

A.1.2.2.3.1. 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).

A.1.2.2.3.2. 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.

A.1.2.2.3.3. 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.

A.1.2.2.3.4. Antes del inicio de cada ensayo, se confirmará que el sistema de medición indica que el eventual conducto de evaporación ha alcanzado su temperatura de funcionamiento adecuada.

A.1.2.2.3.5. Antes del inicio de cada ensayo, se comprobará que el sistema de medición indique que el diluidor PND_1 ha alcanzado su temperatura de funcionamiento adecuada.

APÉNDICE A.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
	Caudalímetro de aire	Sí
	Filtro de aire	Sí([a])
	Silenciador de admisión	Sí([a])
2	Sistema de escape	
	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])

Número	Equipos y accesorios	Instalado para el ensayo de emisiones
	Termostato	Sí([f])
7	Refrigeración por aire	
	Carenado	No([g])
	Ventilador o soplador	No([g])
	Dispositivo termorregulador	No
8	Equipamiento de sobrealimentación	
	Accionamiento por compresor o directamente por el motor, o por los gases 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 se habrá de 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 1000 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.

APÉNDICE A.3

VERIFICACIÓN DE LA EMISIÓN DE LA SEÑAL DE PAR MEDIANTE UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO

A.3.1. Introducción

En el caso de que la Parte Contratante exija realizar ensayos de supervisión en servicio, la finalidad del presente apéndice es fijar los requisitos de verificación del par si el fabricante tiene intención de utilizar la señal de par emitida por la unidad de control electrónico (ECU) de los motores provistos de dicho equipamiento.

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 A.2.

A.3.2. Par emitido

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.

A.3.3. Procedimiento de verificación

Cuando se lleve a cabo el procedimiento de cartografía con arreglo al punto 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.

El par emitido 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 la comunicación que el par emitido 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 la comunicación. Si un factor se registra en la comunicación, se aplicará al par emitido por la ECU durante la realización de ensayos de control durante el servicio.

APÉNDICE A.4

PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DEL AMONIACO

A.4.1. 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.

A.4.2. 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 A.4.2.1, A.4.2.2 o A.4.2.3, respectivamente. No se permitirán los desecadores de gas para la medición del NH_3.

A.4.2.1. Analizador de infrarrojo por transformadas de Fourier (en lo sucesivo, «FTIR»)

A.4.2.1.1. 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.

A.4.2.1.2. 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.

A.4.2.1.3. 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.

A.4.2.2. Analizador no dispersivo por absorción en los ultravioletas (en adelante, NDUV)

A.4.2.2.1. 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 desviación 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 anulada. Dado que el relleno de gas de la cubeta es muy estable, este método de calibrado se traduce en una muy grande estabilidad a largo plazo del fotómetro.

A.4.2.2.2. 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.

A.4.2.2.3. Sensibilidad transversal

Se elegirá una gama espectral adecuada a fin de minimizar las interferencias cruzadas 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.

A.4.2.3. Analizador de láser infrarrojo

A.4.2.3.1. 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 de los gases coexistentes en el gas de escape del motor.

A.4.2.3.2. 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.

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.

A.4.2.3.3. Verificación de la interferencia de los analizadores de infrarrojo por láser de NH_3 (interferencia cruzada)

A.4.2.3.3.1. 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.

A.4.2.3.3.2. 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.

A.4.3. Procedimiento del ensayo de emisiones

A.4.3.1. 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 A.4.3.4.2 no sea aplicable al instrumento. Para la respuesta patrón se utilizará un gas NH_3 que cumpla las especificaciones del punto A.4.4.2.7. Está permitido el uso de celdas de referencia que contengan gas patrón NH_3.

A.4.3.2. 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.

A.4.3.3. 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 A.4.3.4.1 si la información contemplada en el punto A.4.3.4.2 no está disponible.

A.4.3.4. Desviación del analizador

A.4.3.4.1. 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.

A.4.3.4.2. No se requiere la determinación de la desviación del analizador en las situaciones siguientes:

a) si la desviación del cero y del punto final especificada por el fabricante del instrumento en los puntos A.4.4.2.3 y A.4.4.2.4 cumple los requisitos del punto A.4.3.4.1;

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 A.4.4.2.3 y A.4.4.2.4 supera la duración del ensayo.

A.4.4. Verificación y especificaciones del analizador

A.4.4.1. Requisitos de linealidad

El analizador cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en el cuadro A.4-8 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 A.4-5 del presente anexo. Con la autorización previa de la autoridad de homologación de tipo, se permitirán menos de 10 puntos de referencia, siempre que se pueda demostrar una exactitud equivalente.

Para verificación de la linealidad se utilizará un gas NH_3 que cumpla las especificaciones del punto A.4.4.2.7. 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 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.

A.4.4.2. 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.

A.4.4.2.1. Límite mínimo de detección

El analizador deberá tener un límite mínimo de detección < 2 ppm en todas la condiciones de ensayo.

A.4.4.2.2. 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).

A.4.4.2.3. Desviación del cero

La desviación de la respuesta al cero y el intervalo de tiempo asociado serán especificados por el fabricante del instrumento.

A.4.4.2.4. 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.

A.4.4.2.5. Tiempo de respuesta del sistema

El tiempo de respuesta del sistema será ≤ 20 s.

A.4.4.2.6. Tiempo de subida

El tiempo de subida del analizador será ≤ 5 s.

A.4.4.2.7. Gas de calibración de NH_3

Se dispondrá de una mezcla de gases que posean la siguiente composición química:

NH_3 y nitrógeno purificado;

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).

Deberá registrarse la fecha de caducidad de los gases de calibración.

A.4.4.2.8. Procedimiento de verificación de la interferencia

La verificación de la interferencia se realizará como se indica 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 el la letra j).

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.

j) La interferencia combinada del analizador será de ± 0,2 ppm NH_3.

A.4.5. 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 5.1.3 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.

APÉNDICE A.5

DESCRIPCIÓN DE LAS RESPUESTAS DEL SISTEMA

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.

A.5.1. Se aplicarán los siguientes plazos, como se indica en la figura A.4-10:

A.5.1.1. El tiempo de retraso es 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}).

A.5.1.2. 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}).

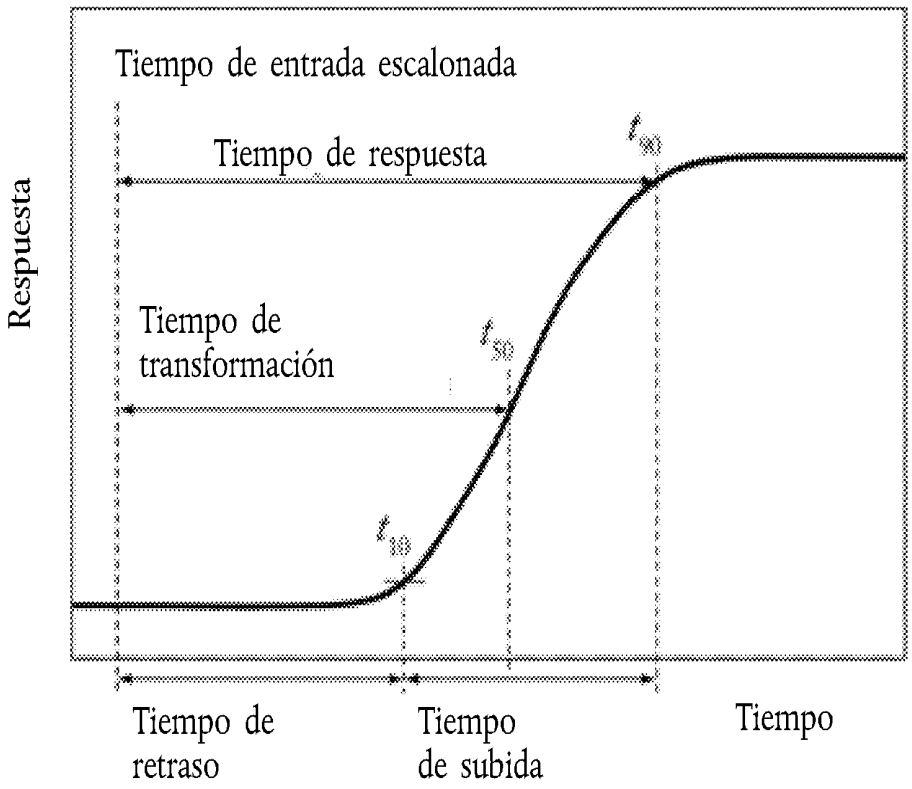
A.5.1.3. El tiempo de subida es el tiempo transcurrido entre las respuestas al 10 % y al 90 % de la lectura final ($t_{90} - t_{10}$).

A.5.1.4. 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}).

A.5.1.5. 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 A.4-10

Descripción de las respuestas del sistema



APÉNDICE A.6

CARACTERÍSTICAS DE LOS CICLOS DE ENSAYO EN ESTADO CONTINUO Y TRANSITORIO

A.6.1. Los ciclos de ensayo aplicables a las categorías y subcategoría de motores figuran en los cuadros A.4-11 a A.4-18.

Cuadro A.4-11

Ciclos de ensayo NRSC para motores de la categoría NRE

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	NRSC
NRE	Variable	Motor de régimen variable con una potencia de referencia inferior a 19 kW	NRE-v-1 NRE-v-2	G2 o C1
		Motor de régimen variable con una potencia de referencia superior o igual a 19 kW pero no superior a 560 kW	NRE-v-3 NRE-v-4 NRE-v-5 NRE-v-6	C1
		Motor de régimen variable con una potencia de referencia superior a 560 kW	NRE-v-7	C1
	constante	Motor de régimen constante	NRE-c-1 NRE-c-2 NRE-c-3 NRE-c-4 NRE-c-5 NRE-c-6 NRE-c-7	D2

Cuadro A.4-12

Ciclos de ensayo NRSC para motores de la categoría NRG

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	NRSC
NRG	Variable	Motor de régimen variable para grupo generador	NRG-v-1	C1
	constante	Motor de régimen constante para grupo generador	NRG-c-1	D2

Cuadro A.4-13

Ciclos de ensayo NRSC para motores de la categoría NRSh

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	NRSC
NRSh	variable o constante	Motor con una potencia de referencia no superior a 19 kW para uso en maquinaria portátil	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	G3

Cuadro A.4-14

Ciclos de ensayo NRSC para motores de la categoría NRS

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	NRSC
NRS	variable, <3600 rpm	Motor de régimen variable con una potencia de referencia no superior a 19 kW destinado a funciones a un régimen < 3600 rpm	NRS-vi-1a NRS-vi-1b	G1
	variable, ≥3600 rpm; o constante	Motor de régimen variable con una potencia de referencia no superior a 19 kW destinado a funciones a un régimen ≥ 3600 rpm; motor de régimen constante con una potencia de referencia no superior a 19 kW	NRS-vr-1a NRS-vr-1b	G2
	variable o constante	Motor con una potencia de referencia comprendida entre 19 kW y 30 kW y una cilindrada total inferior a 1000 cm^3	NRS-v-2a	G2
		Motor con una potencia de referencia superior a 19 kW distinto de un motor con una potencia de referencia comprendida entre 19 kW y 30 kW y una cilindrada total inferior a 1000 cm^3	NRS-v-2b NRS-v-3	C2

Cuadro A.4-15

Ciclos de ensayo NRSC para motores de la categoría SMB

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	NRSC
SMB	variable o constante	Motores para la propulsión de motos de nieve	SMB-v-1	H

Cuadro A.4-16

Ciclos de ensayo NRSC para motores de la categoría ATS

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	NRSC
ATS	variable o constante	Motores para la propulsión de ATV o SbS	ATS-v-1	G1

Cuadro A.4-17

Ciclo de ensayo transitorio no de carretera para motores de la categoría NRE

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	
NRE	Variable	Motor de régimen variable con una potencia de referencia superior o igual a 19 kW pero no superior a 560 kW	NRE-v-3 NRE-v-4 NRE-v-5 NRE-v-6	NRTC

Cuadro A.4-18

Ciclo de ensayo transitorio no de carretera para motores de la categoría NRS([1])

Categoría	Régimen de funcionamiento	Objetivo	Subcategoría	
NRS	variable o constante	Motor con una potencia de referencia superior a 19 kW distinto de un motor con una potencia de referencia comprendida entre 19 kW y 30 kW y una cilindrada total inferior a 1000 cm^3	NRS-v-2b NRS-v-3	LSI-NRTC

([1]) Aplicable únicamente a motores con un régimen de ensayo máximo ≤ 3 400 rpm.

A.6.2. Ciclo de modo discreto en estado continuo

En los cuadros A.4-19 a A.4-23 figuran la descripción detallada de los modos de ensayo y los factores de ponderación para los ciclos de ensayo de modo discreto en estado continuo.

Cuadro A.4-19

Modos de ensayo y factores de ponderación del ciclo C1

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 4.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par máximo al régimen de mando.

Cuadro A.4-20

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 4.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par máximo al régimen de mando.

Cuadro A.4-21

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 4.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par correspondiente a la potencia neta nominal declarada por el fabricante.

Cuadro A.4-22

Modos de ensayo y factores de ponderación de los ciclos de tipo G

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 %										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 4.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par máximo al régimen de mando.

Cuadro A.4-23

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 4.
([b]) El porcentaje de par se refiere al par máximo en régimen de mando.

A.6.3. Ciclos modales con aumentos (RMC) en estado continuo

En los cuadros A.4-24 a A.4-29 figuran la descripción detallada de los modos de ensayo y del tiempo en el modo para los ciclos modales con aumentos en estado continuo.

Cuadro A.4-24

Modos de ensayo RMC-C1

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor ([a]) ([c])	Par [%] ([b]) ([c])
1aEstado continuo	126	Ralentí	0
1b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor [a] [c]	Par [%] [b] [c]
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 4.
[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 A.4-25

Modos de ensayo RMC-C2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	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
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

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor [a] [c]	Par [%] [b] [c]
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 4.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo al 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 A.4-26

Modos de ensayo RMC-D2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	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 4.
[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.

Cuadro A.4-27

Modos de ensayo RMC-G1

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	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

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor [a] [c]	Par [%] [b] [c]
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 4.
[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 A.4-28

Modos de ensayo RMC-G2

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	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 4.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo al 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 A.4-29

Modos de ensayo RMC-H

RMC Número de modo	Tiempo en el modo [s]	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 4.
[b] El porcentaje de par se refiere al par máximo al 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.

A.6.4. Ciclos de ensayo transitorios

En los cuadros A.4-30 a A.4-31 el par y el régimen del motor normalizados segundo a segundo correspondientes a los ciclos de ensayo transitorios.

Cuadro A.4-30

Programa dinamométrico NRTC

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)	Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)	Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1	0	0	18	0	0	35	9	21
2	0	0	19	0	0	36	17	20
3	0	0	20	0	0	37	33	42
4	0	0	21	0	0	38	57	46
5	0	0	22	0	0	39	44	33
6	0	0	23	0	0	40	31	0
7	0	0	24	1	3	41	22	27
8	0	0	25	1	3	42	33	43
9	0	0	26	1	3	43	80	49
10	0	0	27	1	3	44	105	47
11	0	0	28	1	3	45	98	70
12	0	0	29	1	3	46	104	36
13	0	0	30	1	6	47	104	65
14	0	0	31	1	6	48	96	71
15	0	0	32	2	1	49	101	62
16	0	0	33	4	13	50	102	51
17	0	0	34	7	18	51	102	50

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
52	102	46
53	102	41
54	102	31
55	89	2
56	82	0
57	47	1
58	23	1
59	1	3
60	1	8
61	1	3
62	1	5
63	1	6
64	1	4
65	1	4
66	0	6
67	1	4
68	9	21
69	25	56
70	64	26
71	60	31
72	63	20
73	62	24
74	64	8
75	58	44
76	65	10
77	65	12
78	68	23
79	69	30
80	71	30
81	74	15
82	71	23
83	73	20
84	73	21
85	73	19
86	70	33
87	70	34
88	65	47
89	66	47
90	64	53
91	65	45
92	66	38
93	67	49
94	69	39
95	69	39
96	66	42
97	71	29
98	75	29
99	72	23
100	74	22
101	75	24
102	73	30
103	74	24
104	77	6
105	76	12
106	74	39
107	72	30
108	75	22
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
1 000	81	50
1 001	81	41
1 002	81	35
1 003	81	37
1 004	81	29
1 005	81	28
1 006	81	24
1 007	81	19
1 008	81	16
1 009	80	16
1 010	83	23
1 011	83	17
1 012	83	13
1 013	83	27
1 014	81	58
1 015	81	60
1 016	81	46
1 017	80	41
1 018	80	36
1 019	81	26
1 020	86	18
1 021	82	35
1 022	79	53
1 023	82	30
1 024	83	29
1 025	83	32
1 026	83	28
1 027	76	60
1 028	79	51
1 029	86	26
1 030	82	34
1 031	84	25
1 032	86	23
1 033	85	22
1 034	83	26
1 035	83	25
1 036	83	37
1 037	84	14
1 038	83	39
1 039	76	70
1 040	78	81
1 041	75	71
1 042	86	47
1 043	83	35
1 044	81	43
1 045	81	41
1 046	79	46
1 047	80	44
1 048	84	20
1 049	79	31
1 050	87	29
1 051	82	49
1 052	84	21
1 053	82	56
1 054	81	30
1 055	85	21
1 056	86	16
1 057	79	52
1 058	78	60
1 059	74	55
1 060	78	84
1 061	80	54
1 062	80	35
1 063	82	24
1 064	83	43
1 065	79	49
1 066	83	50
1 067	86	12
1 068	64	14
1 069	24	14
1 070	49	21
1 071	77	48
1 072	103	11
1 073	98	48
1 074	101	34
1 075	99	39
1 076	103	11
1 077	103	19
1 078	103	7
1 079	103	13
1 080	103	10
1 081	102	13
1 082	101	29
1 083	102	25
1 084	102	20
1 085	96	60
1 086	99	38
1 087	102	24
1 088	100	31
1 089	100	28
1 090	98	3
1 091	102	26
1 092	95	64
1 093	102	23
1 094	102	25
1 095	98	42
1 096	93	68
1 097	101	25
1 098	95	64
1 099	101	35
1 100	94	59
1 101	97	37
1 102	97	60
1 103	93	98
1 104	98	53

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 105	103	13
1 106	103	11
1 107	103	11
1 108	103	13
1 109	103	10
1 110	103	10
1 111	103	11
1 112	103	10
1 113	103	10
1 114	102	18
1 115	102	31
1 116	101	24
1 117	102	19
1 118	103	10
1 119	102	12
1 120	99	56
1 121	96	59
1 122	74	28
1 123	66	62
1 124	74	29
1 125	64	74
1 126	69	40
1 127	76	2
1 128	72	29
1 129	66	65
1 130	54	69
1 131	69	56
1 132	69	40
1 133	73	54
1 134	63	92
1 135	61	67
1 136	72	42
1 137	78	2
1 138	76	34
1 139	67	80
1 140	70	67
1 141	53	70
1 142	72	65
1 143	60	57
1 144	74	29
1 145	69	31
1 146	76	1
1 147	74	22
1 148	72	52
1 149	62	96
1 150	54	72
1 151	72	28
1 152	72	35
1 153	64	68
1 154	74	27
1 155	76	14
1 156	69	38
1 157	66	59
1 158	64	99
1 159	51	86
1 160	70	53
1 161	72	36
1 162	71	47
1 163	70	42
1 164	67	34
1 165	74	2
1 166	75	21
1 167	74	15
1 168	75	13
1 169	76	10
1 170	75	13
1 171	75	10
1 172	75	7
1 173	75	13
1 174	76	8
1 175	76	7
1 176	67	45
1 177	75	13
1 178	75	12
1 179	73	21
1 180	68	46
1 181	74	8
1 182	76	11
1 183	76	14
1 184	74	11
1 185	74	18
1 186	73	22
1 187	74	20
1 188	74	19
1 189	70	22
1 190	71	23
1 191	73	19
1 192	73	19
1 193	72	20
1 194	64	60
1 195	70	39
1 196	66	56
1 197	68	64
1 198	30	68
1 199	70	38
1 200	66	47
1 201	76	14
1 202	74	18
1 203	69	46
1 204	68	62
1 205	68	62
1 206	68	62
1 207	68	62
1 208	68	62
1 209	68	62
1 210	54	50
1 211	41	37
1 212	27	25
1 213	14	12
1 214	0	0
1 215	0	0
1 216	0	0
1 217	0	0
1 218	0	0
1 219	0	0
1 220	0	0
1 221	0	0

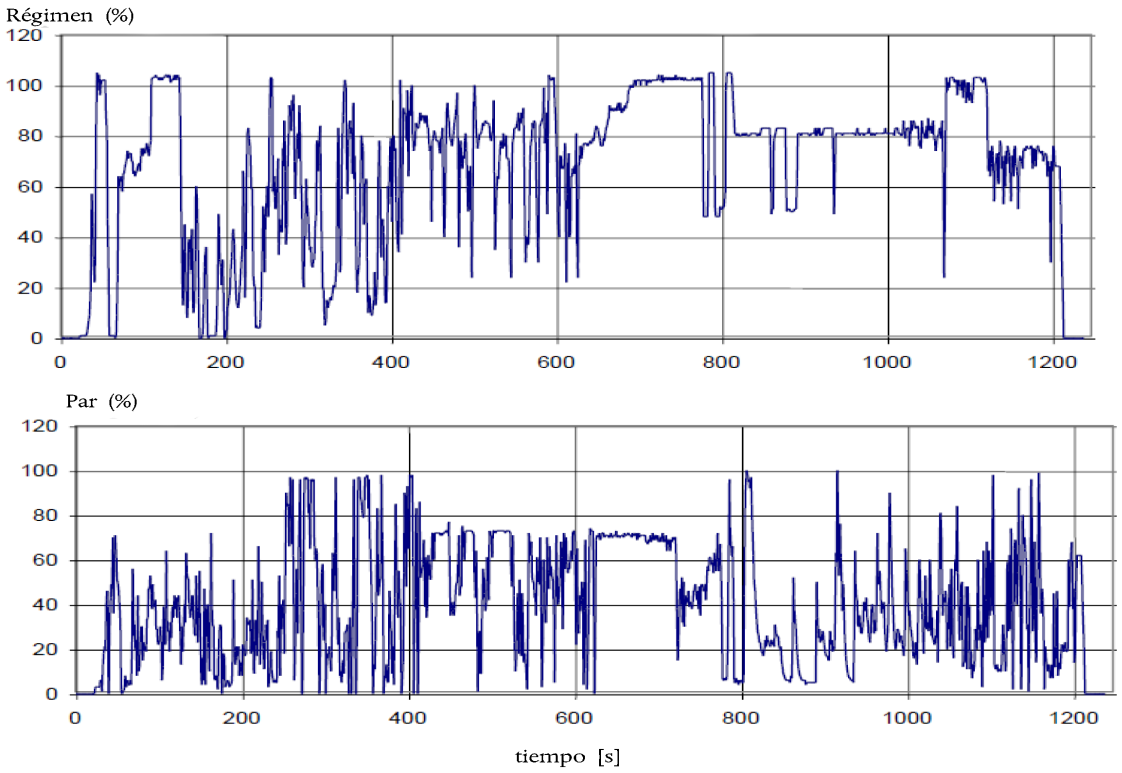
Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 222	0	0
1 223	0	0
1 224	0	0
1 225	0	0
1 226	0	0
1 227	0	0

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 228	0	0
1 229	0	0
1 230	0	0
1 231	0	0
1 232	0	0
1 233	0	0

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 234	0	0
1 235	0	0
1 236	0	0
1 237	0	0
1 238	0	0

A continuación se muestra un gráfico del programa dinamométrico NRTC:

Programa dinamométrico del NRTC



Cuadro A.4-31

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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
7	0	0
8	0	0
9	1	8
10	6	54
11	8	61
12	34	59
13	22	46

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
14	5	51
15	18	51
16	31	50
17	30	56
18	31	49
19	25	66
20	58	55

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
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

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
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
1 000	93	15
1 001	93	15
1 002	93	15
1 003	93	14
1 004	93	15
1 005	93	15
1 006	93	14
1 007	93	13
1 008	93	14
1 009	93	14
1 010	93	15
1 011	93	16
1 012	93	17
1 013	93	20
1 014	93	22
1 015	93	20
1 016	93	19
1 017	93	20
1 018	93	19
1 019	93	19
1 020	93	20
1 021	93	32
1 022	93	37
1 023	93	28
1 024	93	26
1 025	93	24
1 026	93	22
1 027	93	22
1 028	93	21
1 029	93	20
1 030	93	20
1 031	93	20
1 032	93	20
1 033	93	19
1 034	93	18
1 035	93	20
1 036	93	20
1 037	93	20
1 038	93	20
1 039	93	19
1 040	93	18
1 041	93	18
1 042	93	17
1 043	93	16
1 044	93	16
1 045	93	15
1 046	93	16
1 047	93	18
1 048	93	37
1 049	93	48
1 050	93	38
1 051	93	31
1 052	93	26
1 053	93	21
1 054	93	18
1 055	93	16
1 056	93	17
1 057	93	18
1 058	93	19
1 059	93	21
1 060	93	20
1 061	93	18
1 062	93	17
1 063	93	17
1 064	93	18
1 065	93	18
1 066	93	18
1 067	93	19
1 068	93	18
1 069	93	18
1 070	93	20
1 071	93	23
1 072	93	25
1 073	93	25

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 074	93	24
1 075	93	24
1 076	93	22
1 077	93	22
1 078	93	22
1 079	93	19
1 080	93	16
1 081	95	17
1 082	95	37
1 083	93	43
1 084	93	32
1 085	93	27
1 086	93	26
1 087	93	24
1 088	93	22
1 089	93	22
1 090	93	22
1 091	93	23
1 092	93	22
1 093	93	22
1 094	93	23
1 095	93	23
1 096	93	23
1 097	93	22
1 098	93	23
1 099	93	23
1 100	93	23
1 101	93	25
1 102	93	27
1 103	93	26
1 104	93	25
1 105	93	27
1 106	93	27
1 107	93	27
1 108	93	24
1 109	93	20
1 110	93	18
1 111	93	17
1 112	93	17
1 113	93	18
1 114	93	18
1 115	93	18
1 116	93	19
1 117	93	22
1 118	93	22
1 119	93	19
1 120	93	17
1 121	93	17
1 122	93	18
1 123	93	18
1 124	93	19
1 125	93	19
1 126	93	20
1 127	93	19
1 128	93	20
1 129	93	25
1 130	93	30
1 131	93	31
1 132	93	26
1 133	93	21
1 134	93	18
1 135	93	20
1 136	93	25
1 137	93	24
1 138	93	21
1 139	93	21
1 140	93	22
1 141	93	22
1 142	93	28
1 143	93	29
1 144	93	23
1 145	93	21
1 146	93	18
1 147	93	16
1 148	93	16
1 149	93	16
1 150	93	17
1 151	93	17
1 152	93	17
1 153	93	17
1 154	93	23
1 155	93	26
1 156	93	22
1 157	93	18
1 158	93	16
1 159	93	16
1 160	93	17
1 161	93	19
1 162	93	18
1 163	93	16
1 164	93	19
1 165	93	22
1 166	93	25
1 167	93	29
1 168	93	27
1 169	93	22
1 170	93	18
1 171	93	16
1 172	93	19
1 173	93	19
1 174	93	17
1 175	93	17
1 176	93	17
1 177	93	16
1 178	93	16
1 179	93	15
1 180	93	16
1 181	93	15
1 182	93	17
1 183	93	21
1 184	93	30
1 185	93	53
1 186	93	54
1 187	93	38
1 188	93	30
1 189	93	24
1 190	93	20

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 191	95	20
1 192	96	18
1 193	96	15
1 194	96	11
1 195	95	9
1 196	95	8
1 197	96	7

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 198	94	33
1 199	93	46
1 200	93	37
1 201	16	8
1 202	0	0
1 203	0	0
1 204	0	0

Tiempo (s)	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)
1 205	0	0
1 206	0	0
1 207	0	0
1 208	0	0
1 209	0	0

ANEXO 5

MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN Y EL CÁLCULO DE LOS DATOS

1. Requisitos generales

El cálculo de las emisiones se llevará a cabo con arreglo al apéndice A.1 (cálculos basados en la masa) o bien conforme al apéndice A.2 (cálculos con base molar). No se permitirá mezclar ambos métodos. No se exigirá realizar los cálculos con arreglo tanto al apéndice A.1 como al apéndice A.2.

Los requisitos específicos para la medición del número de partículas (PN), cuando proceda, se establecerán en el apéndice A.6.

1.1. Símbolos generales

Apéndice A.1	Apéndice A.2	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	([1])	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

Apéndice A.1	Apéndice A.2	Unidad	Cantidad
H		g/kg	Humedad absoluta
	K	—	Factor de corrección
K_V		$\left[\left(\sqrt{K}\cdot m^4\cdot s\right)/kg\right]$	Función de calibración del CFV
k_f		m^3/kg combustible	Factor específico del combustible
k_h		—	Factor de corrección de humedad para NOx, motores diésel
k_{Dr}	k_{Dr}	—	Factor de ajuste a la baja
k_r	k_r	—	Factor de regeneración multiplicativo
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([3])
M_a	([1])	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
	v	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}	([1])	kg	Masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo
m_{edf}	([1])	kg	Masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo de ensayo

Apéndice A.1	Apéndice A.2	Unidad	Cantidad
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
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/s	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
q_m	$\dot{m}$	kg/s	Caudal másico

Apéndice A.1	Apéndice A.2	Unidad	Cantidad
q_{mad}	$\dot{m}$ [1]	kg/s	Caudal másico del aire de admisión en base seca
q_{maw}	[1]	kg/s	caudal másico de aire de admisión en base húmeda
q_{mCe}	[1]	kg/s	Caudal másico del carbono en el gas de escape sin diluir
q_{mCf}	[1]	kg/s	Caudal másico del carbono que entra en el motor
${}^{q}m_{Cp}$	[1]	kg/s	Caudal másico del carbono en el sistema de dilución de flujo parcial
q_{mdew}	[1]	kg/s	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda
q_{mdw}	[1]	kg/s	Caudal másico del aire de dilución en base húmeda
q_{medf}	[1]	kg/s	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda
q_{mew}	[1]	kg/s	Caudal másico del gas de escape en base húmeda
q_{mex}	[1]	kg/s	Caudal másico de la muestra extraída del túnel de dilución
q_{mf}	[1]	kg/s	Caudal másico de combustible
q_{mp}	[1]	kg/s	Flujo 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
q_{Vs}	[1]	dm^3/min	Caudal del sistema analizador del gas de escape
q_{Vt}	[1]	cm^3/min	Caudal de gas trazador
ρ	ρ	kg/m^3	Densidad másica
ρ_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

Apéndice A.1	Apéndice A.2	Unidad	Cantidad
σ	σ	—	Desviación típica
T	T	°C	Temperatura
	T	Nm	Par motor
T_a		K	Temperatura absoluta
t	t	s	Tiempo
Δt	Δt	s	Intervalo de tiempo
u		—	Relación entre las densidades del componente del gas y el gas de escape
V	V	m^3	Volumen
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 a lo largo 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
$\overline{y}$	$\overline{y}$		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 en el apéndice A.1 y *DR* en el apéndice A.2: diferentes símbolos pero el mismo significado y las mismas ecuaciones. Factor de dilución *D* en el apéndice A.1 y x_{dil} en el apéndice A.2: diferentes símbolos pero el mismo significado físico; la ecuación (A.5-129) muestra la relación existente entre x_{dil} y *DR*.
(3) p. d.= por definir

1.2. Subíndices

Apéndice A.1(1)	Apéndice A.2	Cantidad
act	act	Cantidad real
i		Medición instantánea (p. ej. 1 Hz)
	i	Un individuo de una serie

(1) En el apéndice A.1, 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», o relación de dilución, como en «r_d».

1.3. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos (utilizados también como subíndices)

Apéndice A.1	Apéndice A.2	Cantidad
Ar	Ar	Argón
C_1	C_1	Hidrocarburo equivalente al carbono 1

Apéndice A.1	Apéndice A.2	Cantidad
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	Materia particulada
S	S	Azufre

1.4. Símbolos y abreviaturas de la composición del combustible

Apéndice A.1 (1)	*Apéndice A.2* (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 con la fórmula química $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$.
(2) Relativo a un combustible de la fórmula química $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$.
(3) Debe prestarse atención a la diferencia de significado del símbolo β en los dos puntos relativos al cálculo de emisiones: en el apéndice A.1 se refiere a un combustible con la fórmula química $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (es decir, la fórmula $C_\beta H_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$, donde $\beta = 1$, suponiendo un átomo de carbono por molécula), mientras que en el apéndice A.2 se refiere a la relación oxígeno-carbono con $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$. Por lo tanto, la β del apéndice A.2 se corresponde con la ε del apéndice A.1.
(4) La fracción másica w acompañada del símbolo del componente químico como subíndice.

APÉNDICE A.1

CÁLCULOS DE EMISIONES CON BASE MÁSICA

A.1.1. Medición de las emisiones gaseosas en el gas de escape sin diluir

A.1.1.1. 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:

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3600 \quad \text{(A.5-1)}$$

donde:

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ en [ppm] y k = 10000 para $c_{gasr,w,i}$ en [% vol]

k_h = factor de corrección NOx [-], para calcular la emisión de NOx (véase el punto A.1.1.4)

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 [% vol]

A.1.1.2. Ciclo transitorio y ciclo modal con aumentos

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 (A.5-2):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad \text{(A.5-2)}$$

donde:

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

k_h = factor de corrección NOx [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NOx

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ en [ppm] y k = 10000 para $cc_{gasr,w,i}$ en [% vol]

u_{gas} = factor específico del componente [-] (véase el punto A.1.1.5)

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 [% vol]

A.1.1.3. 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 (A.5-3):

$$c_w = k_w \cdot c_d \tag{A.5-3}$$

donde:

k_w = dry-to-wet conversion factor [-]

c_d = concentración de la emisión en base seca [ppm] o [% vol]

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 (A.5-4):

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_h \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot kf \cdot 1000}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \tag{A.5-4}$$

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]

con:

$$k_f = 0,055594 \cdot w_H + 0,0080021 \cdot w_N + 0,0070046 \cdot w_O \tag{A.5-5}$$

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 (A.5-4), puede suponerse que la relación p_r/p_b se define del modo siguiente:

$$\frac{1}{\left(1-\frac{p_r}{p_b}\right)} = 1,008 \qquad \text{(A.5-6)}$$

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:

$$k_{w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha \cdot 0,005 \cdot \left(c_{CO2}+c_{CO}\right)} - k_{w1}}{1-\frac{p_r}{p_b}} \qquad \text{(A.5-7)}$$

donde:

c_{CO2} = concentración de CO_2 en el gas de escape sin diluir en base seca [% vol]

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 [-]

$$k_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a} \qquad \text{(A.5-8)}$$

A.1.1.4. Corrección de los NOx en función de la humedad y la temperatura

Dado que la emisión de NOx depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NOx 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 (A.5-9) y (A.5-10). 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

$$k_h = \frac{15,698 \cdot H_a}{1000} + 0,832 \qquad \text{(A.5-9)}$$

b) Para motores de encendido por chispa

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \qquad \text{(A.5-10)}$$

donde:

H_a = = humedad del aire de admisión [g H_2O/kg aire seco]

A.1.1.5 Factor u específico del componente

En los puntos A.1.1.5.1 y A.1.1.5.2 se describen dos procedimientos de cálculo. El procedimiento establecido en el punto A.1.1.5.1 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 A.1.1.5.2 es más preciso para las calidades de combustible que se desvían de las especificaciones del anexo 6, pero requiere un análisis elemental de la composición del combustible.

A.1.1.5.1 Valores tabulados

En el cuadro A.5-1 figuran los valores de u_{gas} resultantes de las ecuaciones del punto A.1.1.5.2, obtenidos aplicando algunas simplificaciones (hipótesis sobre el valor λ y sobre las condiciones del aire de admisión del cuadro A.5-1).

Cuadro A.5-1

Valores u del gas de escape sin diluir y densidades del componente (para una concentración de emisiones expresada en ppm)

Combustible	r_e	Gas					
		NO_X	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		r_{gas} [kg/m³]					
		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] con l = 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 %

A.1.1.5.2. 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 (A.5-11) o (A.5-12)]:

$$u_{\mathrm{gas},i} = M_{\mathrm{gas}} / \left(M_{\mathrm{e},i} \cdot 1000 \right) \tag{A.5-11}$$

o

$$u_{\mathrm{gas},i} = \rho_{\mathrm{gas}} / \left(\rho_{\mathrm{e},i} \cdot 1000 \right) \tag{A.5-12}$$

donde:

M_{gas} = masa molar del componente gaseoso [g/mol]

$M_{e,i}$ = masa molar instantánea del gas de escape sin diluir húmedo [g/mol]

ρ_{gas} = densidad del componente gaseoso [kg/m³]

$\rho_{e,i}$ = densidad instantánea del gas de escape sin diluir húmedo [kg/m³]

Mediante la ecuación (A.5-13) se derivará la masa molar del gas de escape, $M_{e,i}$, para un combustible de composición general $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$ y suponiendo una combustión completa:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \tag{A.5-13}$$

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 [-]

d = relación molar nitrógeno-carbono [-]

e = relación molar oxígeno-carbono [-]

g = 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/m³] se calculará mediante la ecuación (A.5-14):

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \cdot \left(q_{mf,i} / q_{mad,i}\right)}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1000 \cdot \left(q_{mf,i} / q_{mad,i}\right)} \quad \text{(A.5-14)}$$

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 [m³/kg combustible] [véase la ecuación (A.5-5)]

A.1.1.6. Caudal másico del gas de escape

A.1.1.6.1. 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 (A.5-15):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad \text{(A.5-15)}$$

donde:

$q_{maw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de admisión húmedo [kg/s]

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]

A.1.1.6.2. 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 (A.5-16):

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot \left(c_{mix,i} - c_b\right)} \quad \text{(A.5-16)}$$

donde:

q_{Vt} = caudal de gas trazador [m³/s]

$c_{mix,i}$ = concentración instantánea del gas trazador después de la mezcla [ppm]

re = = densidad del gas de escape sin diluir [kg/m³]

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 flujo de escape máximo.

A.1.1.6.3. 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 (A.5-17):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right) \quad \text{(A.5-17)}$$

con:

$$A / F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \quad \text{(A.5-18)}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \cdot \left(c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} \right)}{4{,}764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot \left(c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right)} \quad \text{(A.5-19)}$$

donde:

$q_{maw,i}$ = caudal másico del aire de admisión húmedo [kg/s]

A/F_{st} = relación estequiométrica aire/combustible [-]

l_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 C_1]

α = relación molar hidrógeno-carbono [-]

d = relación molar nitrógeno-carbono [-]

e = relación molar oxígeno-carbono [-]

g = = relación atómica azufre-carbono [-]

A.1.1.6.4. Método del balance de carbono, procedimiento en una fase

El siguiente procedimiento de una fase, establecido en la ecuación (A.5-20), puede utilizarse para calcular el caudal másico de gas de escape húmedo, $q_{mew,i}$ [kg/s]:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[\frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c} \left(1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right] \quad \text{(A.5-20)}$$

donde el factor carbono, f_c [-], viene dado por:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot \left(c_{CO2d} - c_{CO2d,a} \right) + \frac{c_{COd}}{18522} + \frac{c_{HCw}}{17355} \quad \text{(A.5-21)}$$

donde:

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]

w_C = contenido en carbono del combustible [% masa] [véase la ecuación (A.5-82) del punto A.2.3.3.1 o el cuadro A.2.1]

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} [m³/kg combustible], que se calcula mediante la ecuación (A.5-22) en base seca restando de k_f el agua formada por la combustión:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \quad \text{(A.5-22)}$$

donde:

k_f = factor específico del combustible de la ecuación (A.5-5) [m³/kg combustible]

w_H = contenido en hidrógeno del combustible [% masa]

A.1.2. Emisiones de gases diluidos

A.1.2.1. 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 (A.5-23):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad \text{(A.5-23)}$$

donde:

u_{gas} = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire, según el cuadro A.1.2 o bien calculada con la ecuación (A.5-34) [-]

c_{gas} = concentración de fondo media corregida del componente en base húmeda [ppm] o [% vol] respectivamente

k_h = factor de corrección NOx [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NOx

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ en [ppm], k = 10000 para $c_{gasr,w,i}$ en [% vol]

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 (A.5-24):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{N} \left[\left(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas} \right) \right] - \left[\left(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{gas} \right) \right] \right\} \quad \text{(A.5-24)}$$

donde:

c_e = concentración de las emisiones en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm] o [% vol]

c_d = concentración de la emisión en el aire de dilución, en base húmeda [ppm] o [% vol]

$m_{ed,i}$ = = 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 A.1.2 [-] [-]

D = factor de dilución [véase la ecuación (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

k_h = factor de corrección NOx [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NOx

k = 1 para c en [ppm], k = 10000 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 NOx e 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.

A.1.2.2. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Todas las concentraciones establecidas en el punto A.1.2.1 medidas en base seca se convertirán a base húmeda mediante la ecuación (A.5-3).

A.1.2.2.1. Gas de escape diluido

Las concentraciones en base seca se convertirán a concentraciones en base húmeda mediante una de las dos ecuaciones siguientes [(A.5-25) o (A.5-26)]: (7-24):

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1.008 \quad \text{(A.5-25)}$$

o

$$k_{w,e} = \left(\frac{\left(1 - k_{w2} \right)}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}} \right) \cdot 1.008 \quad \text{(A.5-26)}$$

donde:

α = relación molar hidrógeno-carbono del combustible [-]

c_{CO2w} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base húmeda [% vol]

c_{CO2d} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base seca [% vol]

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 (A.5-27):

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad \text{(A.5-27)}$$

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 (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

A.1.2.2.2. 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 (A.5-28):

$$D = \frac{F_S}{c_{CO2,e} + \left(c_{HC,e} + c_{CO,e}\right) \cdot 10^{-4}} \quad \text{(A.5-28)}$$

donde:

F_S = factor estequiométrico [-]

$c_{CO2,e}$ = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base húmeda [% vol]

$c_{HC,e}$ = concentración de HC en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm C_1]

$c_{CO,e}$ = concentración de CO en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm]

El factor estequiométrico se calculará mediante la ecuación (A.5-29):

$$F_S = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad \text{(A.5-29)}$$

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 (A.5-30):

$$D = \frac{q_{V\mathrm{CVS}}}{q_{V\mathrm{ew}}} \qquad \text{(A.5-30)}$$

donde:

q_{VCVS} = caudal volumétrico del gas de escape diluido [m^3/s]

q_{Vew} = caudal volumétrico del gas de escape sin diluir [m^3/s]

A.1.2.2.3. Aire de dilución

$$k_{\mathrm{w,d}} = \left(1 - k_{\mathrm{w3}}\right) \cdot 1{,}008 \qquad \text{(A.5-31)}$$

con:

$$k_{\mathrm{w3}} = \frac{1{,}608 \cdot H_{\mathrm{d}}}{1000 + 1{,}608 \cdot H_{\mathrm{d}}} \qquad \text{(A.5-32)}$$

donde:

H_d = humedad del aire de dilución [g H_2O/kg aire seco]

A.1.2.2.4. 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 (A.5-33):

$$c_{\mathrm{gas}} = c_{\mathrm{gas,e}} - c_{\mathrm{d}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \qquad \text{(A.5-33)}$$

donde:

c_{gas} = concentración neta del gas contaminante [ppm] o [% vol]

$c_{gas,e}$ = concentración de las emisiones en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm] o [% vol]

c_d = concentración de la emisión en el aire de dilución, en base húmeda [ppm] o [% vol]

D = factor de dilución [véase la ecuación (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

A.1.2.3. Factor u específico del componente

El factor u_{gas} específico del componente del gas diluido se puede calcular mediante la ecuación (A.5-34) o bien se puede tomar del cuadro A.1.2, en el cual la densidad del gas de escape diluido se ha supuesto igual a la densidad del aire.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right)\right] + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right) \cdot 1\,000} \quad \text{(A.5-34)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar del componente gaseoso [g/mol]

$M_{d,w}$ = masa molar del gas de escape diluido [g/mol]

$M_{da,w}$ = masa molar del aire de dilución [g/mol] [véase la ecuación (A.5-144) del punto A.2.9.3]

$M_{r,w}$ = masa molar del gas de escape sin diluir [g/mol] (véase el punto A.5.5 del apéndice A.5 del anexo 5)

D = factor de dilución [véase la ecuación (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

Cuadro A.1.2

Valores u del gas de escape diluido (para una concentración de emisiones expresada en ppm) y densidades del componente

Combustible	r_e	Gas					
		NO_X	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		r_{gas} [kg/m³]					
		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] con l = 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 %

A.1.2.4. Cálculo del caudal másico del gas de escape

A.1.2.4.1. Sistema PDP-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido m_{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 (A.5-35):

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_P \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \quad \text{(A.5-35)}$$

donde:

V_0 = volumen de gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo [m³/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/m³ = = 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 (A.5-36):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{P,i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{\overline{T}} \quad \text{(A.5-36)}$$

donde:

V_0 = volumen de gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo [m³/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* [rev/Δt]

$\overline{T}$ = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba [K]

1,293 kg/m³ = = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

A.1.2.4.2. Sistema CFV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido 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 (A.5-37):

$$m_{ed} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0{,}5}} \quad \text{(A.5-37)}$$

donde:

t = duración del ciclo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar $\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s\right)/kg\right]$

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa]

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

1,293 kg/m³ = 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 (A.5-38):

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad \text{(A.5-38)}$$

donde:

Δt_i = intervalo de tiempo del ensayo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar $\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s\right)/kg\right]$

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa]

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

1,293 kg/m³ = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

A.1.2.4.3. Sistema SSV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido m_{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 (A.5-39):

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-39)}$$

donde:

1,293 kg/m³ = 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) [m³/s]

con:

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_V{}^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D{}^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]} \quad \text{(A.5-40)}$$

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]

$T_{in,V}$ = 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 (A.5-41):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad \text{(A.5-41)}$$

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]

A.1.3. Cálculo de la emisión de partículas

A.1.3.1. Ciclos de ensayo modales con aumentos y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

La masa de partículas se calculará después de la corrección de la flotabilidad de la masa de la muestra de partículas con arreglo a lo dispuesto en el punto 8.1.12.2.5 del anexo 4.

A.1.3.1.1. Sistema de dilución de flujo parcial

A.1.3.1.1.1. Cálculo basado en la relación de muestreo

La emisión de partículas a lo largo del ciclo, m_{PM} [g], se calculará con la ecuación (A.5-42):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1000} \quad \text{(A.5-42)}$$

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:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad \text{(A.5-43)}$$

donde:

m_{se} = masa de la muestra del gas de escape sin diluir a lo largo del ciclo [kg]

m_{ew} = masa total 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 idénticas.

A.1.3.1.1.2. Cálculo basado en la relación de dilución

La emisión de partículas a lo largo del ciclo, m_{PM} [g], se calculará con la ecuación (A.5-44):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1000} \quad \text{(A.5-44)}$$

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 (A.5-45):

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \quad \text{(A.5-45)}$$

Con:

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \quad \text{(A.5-46)}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad \text{(A.5-47)}$$

donde:

$q_{medf,i}$ = caudal másico instantáneo equivalente de 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 [-]

$q_{mew,i}$ = 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 muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

A.1.3.1.2. Sistema de dilución de flujo total

La emisión másica se calculará mediante la ecuación (A.5-48):

$$m_{\mathrm{PM}} = \frac{m_{\mathrm{f}}}{m_{\mathrm{sep}}} \cdot \frac{m_{\mathrm{ed}}}{1000} \tag{A.5-48}$$

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_{ed} = masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo [kg]

con:

$$m_{\mathrm{sep}} = m_{\mathrm{set}} - m_{\mathrm{ssd}} \tag{A.5-49}$$

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]

A.1.3.1.2.1. Corrección de fondo

Podrá efectuarse una corrección de fondo de la masa de partículas, $m_{\mathrm{PM,c}}$ [g], mediante la ecuación (A.5-50):

$$m_{\mathrm{PM,c}} = \left\{ \frac{m_{\mathrm{f}}}{m_{\mathrm{sep}}} - \left[\frac{m_{\mathrm{b}}}{m_{\mathrm{sd}}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{\mathrm{ed}}}{1000} \tag{A.5-50}$$

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 (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

A.1.3.2. Cálculo correspondiente al ciclo de modo discreto en estado continuo

A.1.3.2.1. 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 (A.5-51) y el sistema con medición de caudal que se muestra en la figura A.4-6 del anexo 4:

$$q_{m\mathrm{edf}} = q_{m\mathrm{ew}} \cdot r_{\mathrm{d}} \quad \text{(A.5-51)}$$

$$r_{\mathrm{d}} = \frac{q_{m\mathrm{dew}}}{q_{m\mathrm{dew}} - q_{m\mathrm{dw}}} \quad \text{(A.5-52)}$$

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 diluido 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, $q_{m\mathrm{dew}}$ se utiliza como $q_{m\mathrm{edf}}$.

A.1.3.2.2. 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 (A.5-53), (A.5-56), (A.5-57) o (A.5-58):

a) Con el método de filtro único

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-53)}$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medfi} \cdot WF_i \quad \text{(A.5-54)}$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sepi} \quad \text{(A.5-55)}$$

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) Con el método de múltiples filtros

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-56)}$$

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

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-57)}$$

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 (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

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

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-58)}$$

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]

D = = factor de dilución [véase la ecuación (A.5-28) del punto A.1.2.2.2] [-]

q_{medfi} = caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda en el modo *i* [kg/s]

Si se efectúa más de una medición, $m_{f,d} / m_d$ se sustituirá por $\overline{m_{f,d} / m_d}$.

A.1.4. Trabajo del ciclo y emisiones específicas

A.1.4.1. Emisiones gaseosas

A.1.4.1.1. Ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

Para el gas de escape sin diluir y el diluido, se remite, respectivamente, a los puntos A.1.1 y A.1.2. 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 (A.5-59):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^{N} \left(n_i \cdot T_i \right) \quad \text{(A.5-59)}$$

donde:

P_i = potencia instantánea del motor [kW]

Δt_i = el intervalo de mediciones [s]

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 muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

Cuando los accesorios están instalados de conformidad con el apéndice A.2 del anexo 4 no realizará ningún ajuste en el par instantáneo del motor en la ecuación (A.5-59). Cuando, con arreglo a los puntos 6.3.2 o 6.3.3 del anexo 4 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 (A.5-59) se ajustará por medio de la ecuación (A.5-60):

$$T_i = T_{i,\text{meas}} + T_{i,\text{AUX}} \quad \text{(A.5-60)}$$

donde:

$T_{i,meas}$ = valor medido del par instantáneo del motor

$T_{i,AUX}$ = valor correspondiente del par necesario para hacer funcionar los accesorios, determinado de conformidad con la ecuación (A.4-18) del anexo 4 del presente Reglamento.

Se calcularán las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \quad \text{(A.5-61)}$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo 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 mediante la ecuación (A.5-62):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m_{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{act,cold}) + (0{,}9 \cdot W_{act,hot})} \quad \text{(A.5-62)}$$

donde:

m_{cold} = emisiones másicas gaseosas en el NRTC con arranque en frío [g]

$W_{act,\,cold}$ = trabajo efectivo a lo largo del ciclo en el NRTC con arranque en frío [kWh]

m_{hot} = emisiones másicas gaseosas en el NRTC con arranque en caliente [g]

$W_{act,\,hot}$ = trabajo efectivo a lo largo del ciclo 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 (A.5-63):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad \text{(A.5-63)}$$

donde:

$m_{CO2,\,hot}$ = emisiones másicas de CO_2 del NRTC de arranque en caliente [g]

$W_{act,\,hot}$ = trabajo efectivo a lo largo del ciclo en el NRTC con arranque en caliente [kWh]

A.1.4.1.2. NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], se calcularán utilizando la ecuación (A.5-64):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(q_{mgasi} \cdot WF_i \right)}{\sum_{N_{mode}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \quad \text{(A.5-64)}$$

donde:

$q_{mgas,i}$ = caudal másico medio de emisiones para el modo *i* [g/h]

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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = factor de ponderación para el modo *i* [-]

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

A.1.4.2. Emisiones de partículas

A.1.4.2.1. Ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

Las emisiones específicas de las partículas se calcularán con la ecuación (A.5-61), donde e_{gas} [g/kWh], y m_{gas} [g/ensayo] se sustituyen por e_{PM} [g/kWh] y m_{PM} [g/ensayo] respectivamente:

$$e_{\mathrm{PM}} = \frac{m_{\mathrm{PM}}}{W_{\mathrm{act}}} \quad \text{(A.5-65)}$$

donde:

m_{PM} = masa total de la emisión de partículas, calculada con arreglo al punto A.1.3.1.1 o A.1.3.1.2 [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo del ciclo [kWh]

Las emisiones en el ciclo transitorio compuesto (es decir, fase fría y fase caliente) se calcularán como se indica en el punto A.1.4.1.1.

A.1.4.2.2. NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas de las partículas, e_{PM} [g/kWh], se calcularán utilizando las ecuaciones (A.5-66) o (A.5-67):

a) Con el método de filtro único

$$e_{PM} = \frac{q_{mPM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-66)}$$

donde:

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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = factor de ponderación para el modo *i* [-]

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

b) Con el método de múltiples filtros

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mPMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-67)}$$

donde:

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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = = factor de ponderación para el modo *i* [-]

q_{mPMi} = caudal másico de partículas en el modo *i* [g/h]

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

En el método de filtro único, el factor de ponderación efectiva WF_{ei} de cada modo se calculará con la ecuación (A.5-68):

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot q_{medfi}} \quad \text{(A.5-68)}$$

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]

El valor de los factores de ponderación efectivos coincidirá con el de los factores de ponderación enumerados en el apéndice A.6 del anexo 4, con una tolerancia de ± 0,005 (valor absoluto).

A.1.4.3. Ajuste de los controles de emisiones que se regeneran de forma infrecuente (periódica)

En el caso de los motores equipados con sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente (periódica) (véase el punto 6.6.2 del anexo 4), las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas con arreglo a los puntos A.1.4.1 y A.1.4.2 se corregirán con el factor multiplicativo de ajuste aplicable o bien 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 ciclo 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.

A.1.4.4. Ajuste del factor de deterioro

Las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas según los puntos A.1.4.1 y A.1.4.2, en su caso incluyendo el factor de ajuste de la regeneración infrecuente de conformidad con el punto A.1.4.3, también se adaptarán utilizando el factor de deterioro multiplicativo o aditivo aplicable establecido de conformidad con los requisitos del anexo 8.

A.1.5. 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.

A.1.5.1. 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 velocidad de la PDP más baja).

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 m^3/rev, a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba mediante la ecuación (A.5-69):

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \quad \text{(A.5-69)}$$

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 = velocidad 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 la velocidad 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 (A.5-70):

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad \text{(A.5-70)}$$

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 = velocidad de la bomba [rev/s]

Se realizará un ajuste lineal por mínimos cuadrados para generar la calibración mediante la ecuación (A.5-71):

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad \text{(A.5-71)}$$

donde la línea de regresión queda descrita por la ordenada en el origen, D_0 [m³/rev], y la pendiente, m [m³/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 se encontrarán dentro de un margen del ± 0,5 % respecto del 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.

A.1.5.2. 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.

El caudal de aire (q_{VCVS}) para cada posición de limitación (con un mínimo de 8 posiciones) se calculará en m³/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración K_V K_V $\left[\left(\sqrt{\text{K}}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}\right)/\text{kg}\right]$ se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición mediante la ecuación (A.5-72):

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad \text{(A.5-72)}$$

donde:

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/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 típica. La desviación típica no deberá superar ± 0,3 % del K_V medio.

A.1.5.3. 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 (A.5-40).

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 (A.5-73):

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^{\,2} p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}}\left(r_p^{\,1,4286} - r_p^{\,1,7143}\right)\left(\frac{1}{1 - r_D^{\,4} r_p^{\,1,4286}}\right)\right]}} \qquad \text{(A.5-73)}$$

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 de flujo 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 (A.5-74):

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \qquad \text{(A.5-74)}$$

con:

$$\mu = \frac{b \times T^{1.5}}{S + T} \qquad \text{(A.5-75)}$$

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 [$kg/(m \cdot s)$]

b = = $1{,}458 \times 10^6$ (constante empírica) [$kg/(m \cdot s \cdot K^{0,5})$]

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 tendrá 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.

A.1.6. Corrección de la desviación

A.1.6.1. Procedimiento general

Los cálculos del presente punto 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 A.1.6.4. 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 4.

A.1.6.2. 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.

A.1.6.3. 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 A.1.4. 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 4.

A.1.6.4. Corrección de la desviación

Todas las señales del analizador de gases se corregirán como sigue:

a) En cada concentración registrada, c_i, se corregirá el muestreo continuo o el muestreo por lotes, $\overline{c}$.

b) La corrección de la desviación se calculará mediante la ecuación (A.5-76):

$$c_{idriftcor} = c_{refzero} + \left(c_{refspan} - c_{refzero}\right)\frac{2c_i - \left(c_{prezero} + c_{postzero}\right)}{\left(c_{prespan} + c_{postspan}\right) - \left(c_{prezero} + c_{postzero}\right)} \quad \text{(A.5-76)}$$

donde:

$c_{idriftcor}$ = 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]

$c_{postspan}$ = respuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas patrón [ppm]

c_i o $\overline{c}$ = 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]

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 no se registra alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas patrón, $c_{prespan}$, se tomará como $c_{prespan}$ la concentración de referencia del gas patrón: $c_{prespan} = c_{refspan}$;

f) Si alguna no se registra alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero, $c_{prezero}$, se tomará como $c_{prezero}$ la concentración de referencia del gas de cero: $c_{prezero} = c_{refzero}$;

g) Por lo general, la concentración de referencia del gas de cero, $c_{refzero}$, es cero: $c_{refzero}$ = 0 µmol/mol. Sin embargo, en algunos casos la concentración de $c_{refzero}$ podría no ser cero. Cuando se ponga a cero un analizador utilizando un $c_{refzero}$ diferente de cero, el analizador se regulará para mostrar la concentración $c_{refzero}$ real.

APÉNDICE A.2

CÁLCULOS DE EMISIONES CON BASE MOLAR

A.2.1. 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 flujo 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
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

	Cantidad
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

A.2.2. 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

$x_{H2Ointdry}$ = 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

A.2.3. Parámetros básicos y relaciones

A.2.3.1. Aire seco y tipos de productos químicos

En el presente punto se utilizan los valores siguientes para la composición del aire seco:

$$x_{O2airdry} = 0,209445\,\text{mol / mol}$$

$$x_{Arairdry} = 0,00934\,\text{mol / mol}$$

$$x_{N2airdry} = 0,78084\,\text{mol / mol}$$

$$x_{CO2airdry} = 375\,\mu\text{mol / mol}$$

En este punto 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 ([a])]

M_{O} = 15,9994 g/mol (oxígeno atómico)

M_{O2} = 31,9988 g/mol (oxígeno molecular)

M_{C3H8} = 44,09562 g/mol (propano)

M_{S} = 32,065 g/mol (azufre)

M_{HC} = 13,875389 g/mol [hidrocarburos totales ([b])]

En el presente punto se utiliza la siguiente constante molar *R* para los gases ideales:

$$R = 8,31442\,\text{J} / (\text{mol} \cdot \text{K})$$

En este punto se utilizan las siguientes relaciones de los calores específicos $\gamma[\text{j}/(\text{kg} \cdot \text{K})]/[\text{j}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ 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)

([a]) La masa molar efectiva de NOx se define por la masa molar del dióxido de nitrógeno, NO_2.

([b]) La masa molar efectiva de los HC se define por una relación atómica hidrógeno-carbono, α, de 1,85.

A.2.3.2. Aire húmedo

En el presente punto se indica cómo determinar la cantidad de agua en un gas ideal:

A.2.3.2.1. 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 (A.5-1) o (A.5-2):

a) En el caso de las mediciones de la humedad realizadas a temperaturas ambiente comprendidas entre 273,15 to 373,15 K (0 y 100 °C) o para las mediciones de la humedad realizadas por encima del agua sobreenfriada a temperaturas ambientales de 223,15 a 273,15 K (- 50 a 0 °C):

$$\log_{10}\left(p_{H_2O}\right) = 10,79574\cdot\left(1-\frac{273,16}{T_{sat}}\right) - 5,02800\cdot\log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273,16}\right) + 1,50475\cdot10^{-4}\cdot\left(1-10^{-8,2969\frac{T_{sat}}{273,16}-1}\right) + 0,42873\cdot10^{-3}\cdot\left(10^{4,76955\left(1-\frac{273,16}{T_{sat}}\right)}-1\right) - 0,2138602 \quad \text{(A.5-77)}$$

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) En el caso de las mediciones de la humedad realizadas por encima de hielo a temperaturas ambiente de -100 a 0 °C:

$$\log_{10}\left(p_{H_2O}\right) = -9,096853\cdot\left(\frac{273,16}{T_{sat}}-1\right) - 3,566506\cdot\log_{10}\left(\frac{273,16}{T_{sat}}\right) + 0,876812\cdot\left(1-\frac{T_{sat}}{273,16}\right) - 0,2138602 \quad \text{(A.5-78)}$$

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]

A.2.3.2.2. 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 (A.5-79):

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad \text{(A.5-79)}$$

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]

A.2.3.2.3. Humedad relativa

Si la humedad se mide como una humedad relativa *RH%*, la cantidad de agua en un gas ideal x_{H2O} [mol/mol] se calculará mediante la ecuación (A.5-80):

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{p_{H2O}}{P_{abs}} \quad \text{(A.5-80)}$$

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]

A.2.3.2.4. 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 (A.5-81):

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233\cdot 10^{2} - 2{,}0156028\cdot 10^{1}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right) + 4{,}6778925\cdot 10^{-1}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{2} - 9{,}2288067\cdot 10^{-6}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{3}}{1 - 1{,}3319669\cdot 10^{-1}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right) + 5{,}6577518\cdot 10^{-3}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{2} - 7{,}517286510\cdot 10^{-5}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{3}} \quad \text{(A.5-81)}$$

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

A.2.3.3. Propiedades del combustible

La fórmula química general del combustible es $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$, 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 $CH_\alpha O_\beta$. Los valores por defecto de la composición del combustible podrán determinarse a partir del cuadro A.2.1:

Cuadro A.2.1

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, w_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

A.2.3.3.1 Cálculo de la concentración másica de carbono, w_C

Como alternativa a los valores por defecto del cuadro A.2.1, 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 (A.5-82). 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 A.2.1:

$$w_C = \frac{1 \cdot M_C}{1 \cdot M_C + \alpha \cdot M_H + \beta \cdot M_O + \gamma \cdot M_S + \delta \cdot M_N} \quad \text{(A.5-82)}$$

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

A.2.3.4. Corrección en función de la contaminación inicial de la concentración de los HC totales (THC)

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 7.3.1.2 del anexo 4 por medio de la ecuación (A.5-83):

$$x_{THC[THC\text{-}FID]cor} = x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr} - x_{THC[THC\text{-}FID]init} \quad \text{(A.5-83)}$$

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]

A.2.3.5. 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 cada concentración registrada multiplicada por su caudal molar de los gases de escape correspondiente, 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. 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.

A.2.4. Balances químicos del combustible, el aire de admisión y el gas de escape

A.2.4.1. 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.

A.2.4.2. 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.

A.2.4.3. 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 flujo 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 C_1 por mol seco de flujo 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, α, oxígeno-carbono, β, y la fracción másica de carbono, w_C, del combustible. Para el combustible de ensayo, se podrán usar α y β o los valores por defecto del cuadro A.2.1.

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 NOx totales, y no se miden NO y NO_2 por separado, se aplicarán las buenas prácticas técnicas para distinguir en la concentración de NOx 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 NOx se utilizará la masa molar de NO_2 para la masa molar efectiva de todo los tipos de NOx, independientemente de la fracción real de NO_2 en NOx.

b) Las ecuaciones (A.5-6) a (A.5-23) 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}, $x_{Ccombdry}$, and $x_{dil/exh}$. 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

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.
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. Se podrá utilizar 3,5 o se podrá calcular el valor conforme a buenas prácticas técnicas.
α	Relación atómica hidrógeno-carbono de la mezcla de combustibles ($CH_\alpha O_\beta$) que se quema, ponderada por el consumo molar
β	Relación atómica oxígeno-carbono de la mezcla de combustibles ($CH_\alpha O_\beta$) que se quema, ponderada por el consumo molar

d) Las ecuaciones siguientes [(A.5-84) a (A.5-101)] se utilizarán para calcular de manera iterativa $x_{dil/exh}$, x_{H2Oexh} y $x_{Ccombdry}$:

$$x_{dil/exh} = 1 - \frac{x_{raw/exhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad \text{(A.5-84)}$$

$$x_{H2Oexh} = \frac{x_{H2Oexhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad \text{(A.5-85)}$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO2dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO2int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad \text{(A.5-86)}$$

$$x_{\text{H2dry}} = \frac{x_{\text{COdry}} \cdot \left(x_{\text{H2Oexhdry}} - x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} \right)}{K_{\text{H2Ogas}} \cdot \left(x_{\text{CO2dry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} \right)} \quad \text{(A.5-87)}$$

$$x_{\text{H2Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2} \left(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) + x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H2Oint}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{H2dry}} \quad \text{(A.5-88)}$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{\text{H2Oexh}}} \quad \text{(A.5-89)}$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{\text{O2int}}} \left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right) \left(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) - \left(x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}} - 2x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}} \right) \right] \quad \text{(A.5-90)}$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right) \left(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) + \left(2x_{\text{THCdry}} + x_{\text{COdry}} - x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}} \right) \right] + x_{\text{int/exhdry}} \quad \text{(A.5-91)}$$

$$x_{\text{O2int}} = \frac{0{,}209820 - x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad \text{(A.5-92)}$$

$$x_{\text{CO2int}} = \frac{x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad \text{(A.5-93)}$$

$$x_{\text{H2Ointdry}} = \frac{x_{\text{H2Oint}}}{1 - x_{\text{H2Oint}}} \quad \text{(A.5-94)}$$

$$x_{CO2dil} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \quad \text{(A.5-95)}$$

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{(A.5-96)}$$

$$x_{COdry} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \quad \text{(A.5-97)}$$

$$x_{CO2dry} = \frac{x_{CO2meas}}{1 - x_{H2OCO2meas}} \quad \text{(A.5-98)}$$

$$x_{NOdry} = \frac{x_{NOmeas}}{1 - x_{H2ONOmeas}} \quad \text{(A.5-99)}$$

$$x_{NO2dry} = \frac{x_{NO2meas}}{1 - x_{H2ONO2meas}} \quad \text{(A.5-100)}$$

$$x_{THCdry} = \frac{x_{THCmeas}}{1 - x_{H2OTHCmeas}} \quad \text{(A.5-101)}$$

Al final del balance químico, el caudal molar se calcula como se especifica en los puntos A.2.5.3 y A.2.6.3.

A.2.4.4. Corrección de NOx en función de la humedad

Todas las concentraciones de NOx, incluidas las concentraciones de fondo del aire de dilución, se corregirán en función de la humedad del aire de admisión mediante la ecuación (A.5-102) o (A.5-103):

a) Para motores de encendido por compresión

$$x_{NOXcor} = x_{NOXuncor} \cdot \left(9{,}953 \cdot x_{H2O} + 0{,}832\right) \quad \text{(A.5-102)}$$

b) Para motores de encendido por chispa

$$x_{NOXcor} = x_{NOXuncor} \cdot \left(18{,}840 \cdot x_{H2O} + 0{,}68094\right) \quad \text{(A.5-103)}$$

donde:

$x_{NOxuncor}$ = concentración molar de NOx en el gas de escape no corregida [µmol/mol]

x_{H2O} = cantidad de agua en el aire de admisión [mol/mol]

A.2.5. Medición de las emisiones gaseosas en el gas de escape sin diluir

A.2.5.1. 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 (A.5-104)]:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \qquad \text{(A.5-104)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión de gases genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = 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 (A.5-104) se ha de resolver por integración numérica, se transforma en la ecuación (A.5-105):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \text{dt} \Rightarrow m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{\text{N}} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i} \qquad \text{(A.5-105)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = 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 muestreo de datos [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 (A.5-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{\text{N}} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i} \qquad \text{(A.5-106)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = 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 muestreo de datos [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 (A.5-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \overline{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-107)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\overline{x}_{\text{gas}}$ = 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 (A.5-104) se puede simplificar mediante la ecuación (A.5-108):

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \overline{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \quad \text{(A.5-108)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\overline{x}_{\text{gas}}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

A.2.5.2. 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 A.2.4.3. Existe la siguiente relación entre las concentraciones molares de gas en el flujo medido x_{gasdry} y x_{gas} [mol/mol], expresadas en base seca y en base húmeda en las ecuaciones (A.5-109) y (A.5-110) respectivamente:

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H2O}}} \quad \text{(A.5-109)}$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H2Odry}}} \quad \text{(A.5-110)}$$

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 (A.5-111):

$$x = x_{[\text{emission}]\text{meas}} \left[\frac{\left(1 - x_{\text{H2Oexh}}\right)}{1 - x_{\text{H2O}[\text{emission}]\text{meas}}} \right] \quad \text{(A.5-111)}$$

donde:

$x_{[emission]meas}$ = fracción molar de emisión en el caudal medido en el lugar de la medición [mol/mol]

$x_{H2O[emission]meas}$ = 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]

A.2.5.3. Caudal molar del gas de escape

El caudal de los gases de escape sin diluir se puede medir directamente o calcularse a partir del balance químico del punto A.2.4.3. 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, $\dot{n}_{\text{exh}}$, basándose en el caudal molar de aire de admisión medido, $\dot{n}_{\text{int}}$, o en el caudal másico de combustible medido, $\dot{m}_{\text{fuel}}$, y los valores calculados a partir del balance químico del punto A.2.4.3. Se resolverá para el balance químico del punto A.2.4.3 a la misma frecuencia de actualización y registro que $x_{\text{O2airdry}} = 0{,}209445\,\text{mol/mol}$ o $\dot{m}_{\text{fuel}}$.

a) Caudal del cárter. El caudal de gas de escape sin diluir solo se puede calcular a partir de $\dot{n}_{\text{int}}$ o $\dot{m}_{\text{fuel}}$ 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 4.

   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 $\dot{n}_{\text{int}}$, el caudal molar del gas de escape, $\dot{n}_{\text{exh}}$ [mol/s], se calculará mediante la ecuación (A.5-112):

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{n}_{\text{int}}}{\left[1 + \frac{\left(x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{raw/exhdry}}\right)}{\left(1 + x_{\text{H2Oexhdry}}\right)}\right]} \quad \text{(A.5-112)}$$

donde:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones [mol/s]

$\dot{n}_{\text{int}}$ = caudal molar del aire de admisión incluida la humedad en el aire de admisión [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]

$x_{H2Oexhdry}$ = 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, $\dot{m}_{fuel}$, $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] se calculará de la manera siguiente:

Al realizar ensayos en laboratorio, este cálculo solo podrá utilizarse para ciclos de modo discreto y ciclos modales con aumentos [ecuación A.5-113]:

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot \left(1 + x_{H2Oexhdry}\right)}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad \text{(A.5-113)}$$

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 flujo medido [mol/mol]

M_C = masa molecular del carbono 12,011 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = cantidad de carbono procedente del combustible en el gas de escape por mol de gas de escape seco [mol/mol]

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 A.2.4.3. 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 A.2.4.3 a la misma frecuencia de actualización y registro que $\dot{n}_{int}$ y $\dot{n}_{dexh}$. Este valor calculado $\dot{n}_{dexh}$ puede utilizarse para verificar la relación de dilución de PM, el cálculo del caudal molar del aire de dilución en la corrección de fondo del punto A.2.6.1 y el cálculo de la masa de emisiones del punto A.2.5.1 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, $\dot{n}_{exh}$ [mol/s], se calculará de la manera siguiente:

$$\dot{n}_{exh} = \left(x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}\right) \cdot \left(1 - x_{H20exh}\right) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int} \quad \text{(A.5-114)}$$

donde

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones [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 seco [mol/mol];

$\dot{n}_{dexh}$ = caudal molar del gas de escape diluido a partir del que se miden las emisiones [mol/s];

$\dot{n}_{int}$ = caudal molar del aire de admisión incluida la humedad en el aire de admisión [mol/s].

A.2.6. Emisiones de gases diluidos

A.2.6.1. 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 (A.5-106) del punto A.2.5.1, letra a):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i} \quad \text{(A.5-106)}$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = 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 muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

b) Con muestreo continuo y caudal constante, se calculará mediante la ecuación (A.5-107) del punto A.2.5.1, letra b):

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \overline{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-107)}$$

donde:

Mgas = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\overline{x}_{\text{gas}}$ = 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 (A.5-108) del punto A.2.5.1, letra c):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \overline{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \quad \text{(A.5-108)}$$

donde:

Mgas = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\overline{x}_{\text{gas}}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

d) En el caso de los gases de escape diluidos, 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, $\dot{n}_{\text{airdil}}$[mol/s], se determinará a lo largo del intervalo de ensayo. Podrá tratarse de una cantidad medida o de una cantidad calculada a partir del flujo de gas de escape diluido y la fracción media ponderada según el flujo del aire de dilución en el gas de escape diluido, $\bar{x}_{\text{dil/exh}}$.

ii) El flujo total de aire de dilución [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 flujo (p. ej., 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 flujo total de aire de dilución se podrá determinar mediante una medición directa del flujo. En este caso, la masa total de fondo se calculará utilizando el flujo 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.

vi) El flujo total de aire de dilución se podrá determinar a partir del flujo 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 A.2.4. En este caso, la masa total de fondo se calculará utilizando el flujo total de gas de escape diluido, n_{dexh}. A continuación, se multiplicará este resultado por la fracción media ponderada según el flujo del aire de dilución en el gas de escape diluido, $\bar{x}_{\text{dil/exh}}$.

Considerando los casos v) y vi), se utilizarán las ecuaciones (A.5-115) y (A.5-116): o

$$m_{\text{bkgnd}} = M_{\text{gas}} \cdot x_{\text{gasdil}} \cdot n_{\text{airdil}} \qquad \text{(A.5-115)}$$

$$m_{\text{bkgnd}} = M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{dil/exh}} \cdot \bar{x}_{\text{bkgnd}} \cdot n_{\text{dexh}}$$

$$m_{\text{gascor}} = m_{\text{gas}} - m_{\text{bkgnd}} \qquad \text{(A.5-116)}$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión gaseosa [g]

m_{bkgnd} = masas totales 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} = flujo molar de aire de dilución [mol]

$\bar{x}_{\text{dil/exh}}$ = fracción media ponderada en función del flujo del aire de dilución en el gas de escape diluido [mol/mol]

$\bar{x}_{\text{bkgnd}}$ = fracción de gas de fondo [mol/mol]

n_{dexh} = flujo total de gas de escape diluido [mol]

A.2.6.2. 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 A.2.5.2). 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 $Hx_{H2Odildry}$ [mol/mol] mediante la ecuación (A.5-96) del punto A.2.4.3, letra d):

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{(A.5-96)}$$

donde:

x_{H2Odil} = fracción molar de agua en el caudal de aire de dilución [mol/mol]

A.2.6.3 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 (A.5-113) del punto A.2.5.3, letra c):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot \left(1 + x_{H2Oehdry}\right)}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad \text{(A.5-113)}$$

donde:

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones [mol/s]

$\dot{m}_{fuel}$ = 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 flujo 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) 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 8.1.8.4.2 del anexo 4, para determinar el caudal molar $\dot{n}$ [mol/s], por medio de la ecuación (A.5-117):

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad \text{(A.5-117)}$$

con:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP}} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0 \quad \text{(A.5-118)}$$

donde:

a_1 = coeficiente de calibración [m³/s]

a_0 = coeficiente de calibración [m³/rev]

p_{in}, p_{out} = presión a la entrada/salida [Pa]

R = constante molar de gases [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura en la entrada [K]

V_{rev} = volumen bombeado por la PDP [m³/rev]

$f_{n.,PDP}$ = velocidad de la PDP [rev/s]

ii) Caudal molar del SSV. Basándose en la ecuación de C_d en función de $R_e^{\#}$, que se determina de conformidad con el punto 8.1.8.4.4 del anexo 4, el caudal molar del venturi subsónico (SSV) durante un ensayo de emisiones $\dot{n}$ [mol/s] se calculará mediante la ecuación (A.5-119):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-119)}$$

donde:

p_{in} = presión en la entrada [Pa]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m²]

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 SSV [-]

C_f = coeficiente de caudal del SSV [-]

iii) 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 con arreglo al punto 8.1.8.4.3 del anexo 4. Se calculará su caudal molar $\dot{n}$ [mol/s] durante un ensayo de emisiones mediante la ecuación (A.5-120):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-120)}$$

donde:

p_{in} = presión en la entrada [Pa]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m²]

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 [-]

A.2.7. Determinación de las partículas

A.2.7.1 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 materia particulada $\bar{M}_{PM}$ (que ya está en unidades de masa por mol de muestra) por el caudal total para obtener la masa total de la materia particulada, m_{PM} [g] mediante la ecuación (A.5-121):

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(\dot{n}_i \cdot \Delta t_i \right) \quad \text{(A.5-121)}$$

donde:

$\dot{n}_i$ = caudal molar instantáneo de los gases de escape [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$ = concentración media de la materia particulada [g/mol]

Δt_t = 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 materia particulada por el caudal total para obtener la masa total de materia particulada, m_{PM} [g] mediante la ecuación (A.5-122):

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-122)}$$

donde:

$\dot{n}$ = caudal molar de los gases de escape [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$ = concentración media de la materia particulada [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 (A.5-123):

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad \text{(A.5-123)}$$

donde:

m_{PMdil} = masa de materia particulada 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 DR se puede expresar como función de $x_{dil/exh}$ [ecuación (A.5-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/erh}} \tag{A.5-124}$$

A.2.7.2. Corrección de fondo

Para la corrección de fondo de la masa de materia particulada, se adoptará el mismo enfoque que en el punto A.2.6.1. Multiplicando $\bar{M}_{PMbkgnd}$ por el caudal total de aire de dilución, se obtiene la masa total de las materia particulada 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 (A.5-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \bar{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \tag{A.5-125}$$

donde:

$m_{PMuncor}$ = masa de partículas sin corregir [g]

$\bar{M}_{PMbkgnd}$ = concentración media de partículas en el aire de dilución [g/mol]

n_{airdil} = flujo molar de aire de dilución [mol]

A.2.8. Trabajo del ciclo y emisiones específicas

A.2.8.1. Emisiones gaseosas

A.2.8.1.1. Ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

Para el gas de escape sin diluir y diluido se remite, respectivamente, a los puntos A.2.5.1 y A.2.6.1. Los valores resultantes de la potencia P_i [kW] se integrarán a lo largo del intervalo de ensayo. El trabajo total, W_{act} [kWh], se calculará utilizando la ecuación (A.5-126):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(n_i \cdot T_i \right) \tag{A.5-126}$$

donde:

P_i = potencia instantánea del motor [kW]

n_i = régimen instantáneo del motor [rpm]

T_i = par instantáneo del motor [N·m]

W_{act} = trabajo efectivo a lo largo del ciclo [kWh]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

Δt_i = el intervalo de mediciones [s]

Cuando los accesorios están instalados de conformidad con el apéndice A.2 del anexo 4 no realizará ningún ajuste en el par instantáneo del motor en la ecuación (A.5-126). Cuando, con arreglo a los puntos 6.3.2 o 6.3.3 del anexo 4 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 (A.5-126) se ajustará por medio de la ecuación (A.5-127):

$$T_i = T_{i,\text{meas}} + T_{i,\text{AUX}} \quad \text{(A.5-127)}$$

donde:

$T_i,meas$ = valor medido del par instantáneo del motor

T_i,AUX = valor correspondiente del par necesario para hacer funcionar los accesorios, determinado de conformidad con el punto 7.7.2.3, letra b) del anexo 4 del presente Reglamento.

Se calcularán las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \quad \text{(A.5-128)}$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo 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 (A.5-129):

$$e_{\text{gas}} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{\text{cold}}) + (0{,}9 \cdot m_{\text{hot}})}{(0{,}1 \cdot W_{\text{actcold}}) + (0{,}9 \cdot W_{\text{acthot}})} \quad \text{(A.5-129)}$$

donde:

m_{cold} es las emisiones másicas gaseosas en el NRTC con arranque en frío [g]

$W_{act,\ cold}$ es el trabajo efectivo a lo largo del ciclo 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 efectivo a lo largo del ciclo 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 calculado mediante la ecuación (A.5-130):

$$e_{\text{CO2, hot}} = \frac{m_{\text{CO2, hot}}}{W_{\text{act, hot}}} \quad \text{(A.5-130)}$$

donde:

$m_{CO2,\,hot}$ es las emisiones másicas de CO2 en el NRTC con arranque en caliente [g]

$W_{act,\,hot}$ es el trabajo efectivo a lo largo del ciclo en el NRTC con arranque en caliente [kWh]

A.2.8.1.2. NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], se calcularán utilizando la ecuación (A.5-131):

$$e_{\text{gas}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} \left(\dot{m}_{\text{gas}i} \cdot WF_i \right)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \qquad \text{(A.5-131)}$$

donde:

$\dot{m}_{\text{gas}i}$ = caudal másico medio de emisiones para el modo *i* [g/h]

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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = factor de ponderación para el modo *i* [-]

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

A.2.8.2. Emisiones de partículas

A.2.8.2.1 Ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

Las emisiones específicas de las partículas se calcularán transformando la ecuación (A.5-128) en la ecuación (A.5-132), donde e_{gas} [g/kWh] y m_{gas} [g/ensayo] se sustituyen por e_{PM} [g/kWh] y m_{PM} [g/test] respectivamente:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \qquad \text{(A.5-132)}$$

donde:

m_{PM} = masa total de la emisión de partículas, calculada con arreglo al punto A.2.7.1 [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo del ciclo [kWh]

Las emisiones en el ciclo transitorio compuesto (es decir, fase fría y fase caliente) se calcularán como se indica en el punto A.2.8.1.1.

A.2.8.2.2. NRSC de modo discreto

La emisión específica de partículas, e_{PM} [g/kWh], se calculará de la manera siguiente:

A.2.8.2.2.1. En el caso del método de filtro único, mediante la ecuación (A.5-133):

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \qquad \text{(A.5-133)}$$

donde:

Pi = 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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WFi = factor de ponderación para el modo *i* [-]

$\dot{m}_{PM_i}$ = caudal másico de partículas [g/h]

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

A.2.8.2.2.2. En el caso del método de múltiples filtros, mediante la ecuación (A.5-134):

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(\dot{m}_{PM} \cdot WF_i \right)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \qquad \text{(A.5-134)}$$

donde:

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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = factor de ponderación para el modo *i* [-]

$\dot{m}_{PM_i}$ = caudal másico de partículas en el modo *i* [g/h]

N_{mode} = número de modos en el NRSC de modo discreto aplicable

En el método de filtro único, el factor de ponderación efectiva WF_{effi} de cada modo se calculará con la ecuación (A.5-135):

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \qquad \text{(A.5-135)}$$

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 A.6 del anexo 4, con una tolerancia de ± 0,005 (valor absoluto).

A.2.8.3. Ajuste de los controles de emisiones que se regeneran de forma infrecuente (periódica)

En el caso de los motores equipados con sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración infrecuente (periódica) (véase el punto 6.6.2 del anexo 4), las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas con arreglo a los puntos A.2.8.1 y A.2.8.2 se corregirán con el factor multiplicativo de ajuste aplicable o bien 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 ciclo 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.

A.2.8.4. Ajuste del factor de deterioro

Las emisiones específicas de gases y partículas contaminantes calculadas según los puntos A.2.8.1 y A.2.8.2, en su caso incluyendo el factor de ajuste de la regeneración infrecuente de conformidad con el punto A.2.8.3, también se adaptarán utilizando el factor de deterioro multiplicativo o aditivo aplicable establecido de conformidad con los requisitos del anexo 8.

A.2.9. 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 A.2.9.1 se indica cómo convertir los 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.

A.2.9.1. Conversiones de los medidores de referencia

En las ecuaciones de calibración del presente punto se utiliza el caudal molar, $\dot{n}_{\mathrm{ref}}$, como cantidad de referencia. Si el medidor de referencia adoptado produce un caudal de diferente cantidad, como el caudal volumétrico estándar, $\dot{V}_{\mathrm{stdref}}$ el caudal volumétrico real, $\dot{V}_{\mathrm{actref}}$, o el caudal másico, $\dot{m}_{\mathrm{ref}}$, el valor obtenido por el medidor de referencia se convertirá a un caudal molar mediante las ecuaciones (A.5-136), (A.5-137) y (A.5-138), 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:

$$\dot{n}_{\mathrm{ref}} = \frac{\dot{V}_{\mathrm{stdref}} \cdot p_{\mathrm{std}}}{T_{\mathrm{std}} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{\mathrm{actref}} \cdot p_{\mathrm{act}}}{T_{\mathrm{act}} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{\mathrm{ref}}}{M_{\mathrm{mix}}} \qquad \text{(A.5-136)}$$

donde:

$\dot{n}_{\mathrm{ref}}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

$\dot{V}_{\mathrm{stdref}}$ = caudal volumétrico de referencia, corregido para una presión estándar y una temperatura estándar [m³/s]

$\dot{V}_{\mathrm{actdref}}$ = caudal volumétrico de referencia, a la presión y la temperatura reales [m³/s]

$\dot{m}_{\mathrm{ref}}$ = 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 molar de gases [J/(mlol·K)]

M_{mix} = masa molar del gas [g/mol]

A.2.9.2. 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 4, se calcularán los valores siguientes de acuerdo con lo indicado a continuación:

a) Volumen bombeado por la PDP por revolución, V_{rev} (m³/rev):

$$V_{\mathrm{rev}} = \frac{\overline{\dot{n}}_{\mathrm{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{\mathrm{in}}}{\overline{p}_{\mathrm{in}} \cdot \overline{f}_{n\mathrm{PDP}}} \qquad \text{(A.5-137)}$$

donde:

$\bar{\dot{n}}_{ref}$ = valor medio del caudal molar de referencia [mol/s]

R = constante molar de gases [J/(mlol·K)]

$\bar{T}_{in}$ = temperatura media de admisión [K]

$\bar{p}_{in}$ = presión media de admisión [Pa]

$\bar{f}_{nPDP}$ = velocidad media de rotación [rev/s]

b) Factor de corrección del deslizamiento de la PDP, K_s [s/rev]:

$$K_s = \frac{1}{\bar{f}_{nPDP}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}_{out} - \bar{p}_{in}}{\bar{p}_{out}}} \quad \text{(A.5-138)}$$

donde:

$\bar{\dot{n}}_{ref}$ = caudal molar medio de referencia [mol/s]

$\bar{T}_{in}$ = temperatura media de admisión [K]

$\bar{p}_{in}$ = presión media de admisión [Pa]

$\bar{p}_{out}$ = presión media en la salida [Pa]

$\bar{f}_{nPDP}$ = velocidad media de revolución de la PDP [rev/s]

R = constante molar de gases [J/(mlol·K)]

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 A.6.

d) Se repetirá el procedimiento establecido en las letras a) a c) de este punto para cada velocidad de funcionamiento de la PDP.

e) El cuadro A.5-2 ilustra estos cálculos para diferentes valores de : $\bar{f}_{nPDP}$

Cuadro A.5-2

Ejemplo de datos de calibración de la PDP

$\bar{f}_{nPDP}$ [rev/min]	$\bar{f}_{nPDP}$ [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 A.2.6.3, letra b).

A.2.9.3. Ecuaciones de funcionamiento del venturi e hipótesis admisibles

En el presente punto 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 A.2.9.3, letra d), se describen otros supuestos posibles. Si la hipótesis de un gas ideal para el flujo 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 (A.5-139):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-139)}$$

donde:

C_d = coeficiente de descarga, determinado en el punto A.2.9.3, letra a) [-]

C_f = coeficiente de caudal, determinado en el punto A.2.9.3, letra b) [-]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m²]

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 [J/(mol·K)]

T_{in} = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

a) Con los datos recogidos en el punto 8.1.8.4 del anexo 4, se calcula C_d utilizando la ecuación (A.5-140):

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot P_{in}} \quad \text{(A.5-140)}$$

donde:

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

Los otros símbolos son los mismos que en la ecuación (A.5-139).

b) C_f se determinará por uno de los métodos siguientes:

i) Solo para los caudalímetros CFV, C_{fCFV} se deriva del cuadro A.5.3 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 A.5-3

C_{fCFV} en función de β and γ para los caudalímetros CFV

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} =1,385	γ_{dexh} =γ_{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
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 (A.5-141) para calcular C_f:

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot \left(r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)}{(\gamma - 1) \cdot \left(\beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(A.5-141)}$$

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 la letra c) 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 (A.5-142):

$$r_{ssv} = 1 - \frac{\Delta p_{ssv}}{P_{in}} \quad \text{(A.5-142)}$$

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 mediante la ecuación (A.5-143):

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma-1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma+1}{2} \quad \text{(A.5-143)}$$

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;

ii) En toda la gama de gases de escape, se podrá suponer una relación de calores específicos constante γ= 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 γ =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 A.2.3.2, y se calculará mediante la ecuación (A.5-144):

$$M_{mix} = M_{air} \cdot \left(1 - x_{H2O}\right) + M_{H2O} \cdot \left(x_{H2O}\right) \quad \text{(A.5-144)}$$

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 A.5-4 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 A.5-4

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 T_{dew} (°C) de calibración es…	se supone la constante Mmix (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.

A.2.9.4. Calibración del SSV

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 (A.5-145)]. 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 (A.5-146)]. De manera alternativa, para aproximar μ se podrá utilizar el modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland (véase el cuadro A.5-5):

$$\mathrm{Re}^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\mathrm{mix}} \cdot \dot{n}_{\mathrm{ref}}}{\pi \cdot d_{\mathrm{t}} \cdot \mu} \qquad \text{(A.5-145)}$$

donde:

d_t = diámetro del cuello del SSV [m]

M_{mix} = masa molar de la mezcla [kg/mol]

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

y, utilizando el modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{\mathrm{in}}}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{\mathrm{in}} + S} \right) \qquad \text{(A.5-146)}$$

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 A.5-5

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 1 900	≤ 1 800
CO_2	$1{,}370 \times 10^{-5}$	273	222	190 a 1 700	≤ 3 600
H_2O	$1{,}12 \times 10^{-5}$	350	1,064	360 a 1 500	≤ 10 000
O_2	$1{,}919 \times 10^{-5}$	273	139	190 a 2 000	≤ 2 500
N_2	$1{,}663 \times 10^{-5}$	273	107	100 a 1 500	≤ 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.

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 (A.57-140), donde C_f se obtiene de la ecuación (A.5-141), o se podrá utilizar cualquier expresión matemática, incluidos polinomios y series de potencias. La ecuación (A.5-147) es un ejemplo de expresión matemática utilizada comúnmente para relacionar C_d y $Re^{\#}$:

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \qquad \text{(A.5-147)}$$

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 típico estimado, *SEE*, y el coeficiente de determinación, r^2, con arreglo al apéndice A.5.

iv) Si la ecuación cumple los criterios de $SEE < 0{,}5\ \%\ n_{ref\,max}$ (o $\dot{m}_{refmax}$) y $r^2 \geq 0{,}995$, podrá utilizarse para determinar C_d para los ensayos de emisiones, como se indica en el punto A.2.6.3, letra b).

v) Si los criterios de *SEE* y *r2* 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 $Re^{\#}$.

A.2.9.5. Calibración del CFV

Algunos caudalímetros CFV 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:

a) Con los datos recogidos en cada punto de consigna de calibración, se calculará un C_d individual para cada punto mediante la ecuación (A.5-140).

b) La media y la desviación típica de todos los valores de C_d se calcularán mediante las ecuaciones (A.5-155) y (A.5-156).

c) Si la desviación típica de todos los valores de C_d es inferior o igual al 0,3 % del C_d medio, en la ecuación (A.5-120) se utilizará el C_d medio, y el CFV solo se utilizará hasta el valor más bajo de r medido durante la calibración.

$$r = 1 - \left(\Delta p \,/\, p_{in} \right) \qquad \text{(A.5-148)}$$

d) Si la desviación típica 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 más bajo 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 típica de los valores de C_d que queden.

g) Si la desviación típica 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 (A.5-120) y solo se utilizarán los valores de CFV inferiores al valor más bajo de r asociado al C_d restante.

h) Si la desviación típica 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) del presente punto.

A.2.10 Corrección de la desviación

A.2.10.1 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 4.

A.2.10.2. 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.

A.2.10.3. 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 A.2.8 del presente anexo. 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 4.

A.2.10.4. 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, $\overline{x}$.

b) La corrección de la desviación se calculará mediante la ecuación (A.5-149):

$$x_{\text{indriftcor}} = x_{\text{refzero}} + \left(x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}\right)\frac{2x_i - \left(x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}}\right)}{\left(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}\right) - \left(x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}}\right)} \quad \text{(A.5-149)}$$

donde:

$x_i driftcor$ = 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]

$x_{prespan}$ = puesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración de gas patrón [µmol/mol]

$x_{postspan}$ = puesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración de gas patrón [µmol/mol]

x_i o $\overline{x}$ = concentración registrada, es decir, medida, durante el ensayo, antes de la corrección de la desviación [µmol/mol]

$x_{prezero}$ = 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 no se registra alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas patrón, x_{prespan}, se tomará como x_{prespan} la concentración de referencia del gas patrón: $x_{\text{prespan}} = x_{\text{refspan}}$;

f) Si alguna no se registra alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero, $x_{prezero}$, 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 él el gas de cero.

APÉNDICE A.3

ESTADÍSTICAS

A.3.1. Media aritmética

La media aritmética, $\overline{y}$, se calculará de la manera siguiente:

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \tag{A.5-150}$$

A.3.2. Desviación típica

La desviación típica de una muestra no sesgada (p. ej., *N*–1), σ, se calculará de la manera siguiente:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y})^2}{(N-1)}} \tag{A.5-151}$$

A.3.3. Valor cuadrático medio

El valor cuadrático medio, rms_y, se calculará de la manera siguiente:

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \tag{A.5-152}$$

A.3.4. Prueba *t*

Para determinar si los datos superan una prueba *t*, se utilizarán las ecuaciones y los cuadros siguientes:

a) En el caso de una prueba *t* para muestras no apareadas, el valor de *t* y el número de grados de libertad, *v*, se calcularán como sigue:

$$t = \frac{|\overline{y}_{ref} - \overline{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \tag{A.5-153}$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{\left(\sigma_{ref}^2/N_{ref}\right)^2}{N_{ref}-1} + \frac{\left(\sigma_y^2/N\right)^2}{N-1}} \tag{A.5-154}$$

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 como se indica a continuación, teniendo en cuenta que ε_i son los errores (p. ej., las diferencias) entre cada par de y_{refi} e y_i:

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \qquad \text{(A.5-155)}$$

c) Se utilizará el cuadro A.5.6 del presente punto para comparar *t* con los valores de t_{crit} tabulados según el número de grados de libertad. Si *t* es inferior a t_{crit}, *t* supera la prueba *t*.

Cuadro A.5.6

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
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
1000+	1,645	1,960

Los valores que no se muestran aquí se determinarán por interpolación lineal.

A.3.5. Prueba F

El valor de F se calculará de la manera siguiente:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \tag{A.5-156}$$

a) En el caso de una prueba *F* con un intervalo de confianza del 90 %, se utilizará el cuadro A.5.7 para comparar *F* con los valores de $F_{\text{crit}90}$ tabulados con respecto a (*N* –1) y (N_{ref}–1). Si *F* es inferior a $F_{\text{crit}90}$, *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 A.5.8 para comparar *F* con los valores de $F_{\text{crit}95}$ tabulados con respecto a (*N* –1) y (N_{ref}–1). Si *F* es inferior a $F_{\text{crit}95}$, *F* supera la prueba *F* con un intervalo de confianza del 95 %.

Cuadro A.5.7

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	1000+
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
22	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

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
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
1000+	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 A.5.8

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	1000+
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
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

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
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
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
1000+	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

A.3.6. Pendiente

La pendiente de la recta de regresión de los mínimos cuadrados, a_{1y}, se calculará de la manera siguiente:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - \overline{y}\right)\cdot\left(y_{refi} - \overline{y}_{ref}\right)}{\sum_{i=1}^{N}\left(y_{refi} - \overline{y}_{ref}\right)^2} \quad \text{(A.5-157)}$$

A.3.7. Ordenada en el origen

La ordenada en el origen de la recta de regresión de los mínimos cuadrados, a_{0y}, se calculará de la manera siguiente:

$$a_{0y} = \overline{y} - \left(a_{1y}\cdot\overline{y}_{ref}\right) \quad \text{(A.5-158)}$$

A.3.8. Error estándar de la estimación

La estimación estándar del error, SEE, se calculará de la manera siguiente:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - \left(a_{1y}\cdot y_{refi}\right)\right]^2}{N-2}} \quad \text{(A.5-159)}$$

A.3.9. Coeficiente de determinación

El coeficiente de determinación, r^2, se calculará de la manera siguiente:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - \left(a_{1y}\cdot y_{refi}\right)\right]^2}{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - \overline{y}\right]^2} \quad \text{(A.5-160)}$$

APÉNDICE A.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. Para una latitud dada, a_g se calcula de la manera siguiente:

$$a_g = 9{,}7803267715\left[1+5{,}2790414\times10^{-3}\sin^2\theta+2{,}32718\times10^{-5}\sin^4\theta+1{,}262\times10^{-7}\sin^6\theta+7\times10^{-10}\sin^8\theta\right] \quad \text{(A.5-161)}$$

donde:

ϑ = grados de latitud norte o sur

APÉNDICE A.5

VERIFICACIÓN DEL CAUDAL DE CARBONO

A.5.1. 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.

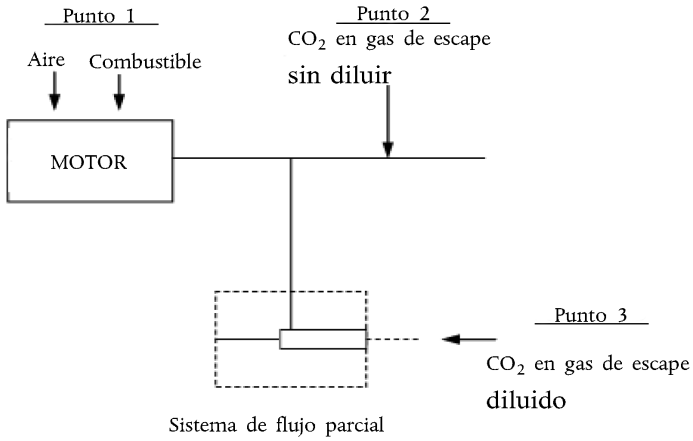
El caudal de carbono que entra en los sistemas de medición del gas de escape se determina a partir del caudal de combustible. El flujo de carbono en distintos puntos de muestreo de los sistemas de muestreo de emisiones y de partículas se determina a partir de las concentraciones de CO_2 y de los caudales 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 exactitud 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 A.5-1 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 A.5-1

Puntos de medición para verificar el caudal de carbono



A.5.2. 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 $CH_\alpha O_\varepsilon$, viene dado por:

$$q_{mCf} = \frac{12{,}011}{12{,}011 + \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon} \cdot q_{mf} \qquad \text{(A.5-162)}$$

donde:

q_{mf} = caudal másico de combustible [kg/s]

A.5.3. Caudal de carbono en el gas de escape sin diluir (posición 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:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \quad \text{(A.5-163)}$$

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, el valor obtenido se calculará en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en los puntos A.7.3.2 o A.8.2.2.

A.5.4. Caudal de carbono en el sistema de dilución (posición 3)

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 es idéntica a la ecuación A.5-2, con la única diferencia de que está completada por el factor de dilución q_{mdew}/q_{mp}.

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \quad \text{(A.5-164)}$$

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, el valor obtenido se calculará en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en los puntos A.7.3.2 o A.8.2.2.

A.5.5. Cálculo de la masa molar del gas de escape

La masa molar del gas de escape se calculará con la ecuación (A.8-15) (véase el punto A.8.2.4.2)

Como alternativa, puede utilizarse la siguiente masa molar del gas de escape:

M_e (diésel) = 28,9 g/mol

APÉNDICE A.6

CÁLCULO DEL NÚMERO DE PARTÍCULAS

A.6.1. Determinación de los números de partículas

A.6.1.1. 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 4. El tiempo de transformación del sistema de muestreo y recuento del número de partículas se determinará de acuerdo con el punto A.1.1.3.7 del apéndice A.1 del anexo 4.

A.6.1.2. Determinación de los números de partículas para los ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC) 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 4, el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo se calculará mediante la ecuación (A.5-165):

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad \text{(A.5-165)}$$

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 (A.5-45) (punto A.1.3.1.1.2), [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 (A.5-165) 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 (273,15 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:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad \text{(A.5-166)}$$

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 (273,15 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.

A.6.1.3. Determinación de los números de partículas para los ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC) 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 4, el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo se calculará mediante la ecuación (A.5-167):

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \quad \text{(A.5-167)}$$

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 A.1.2.4.1 a A.1.2.4.3 del anexo 5, 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 factor de calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación (A.5-167) 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 (273,15 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:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-168)}$$

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 (273,15 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.

A.6.1.4. 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 4, la tasa de emisión de partículas durante cada modo discreto se calculará mediante la ecuación (A.5-169) utilizando los valores medios correspondientes al modo:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1,293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad \text{(A.5-169)}$$

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 (A.5-51) (punto A.1.3.2.1), [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 (A.5-169) 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 (273,15 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:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-170)}$$

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 (273,15 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.

A.6.1.5. 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 4, la tasa de emisión de partículas durante cada modo discreto se calculará mediante la ecuación (A.5-171) utilizando los valores medios correspondientes al modo:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad \text{(A.5-171)}$$

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 (A.5-171) 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 (273,15 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:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-172)}$$

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 (273,15 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.

A.6.2. Resultado del ensayo

A.6.2.1. Cálculo de las emisiones específicas correspondientes a los ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

En cada ciclo aplicable RMC, NRTC en caliente y NRTC en frío, se calcularán las emisiones específicas, en número de partículas/kWh, mediante la ecuación (A.5-173):

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad \text{(A.5-173)}$$

donde:

N es el número de partículas emitidas a lo largo del RMC, el NRTC en caliente o el NRTC en frío aplicable,

W_{act} es el trabajo efectivo a lo largo del ciclo conforme al punto 7.8.3.4 del anexo 4, [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 4), 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 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 8.

A.6.2.1.1. 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 (A.5-174) o (A.5-175):

a) en caso de ajuste de la regeneración multiplicativo, o de motores sin postratamiento con regeneración infrecuente:

$$e = k_r \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act.hot})} \right) \quad \text{(A.5-174)}$$

b) en caso de ajuste de la regeneración aditivo:

$$e = k_r + \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act.hot})} \right) \quad \text{(A.5-175)}$$

donde:

N_{cold} número total de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo NRTC en frío,

N_{hot} número total de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo NRTC en caliente,

$W_{act,\,cold}$ es el trabajo efectivo a lo largo del ciclo durante el NRTC en frío conforme al punto 7.8.3.4 del anexo 4, [kWh],

$W_{act,\,hot}$ es el trabajo efectivo a lo largo del ciclo durante el NRTC en caliente conforme al punto 7.8.3.4 del anexo 4, [kWh],

k_r es el ajuste de la regeneración, de acuerdo con el punto 6.6.2 del anexo 4, o, en el caso de motores sin 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 8.

A.6.2.2. Cálculo de las emisiones específicas para los ensayos del NRSC de modo discreto

Las emisiones específicas, e [#/kWh], se calcularán utilizando la ecuación (A.5-176):

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-176)}$$

donde:

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 (A.4-8) del anexo 4 ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = 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 (A.5-169) o (A.5-171), 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 4), 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 (A.5-176).

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 8.

A.6.2.3. Redondeo de los resultados finales

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.

A.6.2.4. Determinación del número de partículas de fondo

A.6.2.4.1. 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, a partir de un punto posterior a los filtros de partículas y de hidrocarburos situados a la entrada del sistema de recuento de partículas, a fin de determinar las concentraciones de partículas de fondo del túnel.

A.6.2.4.2. 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 de tipo, 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.

APÉNDICE A.7

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE AMONIACO

A.7.1. Cálculo de la concentración media correspondiente a los ciclos de ensayo modales con aumentos (RMC) y transitorios (NRTC y LSI-NRTC)

La concentración media de NH_3 en el gas de escape a lo largo del ciclo de ensayo c_{NH_3} [ppm] se determinará integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Se utilizará la ecuación (A.5-177):

$$c_{NH_3} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} c_{NH_3,i} \quad \text{(A.5-177)}$$

donde:

$c_{NH_3,i}$ 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 (A.5-178):

$$c_{NH_3} = (0{,}1 \times c_{NH_3,cold}) + (0{,}9 \times c_{NH_3,hot}) \quad \text{(A.5-178)}$$

donde:

$c_{NH_3,cold}$ es la concentración media de NH_3 del ensayo con arranque en frío [ppm]

$c_{NH_3,hot}$ es la concentración media de NH_3 del ensayo con arranque en caliente [ppm]

A.7.2. 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 c_{NH_3} [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 (A.5-179):

$$c_{NH_3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH_3,i} \cdot WF_i \quad \text{(A.5-179)}$$

donde:

$\overline{c}_{NH_3,i}$ 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 [-]

ANEXO 6

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS COMBUSTIBLES DE REFERENCIA PRESCRITAS PARA LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y PARA LA VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

1. Datos técnicos sobre combustibles para someter a ensayo motores de encendido por compresión

1.1. Tipo: Diésel (gasóleo para máquinas móviles 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/m³	833	865	EN-ISO 3675
Destilación:				
a 50 % del volumen	°C	245	—	EN-ISO 3405
a 95 % del volumen	°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	mm²/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

Parámetro	Unidad	*Límites*(1)		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
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
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 del petróleo — Determinación y aplicación de datos de precisión en relación con los métodos de prueba», y para determinar un valor mínimo se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero. Para determinar 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.

1.2. Tipo: Etanol para motores específicos 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/m³	793,0	815,0	EN-ISO 12185

Parámetro	Unidad	Límites(2)		Método de ensayo(3)
		Mínimo	Máximo	
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 EN15692
Aldehídos, calculados como acetaldehído	% m/m		0,0050	ISO 1388-4
Ésteres, calculados como acetato de etilo	% m/m		0,1	ASTM D1617
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

(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.

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/m³	743	756	EN-ISO 3675 EN-ISO 12185
Presión de vapor	kPa	45,0	60,0	EN-ISO 13016-1 (DVPE)
Contenido en agua			Máx 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

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

([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 determinar 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/m³	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

Parámetro	Unidad	Límites([1])		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
AspectoEste 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
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(3h 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		

([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: LPG

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	
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 (1h a 40 °C)	Clasificación	Clase 1	Clase 1	ISO 6251(2)

Parámetro	Unidad	Combustible A	Combustible B	Método de ensayo
Olores		Característico	Característico	
Índice de octanos motor (MON)(3)		Mínimo 89,0	Mínimo 89,0	EN 589 anexo B

(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 del presente anexo.

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/m³(2)	—		10	ISO 6326-5

(1) 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	
Contenido de azufre	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5

(1) Inertes (que no sean N_2) + C_2+ C_{2+}.
(2) Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa.

Características	Unidades	Fundamento	Límites		Método de ensayo
			mínimo	máximo	
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

([1]) 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])	48,2	47,2	49,2	

([1]) 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 del presente anexo.

3.2.2.1. La base de todo combustible de referencia procedente de un gasoducto (G_R, G_{20}, …) 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 A.6-1, con adición de uno o más de los siguientes gases disponibles en el comercio (para esto no será necesario usar gas de calibración):

a) dióxido de carbono;

b) etano;

c) metano;

d) nitrógeno;

e) propano.

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 A.6-1. para el combustible de referencia especificado.

Cuadro A.6-1

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 del presente anexo;

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 A.1 y A.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 5 se corregirá con arreglo al apéndice A.3.

APÉNDICE A.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

A.1.1. Método de análisis de los gases y medición del caudal de gases

A.1.1.1. 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.

A.1.1.2. A efectos del presente apéndice, cuando sea necesario, la medición del caudal de gas se llevará a cabo utilizando un caudalímetro de base másica.

A.1.2. Análisis y caudal del suministro entrante de gas público

A.1.2.1. Se deberá analizar la composición del suministro de gas público antes del sistema de mezcla de los gases añadidos.

A.1.2.2. Deberá medirse el caudal del gas público que se incorpore al sistema de mezcla de los gases añadidos.

A.1.3. Análisis y caudal de los gases añadidos

A.1.3.1. 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.

A.1.3.2. Cuando no se disponga de un certificado de análisis aplicable para determinados gases añadidos, se analizará la composición de dichos gases añadidos.

A.1.3.3. Deberá medirse el caudal de toda adición que se incorpore al sistema de mezcla de los gases añadidos.

A.1.4. Análisis del gas mezclado

A.1.4.1. 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 A.1.2.1 y A.1.3.1 o como alternativa a él, pero no será obligatorio.

A.1.5. Cálculo de S_λ y del MN del gas mezclado

A.1.5.1. Los resultados de los análisis de los gases con arreglo a los puntos A.1.2.1, A.1.3.1 o A.1.3.2 y, cuando proceda, A.1.4.1, junto con el caudal másico del gas medido con arreglo a los puntos A.1.2.2 y A.1.3.3, 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 A.2 del presente anexo.

A.1.6. Control y verificación de la mezcla de gases durante el ensayo

A.1.6.1. 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.

A.1.6.2. Sistema de control de la mezcla de bucle abierto

A.1.6.2.1. En este caso, el análisis de los gases, las mediciones del caudal y los cálculos establecidos en los puntos A.1.1, A.1.2, A.1.3 y A.1.4 se llevarán a cabo antes del ensayo de emisiones.

A.1.6.2.2. 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 A.6-1.

A.1.6.2.3. 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.

A.1.6.2.4. 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 A.1.2, A.1.3, A.1.4 y A.1.5. 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 A.6-1.

A.1.6.3. Sistema de control de la mezcla de bucle cerrado

A.1.6.3.1. En este caso, el análisis de la composición de los gases, las mediciones del caudal y los cálculos establecidos en los puntos A.1.2, A.1.3, A.1.4 y A.1.5 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.

A.1.6.3.2. 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 A.6-1 para el correspondiente combustible de referencia. La frecuencia de los ajustes no será superior a la frecuencia de las mediciones.

A.1.6.3.3. Para que el ensayo sea dado por válido, el valor de S_λ deberá permanecer dentro del intervalo especificado en el cuadro A.6-1 para el correspondiente combustible de referencia en el 90 % de los puntos de medición como mínimo.

APÉNDICE A.2

CÁLCULO DEL FACTOR DE DESPLAZAMIENTO Λ (S_Λ)

A.2.1. Cálculo

El factor de desplazamiento λ (S_λ)[1] se calculará utilizando la ecuación (9-1):

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad \text{(A.6-1)}$$

donde:

S_λ = factor de desplazamiento λ;

inert% = % 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:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}} \quad \text{(A.6-2)}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + \cdots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}} \quad \text{(A.6-3)}$$

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.).

[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).

A.2.2. Ejemplos para el cálculo del factor de desplazamiento λ (S_λ):

Ejemplo 1: G_{25}: CH_4 = 86 %, N_2 = 14 % (en volumen)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Ejemplo 2: G_R: CH_4 = 87 %, C_2H_6 = 13 % (en volumen)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4^{\%}}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4^{\%}}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Ejemplo 3: 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 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1\,x\,0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64 + 4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\,\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\,\%}{100}\right] + \cdots + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\,\%}{100}\right]}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6 + 4}{100}}$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

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 (A.6-4):

$$1 \times CH_4 + 2 \times O_2 \rightarrow 1 \times CO_2 + 2 \times H_2O \qquad \text{(A.6-4)}$$

En este caso, la relación de moléculas en la composición estequiométrica de los reactivos es exactamente 2:

$$\frac{n_{O2}}{n_{CH4}} = 2$$

donde:

n_{O2} = número de moléculas de oxígeno

n_{CH4} = número de moléculas de metano

Por lo tanto, la demanda de oxígeno del metano puro es:

$n_{O2} = 2 \cdot n_{CH4}$ con un valor de referencia de [n_{CH4}]= 1kmol

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 (A.6-5):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{blend}} \quad \text{(A.6-5)}$$

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 (A.6-6):

$$L_{st,\,fuel} = \frac{n_{O2,\ fuel}}{0.21} \quad \text{(A.6-6)}$$

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 (A.6-7):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0,21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0,21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0,21}\right)_{CH4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0,21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH4}}{L_{st,blend}} \quad \text{(A.6-7)}$$

Por lo tanto, todo cálculo en que se especifique la demanda estequiométrica de aire puede utilizarse para expresar el factor de desplazamiento lambda.

APÉNDICE A.3

CORRECCIÓN DEL CO_2 DEL GAS DE ESCAPE DERIVADO DEL CO_2 DEL COMBUSTIBLE GASEOSO

A.3.1. Caudal másico instantáneo de CO_2 en la corriente del combustible gaseoso

A.3.1.1. La composición del gas y el flujo del gas se determinarán con arreglo a los requisitos de los puntos A.1.1 a A.1.4 del apéndice A.1 del presente anexo.

A.3.1.2. El caudal másico instantáneo de CO_2 en la corriente del gas suministrado al motor se calculará mediante la ecuación (A.6-8).

$$\dot{m}_{CO2i} = \frac{M_{CO2}}{M_{stream}} \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad \text{(A.6-8)}$$

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 (A.6-9).

$$M_{\text{stream}} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \ldots + x_n \cdot M_n \quad \text{(A.6-9)}$$

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]

A.3.1.3. 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 (A.6-10):

$$\dot{m}_{CO2i,\,fuel} = \dot{m}_{CO2i,\text{a}} + \dot{m}_{CO2i,\text{b}} + \cdots + \dot{m}_{CO2i,\text{n}} \quad \text{(A.6-10)}$$

donde:

$\dot{m}_{CO2i,\,fuel}$ = caudal másico instantáneo combinado de CO2 derivado del CO2 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]

A.3.2. Cálculo de las emisiones específicas de CO_2 correspondientes a los ciclos de ensayo modales con aumentos y transitorios

A.3.2.1. 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 (A.6-11):

$$m_{CO2,fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2i,fuel} \quad \text{(A.6-11)}$$

donde:

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

A.3.2.2. La masa total de emisiones de CO_2 m_{CO2} [g/ensayo] usada en las ecuaciones (A.5-61), (A.5-63), (A.5-128) o (A.5-130) del anexo 5para 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 (A.6-12).

$$m_{CO2,corr} = m_{CO2} - m_{CO2,fuel} \quad \text{(A.6-12)}$$

A.3.3. Cálculo de las emisiones específicas de CO_2 de los ciclos de modo discreto

A.3.3.1. El caudal másico medio de emisiones de CO_2 procedentes del CO_2 presente en el combustible por hora $q_{mCO2,fuel}$ o $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/h] se calculará para cada uno de los modos de ensayo a partir de las mediciones del caudal másico instantáneo de CO_2 $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/s] resultante de la ecuación (A.6-10) realizadas durante el período de muestreo del correspondiente modo de ensayo mediante la ecuación (A.6-13):

$$q_{mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,fuel} = \frac{1}{3600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2i,fuel} \quad \text{(A.6-13)}$$

donde:

N = número de mediciones realizadas durante el modo de ensayo [-]

A.3.3.2. El caudal másico medio de emisiones de CO_2 q_{mCO2} o $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ [g/h] para cada uno de los modos de ensayo utilizados en las ecuaciones (A.5-64) o (A.5-131) 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 (A.6-14) o (A.6-15).

$$q_{mCO2,corr} = q_{mCO2,fuel} \quad \text{(A.6-14)}$$

$$\dot{m}_{CO2,corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,fuel} \quad \text{(A.6-15)}$$

ANEXO 7

REQUISITOS TÉCNICOS PARA LOS 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 punto 2 del presente Reglamento, 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.

2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos del presente anexo, serán de aplicación las siguientes definiciones; para más aclaraciones, véase también el apéndice A.3 del presente anexo:

2.1. «Coeficiente energético del gas (GER)»: tiene el significado definido en el punto 2 del presente Reglamento, 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 ≤ kW ≤ 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 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 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo 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 ≤ kW ≤ 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 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo 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;

2.5. «Motor de combustible dual de tipo 2A»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente con un coeficiente energético medio del gas situado entre el 10 % y el 90 % ($0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$) 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 la NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo NRSC con un coeficiente energético medio del gas situado entre el 10 % y el 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el ciclo de ensayo 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 2 B»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente con un coeficiente energético medio del gas situado entre el 10 % y el 90 % ($0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente con un coeficiente energético medio del gas no inferior al 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$) 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 la NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo NRSC con un coeficiente energético medio del gas situado entre el 10 % y el 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$) y que no tenga modo de combustible líquido o que funcione durante el ciclo de ensayo 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 3 B»: o bien

a) motor de combustible dual de una subcategoría de la NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente 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 ≤ kW ≤ 560, que funcione durante el ciclo de ensayo 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.

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 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 del presente anexo 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 oC) 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.

4.2.2. Limitación de funcionamiento en modo de mantenimiento

4.2.2.1. Requisitos

La limitación de funcionamiento aplicable a las máquinas móviles no de carretera equipadas con un motor de combustible dual que funcione en modo de mantenimiento es la que se activa mediante el «sistema de inducción general»especificado en el punto A.1.5.4 del anexo 9.

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 A.1.5.5 del anexo 9.

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 punto 5 del presente Reglamento.

La activación y la desactivación del modo de mantenimiento no activarán ni desactivarán los sistemas de alerta e inducción especificados en el anexo 9.

4.2.2.2. Reservado

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 del presente anexo debido a un mal funcionamiento del sistema de suministro de gas, la limitación de funcionamiento se activará en un plazo de 30 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) 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 anterior, 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 siguiente, 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 anterior, 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 NOx 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.

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 NOx 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 NOx 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.

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 9:

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, y

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 10 del presente Reglamento, excepto en el caso de motores con control de GER_{cycle} ajustable por el operador previsto por el punto 3.1 del presente anexo.

4.6. La homologación de tipo quedará supeditada a que, con arreglo al punto 6 de los apéndices 1 y 2 del presente Reglamento, 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 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, excepto en lo que se establezca en el presente punto 5.

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 apéndice A.6 del anexo 4.

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 9.

5.4. Los requisitos técnicos del área asociada con el correspondiente ciclo 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 apéndice 2 del presente Reglamento son idénticos a los que se aplican a cualquier otro motor de la correspondiente categoría de motores, como se establece en el anexo 7.

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, excepto en lo que se establezca en el punto 6 del presente anexo.

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

6.4.1. El fabricante deberá presentar a la autoridad de homologación de tipo 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 especificado en el punto 2.4.15 del anexo 10 del presente Reglamento o, en el caso de los motores con un GER_{cycle} ajustable por el operador, que cumple los requisitos del punto 6.5 (por ejemplo, mediante algoritmos, análisis funcionales, cálculos, simulaciones, resultado de ensayos anteriores, etc.).

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 8.

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 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 A.1 del presente anexo.

6.8. Documentación de la demostración

Un informe de demostración documentará la demostración realizada con arreglo al punto 6 del presente anexo. 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 el anexo 1 del presente Reglamento.

7. REQUISITOS PARA GARANTIZAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE NO_X

7.1. El anexo 9 (requisitos técnicos de las medidas de control de NOx) 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 NOx 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 A.1.5.4 del anexo 9 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.

7.2.3. En casos de mal funcionamiento cuya detección no dependa del modo de funcionamiento del motor, los mecanismos especificados en el anexo 9 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 9 (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 de tipo:

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.

APÉNDICE A.1

INDICADOR DE COMBUSTIBLE DUAL, SISTEMA DE ALERTA Y LIMITACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIBLE DUAL: REQUISITOS DE DEMOSTRACIÓN

A.1.1. Indicadores de combustible dual

A.1.1.1. 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.

A.1.1.2. 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.

A.1.1.3. 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.

A.1.1.3.1. 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 tipo 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.).

A.1.2. 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. A este fin, será posible simular la cantidad real de combustible gaseoso.

A.1.3. 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. 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.

A.1.3.1. Bastará con realizar la demostración en un caso de uso típico seleccionado con el acuerdo previo de la autoridad de homologación de tipo 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.).

APÉNDICE A.2

REQUISITOS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE EMISIONES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIBLE DUAL

A.2.1. Generalidades

En este apéndice se definen los requisitos y las excepciones adicionales 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 4. 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.

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.

A.2.2. Condiciones de ensayo

Serán de aplicación las disposiciones del punto 6 del anexo 4.

A.2.3. Procedimientos de ensayo

Serán de aplicación las disposiciones del punto 7 del anexo 4.

A.2.4. Procedimientos de medición

Serán de aplicación las disposiciones del punto 8 del anexo 4, excepto en los casos establecidos en el presente apéndice.

En la figura A.4-5 del anexo 4, 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. Esto se verá compensado mediante uno de los métodos descritos en el punto A.2.7 del presente apéndice.

La medición de flujo parcial o medición gaseosa bruta ilustrada en la figura A.4-6 del anexo 4 se puede utilizar tomando precauciones en cuanto a los métodos para determinar y calcular el caudal másico del gas de escape.

A.2.5. Equipo de medición

Serán de aplicación las disposiciones del punto 9 del anexo 4.

A.2.6. Recuento del número de partículas en las emisiones

Serán de aplicación las disposiciones del apéndice A.1 del anexo 4.

A.2.7. Cálculo de las emisiones

El cálculo de las emisiones se llevará a cabo con arreglo al anexo 5, excepto en lo que se establezca en el presente punto. Los requisitos adicionales establecidos en el punto A.2.7.1 se aplicarán a los cálculos de base másica y los requisitos adicionales establecidos en el punto A.2.7.2 se aplicarán a los cálculos de base molar.

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 punto 2 y con las disposiciones específicas que figuran en el apéndice 2 del presente 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:

en el caso del ciclo transitorio 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;

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 A.6 del anexo 4 para el ciclo aplicable.

A.2.7.1. Cálculo de las emisiones de base másica

Serán de aplicación las disposiciones del apéndice A.1 del anexo 5, excepto en los casos establecidos en el presente punto.

A.2.7.1.1. Corrección base seca/base húmeda

A.2.7.1.1.1. Gas de escape sin diluir

Para calcular la corrección base seca/base húmeda, se utilizarán las ecuaciones A.5-3 y A.5-4 del apéndice A.1 del anexo 5.

Los parámetros específicos para el combustible se determinarán con arreglo al punto A.2.7.1.5.

A.2.7.1.1.2. Gas de escape sin diluir

Para calcular la corrección base seca/base húmeda, se utilizará la ecuación (A.5-3), ya sea junto con la ecuación (A.5-25) o con la ecuación (A.5-26), del anexo 5.

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 A.2.7.1.5.

A.2.7.1.2. Corrección de NOx en función de la humedad

En el caso de los motores de encendido por compresión, se utilizará la corrección de NOx en función de la humedad tal como se especifica en la ecuación (A.5-9) del anexo 5.

A.2.7.1.3. Dilución de flujo parcial (PFS) y medición de los componentes gaseosos brutos

A.2.7.1.3.1. 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 5.

Alternativamente también se podrá utilizar el método de medición del flujo de aire y de la relación aire/combustible con arreglo a las ecuaciones (A.5-17) a (A.5-19) del anexo 5, únicamente si los valores de α, γ, δ y ε se determinan con arreglo al punto A.2.7.1.5.3. 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 (A.5-15) del anexo 5.

A.2.7.1.3.2. Determinación de los componentes gaseosos

Serán de aplicación las disposiciones del punto A.1.1 del apéndice A.1 del anexo 5, excepto en los casos establecidos en el presente punto.

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 A.1.1.5.2 o A.1.2.3 del apéndice A.1 del anexo 5 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 del apéndice A.1 del anexo 5 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 ≥ 0,9), los valores exigidos serán los del combustible gaseoso que figuran en los cuadros A.5-1 o A.5-2 del anexo 5.

   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 A.7-1 y A.7-2.

   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 ≤ 0,1), los valores exigidos serán los del combustible diésel que figuran en los cuadros A.5-1 o A.5-2 del anexo 5.

   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.

Cuadro A.7-1

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
LPG	2,1957	0	0	0,0038
Combustible GLP A	2,1740	0	0	0,0038
Combustible GLP B	2,2402	0	0	0,0039

A.2.7.1.3.2.1. Masa por ensayo de emisiones gaseosas

En caso de que las ecuaciones exactas se apliquen para calcular valores instantáneos de u_{gas} con arreglo al punto A.2.7.1.3.2, 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 (A.5-2) del punto A.1.1.2 del apéndice A.1 del anexo 5 mediante la ecuación (A.7-1):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \right) \quad \text{(A.7-1)}$$

donde:

$u_{gas,i}$ es el valor instantáneo de u_{gas}

Los restantes términos de la ecuación son los establecidos en el punto A.1.1.2 del apéndice A.1 del anexo 5.

Cuadro A.7-2

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 $\lambda = 2$, aire seco, 273 K, 101,3 kPa
(c) u con una exactitud de 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) u con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C_3 = 27 - 90 %; C4 = 10 - 73 % (combustibles GLP A y B)

A.2.7.1.3.3. 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 A.1.3 del apéndice A.1 del anexo 5.

Para controlar la relación de dilución, se aplicarán los requisitos del punto 8.2.1.2. del anexo 5. 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 A.2.7.1.5.3.

En toda medición se llevará a cabo un control de calidad con arreglo al punto 8.2.1.2 del anexo 4.

A.2.7.1.3.4. Requisitos adicionales relativos al caudalímetro másico del gas de escape

El caudalímetro contemplado en los puntos 9.4.1.5.3 y 9.4.1.5.4 del anexo 4 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).

A.2.7.1.4. Medición con sistema de dilución del flujo total (CVS)

Serán de aplicación las disposiciones del punto A.1.2 del apéndice A.1 del anexo 5, excepto en los casos establecidos en el presente punto.

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 A.2.7.1.5.

A.2.7.1.4.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

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 A.2.7.1.5.3.

Alternativamente podrá emplearse el valor F_s del combustible gaseoso en la ecuación (A.5-28) del anexo 5.

A.2.7.1.5. Determinación de las relaciones molares de los componentes

A.2.7.1.5.1. Generalidades

Este punto se utilizará para determinar las relaciones molares de los componentes cuando se conozca la mezcla de combustibles (método exacto).

A.2.7.1.5.2. Cálculo de los componentes de la mezcla de combustible

Para calcular la composición elemental de la mezcla de combustible se utilizarán las ecuaciones (A.7-2) a (A.7-7):

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad \text{(A.7-2)}$$

$$W_{\mathrm{H}} = \frac{W_{H1} \times q_{mf1} + W_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-3)}$$

$$W_{\mathrm{C}} = \frac{W_{C1} \times q_{mf1} + W_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-4)}$$

$$W_{\mathrm{S}} = \frac{W_{S1} \times q_{mf1} + W_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-5)}$$

$$W_{\mathrm{N}} = \frac{W_{N1} \times q_{mf1} + W_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-6)}$$

$$W_{\mathrm{O}} = \frac{W_{O1} \times q_{mf1} + W_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-7)}$$

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 [% masa]

w_H es el contenido en carbono del combustible [% masa]

w_S es el contenido de azufre del combustible [% masa]

w_N es el contenido de nitrógeno del combustible [% masa]

w_O es el contenido de oxígeno del combustible [% masa]

A.2.7.1.5.3. 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 5 mediante las ecuaciones (A.7-8) a (A.7-11):

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_{\mathrm{H}}}{w_{\mathrm{C}}} \quad \text{(A.7-8)}$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_{\mathrm{S}}}{w_{\mathrm{C}}} \quad \text{(A.7-9)}$$

$$\delta = 0,85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad \text{(A.7-10)}$$

$$\varepsilon = 0,75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad \text{(A.7-11)}$$

donde:

w_H es el contenido en hidrógeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]

w_C es el contenido en carbono del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]

w_S es el contenido en azufre del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]

w_N es el contenido en nitrógeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% masa]

w_O es el contenido en oxígeno del combustible, fracción másica [g/g] o [% 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 $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$.

A.2.7.2. Cálculo de las emisiones de base molar

Serán de aplicación las disposiciones del anexo 5, apéndice A.2, excepto en los casos establecidos en el presente punto.

A.2.7.2.1. Corrección de NOx en función de la humedad

Se utilizará la ecuación (A.5-102) del apéndice A.2 del anexo 5 (corrección para los motores de encendido por compresión).

A.2.7.2.2. Determinación del caudal másico del gas de escape cuando no se use un caudalímetro de gas de escape sin diluir

Se utilizará la ecuación (A.5-112) del apéndice A.2 del anexo 5 (cálculo del caudal molar basado en el aire de admisión). La ecuación (A.5-113) del apéndice A.2 del anexo 5 (cálculo del caudal molar basado en el caudal másico del combustible) podrá utilizarse como alternativa únicamente cuando se realice un ensayo NRSC.

A.2.7.2.3. 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. Las relaciones molares instantáneas de los componentes se usarán en las ecuaciones (A.5-88), (A.5-90) y (A.5-91) del apéndice A.2 del anexo 5 para el balance químico continuo.

La determinación de las relaciones se hará ya sea con arreglo al punto A.2.7.2.3.1 o al punto A.2.7.1.5.3.

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 A.2.7.2.3.1 o en el punto A.2.7.1.5.3, 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}, and x_{H2Oint} en el punto A.2.4.3 del apéndice A.2 del anexo 5.

A.2.7.2.3.1. 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 (A.7-12) a (A.7-15):

$$\alpha(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas}\right)}{M_H \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-12)}$$

$$\beta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas}\right)}{M_O \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-13)}$$

$$\gamma(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas}\right)}{M_S \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-14)}$$

$$\delta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas}\right)}{M_N \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-15)}$$

donde:

$w_{i,fuel}$ = la fracción másica del elemento de referencia, C, H, O, S o N, de combustible líquido o gaseoso;

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = 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];

En los casos en que el caudal másico del gas de escape se calcule sobre la base del combustible mezclado, en la ecuación (A.5-113) del apéndice A.2 del anexo 5, w_C se calculará mediante la ecuación (A.7-16):

$$w_C = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad \text{(A.7-16)}$$

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/h];

$\dot{m}_{gas}$ = el caudal másico del combustible gaseoso [kg/h].

A.2.7.3. Determinación del CO_2

Será de aplicación lo dispuesto en el anexo 5, excepto cuando el motor se someta a ensayo en un ciclo modal con aumentos (RMC) o transitorio usando una muestra de gas sin diluir.

A.2.7.3.1. Determinación del CO_2 cuando el motor se someta a ensayo en un ciclo modal con aumentos (RMC) o transitorio 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 5. 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 A.2.7.1.5, 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 $m_{\text{fuel,corr}}$ [g/test] y la emisión másica de CO_2 procedente del combustible $m_{\text{CO2, fuel}}$ [g/test] se determinarán mediante las ecuaciones (A.7-17) y (A.7-18).

$$m_{\text{fuel,corr}} = m_{\text{fuel}} - \left(m_{\text{THC}} + \frac{A_{\text{C}} + a * A_{\text{H}}}{M_{\text{CO}}} \times m_{\text{CO}} + \frac{W_{GAM} + W_{DEL} + W_{\text{EPS}}}{100} \times m_{\text{fuel}} \right) \quad \text{(A.7-17)}$$

$$m_{\text{CO}_2\text{,fuel}} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{A_{\text{C}} + a * A_{\text{H}}} \times m_{\text{fuel,corr}} \quad \text{(A.7-18)}$$

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]

w_{GAM} = contenido de azufre de los combustibles [% masa]

w_{DEL} = contenido de nitrógeno de los combustibles [% masa]

w_{EPS} = contenido de oxígeno de los combustibles [% 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 $m_{\text{CO2,urea}}$ [g/ensayo] se calculará mediante la ecuación (A.7-19):

$$m_{\text{CO2,urea}} = \frac{c_{\text{urea}}}{100} \times \frac{M_{\text{CO2}}}{M_{\text{CO(NH2)2}}} \times m_{\text{urea}} \quad \text{(A.7-19)}$$

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 (A.7-20):

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \quad \text{(A.7-20)}$$

La emisión total de CO_2 calculada mediante la ecuación (A.7-20) se utilizará en el cálculo de las emisiones de CO_2 específicas del freno, e_{CO2} [g/kWh] en el punto A.1.4.1.1 del apéndice A.1 del anexo 5 o en el punto A.2.8.1.1 del apéndice A.2 del mencionado anexo. 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 A.3 del anexo 6.

APÉNDICE A.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 $GER_{NRSC} \geq 0,9$	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 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 $GER_{NRSC} \geq 0,9$ permitido
2B	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ o $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Permitido	Permitido	Permitido	Modo combustible líquido	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ o $GER_{NRSC} \geq 0,9$ permitido
3A	Ni definido ni permitido					
3B	$GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$ o $GER_{NRSC} \leq 0,1$	Permitido	Permitido	Permitido	Modo combustible líquido	

ANEXO 8

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 el sistema de recirculación de los gases de escape (EGR), 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 factores de deterioro (FD) de la familia de motores-sistema de postratamiento.

2. GENERALIDADES

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 para la homologación de tipo del motor y la conformidad de las evaluaciones de la producción. Los FD se aplicarán a las emisiones medidas de conformidad con el anexo 4 y calculadas de conformidad con el anexo 5, con arreglo al procedimiento del punto 3.2.7 o el punto 4.3, respectivamente, del presente anexo.

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

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, SMB, 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 el punto 2 del anexo 10 para establecer los FD del período de durabilidad de las emisiones.

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 de tipo 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 de tipo 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 del presente anexo, para ser sometido a ensayo durante el programa de rodaje contemplado en el punto 3.2.2 del presente anexo, y lo notificará a la autoridad de homologación de tipo antes del inicio de cualquier ensayo.

3.1.4. Si la autoridad de homologación de tipo 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 de tipo y por el fabricante del motor.

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

3.2.1. Generalidades

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 apéndice 3 del presente Reglamento. En el caso del NRTC, solo se utilizará el ciclo de ensayo con arranque en caliente.

3.2.1.1. A petición del fabricante, la autoridad de homologación de tipo 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 del presente anexo. En ese caso, el fabricante demostrará, a satisfacción de la autoridad de homologación de tipo, que los procedimientos alternativos utilizados no son menos rigurosos que los que figuran en los puntos 3.2.2 a 3.2.5 del presente anexo.

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 del presente anexo, 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 del presente anexo, bien medidos directamente de conformidad con el punto 3.2.2.1.2.2 del presente anexo, 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 aplique un ciclo transitorio, el fabricante podrá pedir a la autoridad de homologación de tipo que lo autorice a realizar únicamente un ciclo de ensayo (o bien el LSI-NRTC o el NRTC en caliente, según proceda, o bien el NRSC) 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 apéndice A.6 del anexo 4, 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.

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 apéndice 3 del presente Reglamento.

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. A petición del fabricante y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, se permitirán otros métodos de envejecimiento acelerado.

3.2.2.1.10. El programa de rodaje deberá describirse con todo detalle en la solicitud de homologación de tipo y se comunicará a la autoridad de homologación de tipo antes de que se inicien los ensayos.

3.2.2.2. Si la autoridad de homologación de tipo decide que es necesario efectuar mediciones adicionales entre los puntos seleccionados por el fabricante, se lo notificará a este. El programa de rodaje revisado será preparado por el fabricante y aprobado por la autoridad de homologación de tipo.

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 de tipo, el fabricante pondrá a su disposición los datos y análisis utilizados para determinar dicho número de horas. 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 60 y 125 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 del presente anexo 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 del presente anexo. En los intervalos periódicos del programa de rodaje determinados por el fabricante y, en su caso, decididos por la autoridad de homologación de tipo de conformidad con el punto 3.2.2.2 del presente anexo, el motor se someterá a ensayo con respecto a las emisiones de gases y de partículas durante los ciclos NRSC y NRTC en caliente, o los ciclos LSI-NRTC y NRSC aplicables a la categoría del motor, como se establece en el apéndice 3 del presente Reglamento.

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

De conformidad con el punto 3.2.2.1.5 del presente anexo, en el caso de las categorías o subcategorías de motores a las que no se aplique el NRTC del apéndice A.6 del anexo 4, 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 del presente anexo.

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 de tipo los resultados de todos los ensayos de emisiones (NRTC en caliente, LSI-NRTC y NRSC) 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 100 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 de tipo junto con los resultados de los ensayos de emisión 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 del presente anexo, en relación con cada contaminante medido durante los ciclos NRTC en caliente, LSI-NRTC y NRSC 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 del presente anexo, solo se haya realizado un ciclo de ensayo (NRTC en caliente, LSI-NRTC o NRSC) 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 de tipo 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 del presente anexo, 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 del presente anexo,

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

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 del presente anexo.

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 de tipo 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 A.8-1 se muestra un ejemplo de determinación de los FD utilizando la regresión lineal para emisiones de NOx.

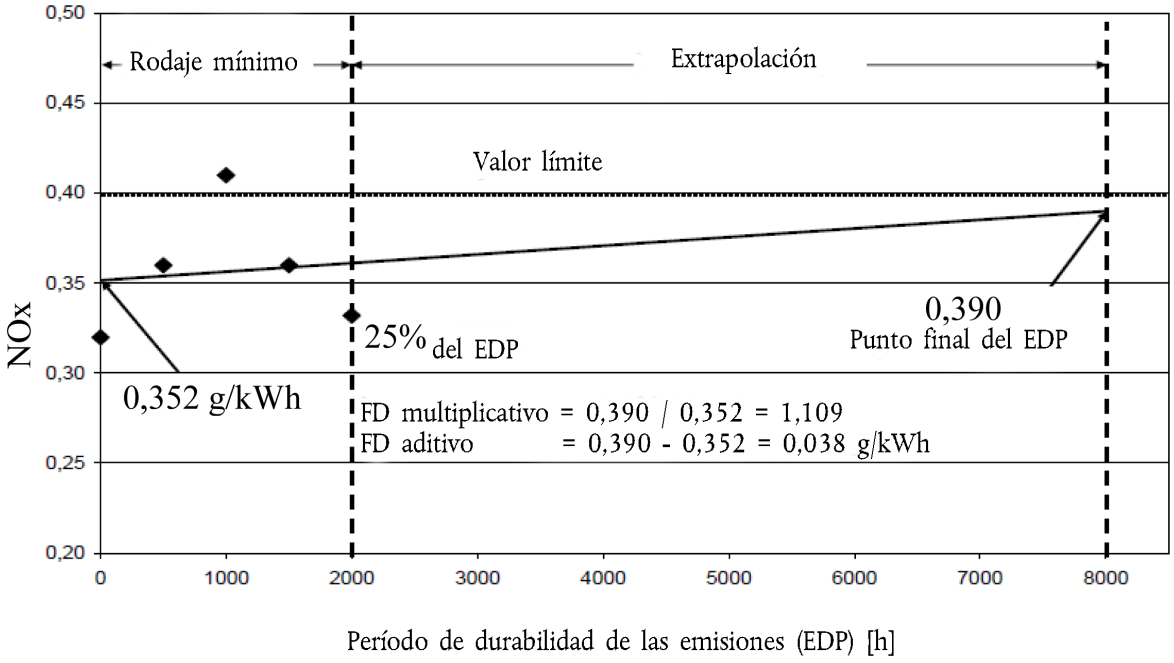
No está permitido combinar FD multiplicativos y aditivos dentro de un mismo conjunto de contaminantes.

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 del presente anexo, si se ha acordado que solo se ejecutará un ciclo de ensayo (NRTC en caliente, LSI-NRTC o NRSC) en cada punto de ensayo y que el otro ciclo de ensayo (NRTC en caliente, LSI-NRTC o NRSC) 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 A.8-1

Ejemplo de determinación de los FD



3.2.6. Factores de deterioro 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 A.8-1.

Cuadro A.8-1

Factores de deterioro asignados

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

3.2.6.1.1. No obstante lo dispuesto en el punto 3.2.6.1 del presente anexo, 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 del presente anexo, 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 oficial de entrada en vigor de la serie 05 de enmiendas.

3.2.6.2. En aquellos casos en que se utilicen factores de deterioro asignados, el fabricante presentará a la autoridad de homologación de tipo pruebas sólidas de que cabe suponer razonablemente que los componentes de control de las emisiones tendrán la durabilidad de las emisiones asociada a dichos factores asignados. 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 4 (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) * DF ≤ límite de emisión

b) Aditivo: (emisión específica ponderada por el ciclo) + DF ≤ límite de emisión

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

3.2.7.2. Para obtener un FD multiplicativo para NOx + HC, se determinarán y aplicarán por separado FD para HC y para NOx al calcular los niveles deteriorados de emisiones a partir del resultado de un ensayo de emisiones antes de combinar los valores de NOx 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 de tipo 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 del presente anexo, 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 A.1 del anexo 2.

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 el apéndice 7 del presente Reglamento.

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. 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, solo los FD determinados de conformidad con el punto 3.2.5 o 3.2.6 del presente anexo se registrarán en el informe de ensayo contemplado en el apéndice A.1 del anexo 2.

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.

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 de tipo antes de conceder la homologación de tipo y deberán incluirse en el manual del cliente. La autoridad de homologación de tipo 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 del presente anexo.

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:

a) los filtros y refrigeradores del sistema de recirculación del gas de escape;

b) la válvula de ventilación positiva del cárter, en su caso;

c) las puntas del inyector de combustible (solo se permite la limpieza);

d) los inyectores de combustible;

e) el turbocompresor;

f) la unidad de control electrónico del motor y sus sensores y actuadores asociados;

g) el sistema de postratamiento de partículas (incluidos los componentes relacionados);

h) sistema de postratamiento de NOx (incluidos los componentes relacionados)

i) el sistema de recirculación del gas de escape, incluidos todos los tubos y válvulas de control relacionados;

j) cualquier otro sistema de postratamiento del gas 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 de tipo 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 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 punto 3.5.2 del presente anexo.

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 el presente punto 4.

4.2. En el caso de todos los motores, si, al someterlos a ensayo adecuadamente conforme a los procedimientos establecidos en el presente Reglamento, las emisiones de todos los motores de ensayo que representan a una familia de motores, una vez ajustadas multiplicándolas por el DF previsto en el presente anexo, son inferiores o iguales a cada valor límite establecido para una subcategoría de motores determinada, se considerará que esa familia cumple los límites de emisiones establecidos para dicha clase de motores. Si las emisiones de un motor de ensayo que representa a una familia de motores, una vez ajustadas multiplicándolas por el factor de deterioro establecido en el presente punto, superan cualquiera de los límites de emisiones aplicables a una subcategoría de motores determinada, se considerará que esa familia no cumple los límites de emisión correspondientes a dicha subcategoría.

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 + NOx 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 5, tras el número de horas que representen las emisiones estabilizadas.

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 + NOx 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 A.1 del anexo 2.

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, una justificación, aceptable para la autoridad de homologación de tipo, 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:

a) motores convencionales de dos tiempos sin sistema de postratamiento,

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

c) motores de dos tiempos con barrido de gases estratificado,

d) 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,

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

f) 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 21 o 22 del apéndice 3 3 del presente Reglamento 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. Esta categoría será la categoría del cuadro A.8-2 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 de tipo cuando esta lo solicite.

Cuadro A.8-2

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 de tipo 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:

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

b) 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,

c) declaraciones y períodos de garantía,

d) materiales mercadotécnicos relativos a la vida útil del motor,

e) informes de avería de usuarios del motor, y

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

ANEXO 9

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

1. DEFINICIONES, ABREVIACIONES Y REQUISITOS GENERALES

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

a) «Código de problema de diagnóstico (DTC)»: identificador numérico o alfanumérico que identifica o etiqueta un NCM y/o un PCM;

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

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

d) «Sistema de diagnóstico del control de NO_x (NCD)»: sistema a bordo del vehículo con capacidad para

i) detectar un mal funcionamiento del control de NO_x,

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

e) «Mal funcionamiento del control de NOx (NCM)»: intento de manipular el sistema de control de NOx 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;

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

i) detectar un mal funcionamiento del control de partículas,

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

g) «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;

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

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

1.2. Temperatura ambiente

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. El presente punto 2 será de aplicación para los motores con control electrónico de las categorías NRE y NRG que cumplan los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad y el momento de inyección del combustible 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) Recirculación del gas de escape (EGR);

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 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.

2.2.3.1. No obstante lo dispuesto en el punto 2.2.3 del presente anexo, en el caso de las (sub)categorías de motores que no están sujetas a un ciclo de ensayo NRTC en la homologación de tipo, la estrategia básica de control de emisiones puede detectar las condiciones de funcionamiento en régimen transitorio y aplicar la estrategia de control de emisiones correspondiente. En este caso, el funcionamiento en modo transitorio se incluirá en la descripción general de la estrategia básica de control de emisiones que se exige en el punto 1.4 del anexo 1 y en la información confidencial sobre la estrategia de control de emisiones que se contempla en el apéndice A.2 de ese mismo anexo.

2.2.4. El fabricante demostrará al servicio técnico en el momento del ensayo de homologación de tipo que el funcionamiento de la estrategia básica 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 del presente anexo.

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 del presente anexo a los fines establecidos en el punto 2.3.5 del presente anexo y solo el tiempo que necesario para tales fines, salvo cuando lo permitan los puntos 2.3.1.3, 2.3.2 y 2.3.4 del presente anexo;

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 del presente anexo, respectivamente, haya quedado demostrado que es necesaria para los fines establecidos en el punto 2.3.5 del presente anexo, haya sido aprobada por la autoridad de homologación de tipo y no se active 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, no se limitará a funcionar fuera de las condiciones de control del punto 2.4 del presente anexo y su propósito no se limitará a los criterios del punto 2.3.5 del presente anexo.

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

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 (EGR) independientemente de las condiciones de control del punto 2.4 del presente anexo 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: $ECT_c = P_{IM}/14004 + 325{,}8$, 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 del presente anexo, 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 la prevención de emisiones excesivas, durante el arranque en frío o el calentamiento, o durante el apagado.

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 límites de emisión adecuados para el motor de que se trate. El objetivo consiste en compensar los fenómenos que ocurren naturalmente proporcionando 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 que el funcionamiento de cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones cumple lo dispuesto en el presente punto. La demostración consistirá en una evaluación de la documentación contemplada en el punto 2.6 del presente anexo.

2.3.7. Todo funcionamiento de una estrategia auxiliar de control de emisiones que no sea conforme con los puntos 2.3.1 a 2.3.5 del presente anexo 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 del presente anexo.

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

2.4.1. Reservado

2.4.2. Reservado

2.4.3. Condiciones de control de los motores de las categorías NRE e NRG:

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

b) una temperatura ambiente situada en el rango siguiente:

i) superior o igual a 266 K (– 7 °C),

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

c) una 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.

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 de tipo, cuando lo solicite, una copia de la evaluación.

2.6. Requisitos relativos a la documentación

2.6.1. El fabricante cumplirá los requisitos relativos a la documentación establecidos en el punto 1.4 del anexo 1 y el apéndice A.2 de dicho anexo.

2.6.2. El fabricante se asegurará de que todos los documentos utilizados con este fin lleven un número de identificación y una fecha. En aquellos casos en que se modifique la información registrada, las páginas correspondientes estarán marcadas a fin de mostrar claramente la fecha de la revisión y la naturaleza de la modificación. Se considerará cumplido el requisito del presente punto mediante una versión consolidada y actualizada, que lleve adjunta una descripción detallada de las modificaciones.

3. REQUISITOS TÉCNICOS RELATIVOS A LAS MEDIDAS DE CONTROL DE NO_X

3.1. El punto 3 del presente anexo será de aplicación para los motores con control electrónico de las categorías NRE y NRG que cumplan los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento y que utilicen el control electrónico para determinar la cantidad y el momento de inyección del combustible 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 previstos en el anexo 1.

3.3. La estrategia de control de NO_X funcionará en todas las condiciones ambientales que se den con regularidad en el territorio de las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento, 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, cuando se utiliza un reactivo, no excede de un valor medio de 10 ppm en el caso de todas las categorías de motores.

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 del presente anexo, en el caso de los motores de las categorías NRE y NRG se aplicarán los requisitos técnicos establecidos en el apéndice A.1 del presente anexo.

4. REQUISITOS TÉCNICOS RELATIVOS A LAS MEDIDAS DE CONTROL DE LAS PARTÍCULAS CONTAMINANTES

4.1. El presente punto se aplicará a los motores de las subcategorías sujetas a un límite de PN, de conformidad con los límites de emisiones establecidos en el apéndice 2 del presente Reglamento, y que estén equipados con un sistema de postratamiento de partículas. En los casos en que el sistema de control de NOx 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 del presente punto a ningún componente o mal funcionamiento cuando, tras el examen de una evaluación motivada facilitada por el fabricante, la autoridad de homologación de tipo llegue a la conclusión de que un mal funcionamiento del control de partículas en el marco del presente punto daría lugar al correspondiente mal funcionamiento del control de NO_X en el ámbito de aplicación del punto 3 del presente anexo.

4.2. Los requisitos técnicos detallados relativos a las medidas de control de las partículas contaminantes se especifican en el apéndice A.2 del presente anexo.

APÉNDICE A.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

A.1.1. Introducción

En el presente apéndice figuran los requisitos adicionales para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NOx. Se incluyen requisitos aplicables a los motores que recurren al uso de un reactivo para reducir las emisiones. La homologación de tipo 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.

A.1.2. Requisitos generales

El motor estará equipado con un sistema de diagnóstico del control de NOx (NCD) capaz de identificar el mal funcionamiento del control de NOx (NCM). Los motores incluidos en el ámbito de aplicación del presente punto 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 apéndice 3 del presente Reglamento 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.

A.1.2.1. Información requerida

A.1.2.1.1. Si el sistema de control de emisiones necesita un reactivo, el fabricante especificará, de conformidad con el apéndice A.3 del anexo 1, 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.

A.1.2.1.2. En el momento de la homologación de tipo, deberá facilitarse a la autoridad de homologación de tipo información detallada por escrito que describa, de manera exhaustiva, las características de funcionamiento del sistema de alerta al operador contemplado en el punto A.1.4 del presente anexo y del sistema de inducción del operador contemplado en el punto A.1.5 del presente anexo.

A.1.2.1.3. El fabricante proporcionará al OEM documentos con instrucciones sobre la instalación del motor en la máquina móvil no de carretera o en el vehículo de la categoría T, de manera que el motor, su sistema de control de emisiones y las piezas de la máquina móvil no de carretera o del vehículo de la categoría T 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 o en el vehículo de la categoría T.

A.1.2.2. Condiciones de funcionamiento

A.1.2.2.1. 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).

A.1.2.2.2. La protección contra la congelación del reactivo se aplicará a temperaturas ambiente de 266 K (– 7 °C) o inferiores.

A.1.2.2.3. Todos los elementos del sistema de diagnóstico del control de NOx distintos de los que figuran en los puntos A.1.2.2.1 y A.1.2.2.2 del presente anexo funcionarán, como mínimo, en las condiciones de control aplicables que figuran en el punto 2.4 del anexo 9 del presente Reglamento para cada categoría de motor. El sistema de diagnóstico seguirá funcionando fuera de este intervalo cuando sea técnicamente posible.

A.1.2.3. Protección contra la congelación del reactivo

A.1.2.3.1. Se permite utilizar un sistema de dosificación y un depósito de reactivo calentado o no calentado. Los sistemas calentados cumplirán los requisitos del punto A.1.2.3.2.2 del presente anexo. Los sistemas no calentados cumplirán los requisitos del punto A.1.2.3.2.3 del presente anexo.

A.1.2.3.1.1. 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 o del vehículo de la categoría T.

A.1.2.3.2. Depósito de reactivo y sistema de dosificación

A.1.2.3.2.1. Si el reactivo se ha congelado, el reactivo estará disponible para ser utilizado en un plazo máximo de 70 minutos a partir del arranque del motor a 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente.

A.1.2.3.2.2. Criterios de diseño de los sistemas calentados

Los sistemas calentados estarán diseñados de manera que cumplan los requisitos de funcionamiento establecidos en el punto A.1.2.3.2 cuando sean sometidos a ensayo utilizando el procedimiento definido.

A.1.2.3.2.2.1. El depósito de reactivo y el sistema de dosificación homogeneizarán el calor a 255 K (– 18 °C) durante 72 horas o hasta que el reactivo se solidifique, lo que se produzca primero.

A.1.2.3.2.2.2. Tras el período de homogeneización del calor contemplado en el punto A.1.2.3.2.2.1 del presente anexo, se pondrá en marcha el motor/la máquina móvil no de carretera o el vehículo de la categoría T y funcionará a un máximo de 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente del siguiente modo:

a) entre 10 y 20 minutos al ralentí, seguido de

b) hasta un máximo de 50 minutos a un porcentaje de carga nominal no superior al 40 %.

A.1.2.3.2.2.3. Al término del procedimiento de ensayo del punto A.1.2.3.2.2.2 del presente anexo, el sistema de dosificación del reactivo deberá ser plenamente operativo.

A.1.2.3.2.2.4. La evaluación de los criterios de diseño podrá efectuarse en una celda de ensayo en cámara fría utilizando toda una máquina móvil no de carretera o todo un vehículo de la categoría T o piezas representativas de las que vayan a instalarse en tal máquina, o podrá efectuarse basándose en ensayos de campo.

A.1.2.3.2.3. Activación de la alerta al maquinista y del sistema de inducción en el caso de un sistema no calentado

A.1.2.3.2.3.1. El sistema de alerta al operador descrito en el punto 4 del presente anexo se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

A.1.2.3.2.3.2. El sistema de inducción general que se contempla en el punto A.1.5.4 del presente anexo se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo en un plazo máximo de 70 minutos a partir del arranque del motor a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

A.1.2.4. Requisitos relativos al diagnóstico

A.1.2.4.1 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 cuando así se solicite.

A.1.2.4.2 Requisitos relativos al registro de DTC

A.1.2.4.2.1 El sistema NCD registrará un DTC por cada NCM distinto.

A.1.2.4.2.2 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 al punto A.1.4 del presente anexo.

A.1.2.4.2.3 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 o en los vehículos de la categoría T), la autoridad de homologación de tipo 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.).

A.1.2.4.3. 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.

A.1.2.4.4. 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.

A.1.2.4.5. Los parámetros de funcionamiento o códigos informáticos reprogramables del sistema NCD deberán ser resistentes a las manipulaciones.

A.1.2.4.6. 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 de tipo.

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

A.1.2.4.6.1. 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 (por ejemplo, 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 de tipo.

El fabricante podrá solicitar a la autoridad de homologación de tipo 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 criterios técnicos adecuados.

A.1.3. Requisitos de mantenimiento

A.1.3.1. El OEM proporcionará, a todos los usuarios finales de máquinas móviles no de carretera o vehículos de la categoría T, instrucciones por escrito sobre el sistema de control de las emisiones y su funcionamiento correcto de conformidad con el apéndice A.6 del presente anexo.

A.1.4. Sistema de alerta al operador

A.1.4.1. La máquina móvil no de carretera o el vehículo de la categoría T 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 el punto A.1.9 del presente anexo 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 el punto A.1.5 del presente anexo.

A.1.4.2. 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.

A.1.4.3. 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 o del vehículo de la categoría T.

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

A.1.4.4. A elección del fabricante, el sistema de alerta podrá incluir un componente acústico que alerte al operador. El operador podrá suprimir las alertas acústicas.

A.1.4.5. El sistema de alerta al operador se activará tal como se especifica en los puntos A.1.2.3.3.1, A.1.6.2, A.1.7.2, A.1.8.4 y A.1.9.3 del presente anexo, respectivamente.

A.1.4.6. 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.

A.1.4.7. El sistema de alerta podrá ser interrumpido temporalmente por otras señales de alerta que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

A.1.4.8. En el punto A.1.11 del presente anexo se detallan los procedimientos de activación y desactivación del sistema de alerta al operador.

A.1.4.9. En el contexto de la solicitud de homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de alerta al operador, tal como se especifica en el punto A.1.10 del presente anexo.

A.1.5. Sistema de inducción del operador

A.1.5.1. El motor contará con un sistema de inducción del operador basado en uno de los principios siguientes:

A.1.5.1.1. 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 o del vehículo de la categoría T);

A.1.5.1.2. un sistema de inducción general en una etapa (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina móvil no de carretera o del vehículo de la categoría T), que se active en las condiciones de un sistema de inducción de bajo nivel especificadas en los puntos A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 y A.1.9.4.1 del presente anexo.

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 A.1.6.3.2 del presente anexo en lugar de en las del punto A.1.6.3.1 del presente anexo.

A.1.5.2. El motor podrá ir equipado con un método de desactivación de la inducción del operador a condición de que cumpla los requisitos del punto A.1.5.2.1 del presente anexo.

A.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.

A.1.5.2.1.1. 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 120 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 120 horas, y el operador podrá desactivarla manualmente una vez finalizada la situación de emergencia;

d) transcurridas las 120 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; las autoridades nacionales de inspección deberán poder leer esos registros con una herramienta de exploración;

f) en el expediente del fabricante que se establece en el anexo 1 se incluirá una descripción de la conexión con los registros mencionados en la letra e) y del método para su lectura;

g) 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 las autoridades de la Parte Contratante a petición de estas.

A.1.5.3. Sistema de inducción de bajo nivel

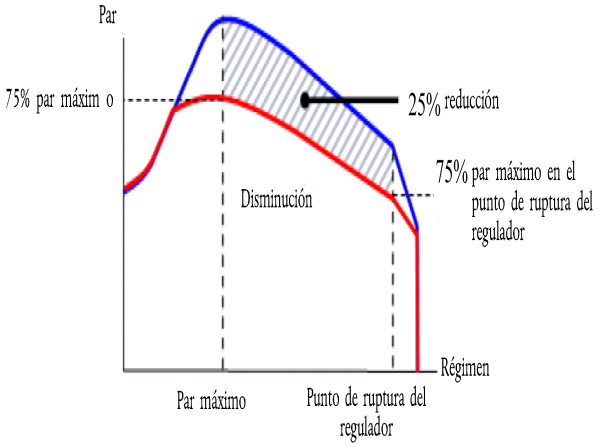
A.1.5.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel se activará a raíz de cualquiera de las condiciones que figuran en los puntos A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 y A.1.9.4.1 del presente anexo.

A.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 A.9-1. El par se reducirá un mínimo de un 1 % por minuto.

A.1.5.3.3. Se podrán utilizar otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación de tipo que poseen el mismo grado de severidad o uno mayor.

Figura A.9-1

Esquema de reducción del par de la inducción de bajo nivel



A.1.5.4. Sistema de inducción general

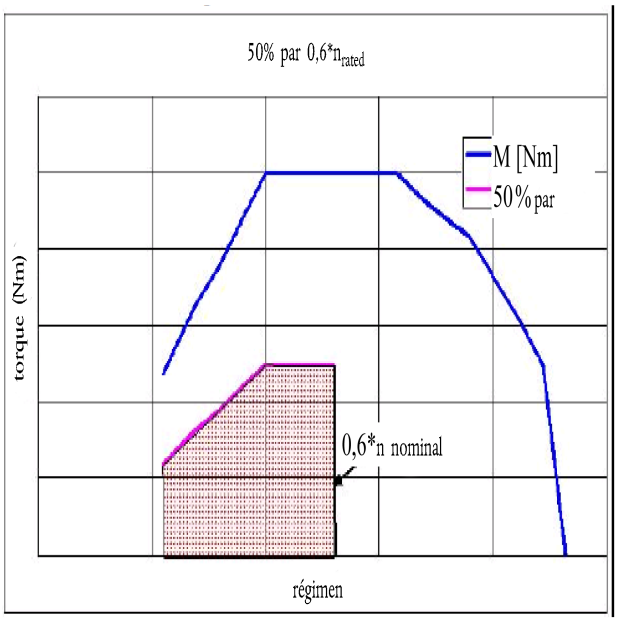
A.1.5.4.1. El sistema de inducción general se activará a raíz de cualquiera de las condiciones que figuran en los puntos A.1.2.3.3.2, A.1.6.3.2, A.1.7.3.2, A.1.8.4.2 y A.1.9.4.2 del presente anexo.

A.1.5.4.2. 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 los puntos A.1.6 a A.1.9 del presente anexo. Se admiten las estrategias siguientes:

A.1.5.4.2.1. 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 A.9-1, 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 A.9-2.

Figura A.9-2

Esquema de reducción del par de la inducción general



A.1.5.4.2.2. Se podrán utilizar otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación de tipo que poseen el mismo grado de severidad o uno mayor.

A.1.5.5. 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 30 minutos, y

b) esté limitada a 3 activaciones durante cada período en el que el sistema de inducción del maquinista esté activo.

A.1.5.6. 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.

A.1.5.7. En el punto A.1.11 del presente anexo se detallan los procedimientos de activación y desactivación del sistema de inducción del operador.

A.1.5.8. En el contexto de la solicitud de homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de inducción del operador, tal como se especifica en el punto A.1.10 del presente anexo.

A.1.6. Disponibilidad de reactivo

A.1.6.1. 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 el punto A.1.4 del presente anexo 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.

A.1.6.2. Activación del sistema de alerta al operador

A.1.6.2.1. El sistema de alerta al operador especificado en el punto A.1.4 del presente anexo 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.

A.1.6.2.2. 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»).

A.1.6.2.3. 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 A.1.6.3 del presente anexo que cuando se activó por primera vez.

A.1.6.2.4. 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.

A.1.6.2.5. 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.

A.1.6.3. Activación del sistema de inducción del operador

A.1.6.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel del operador descrito en el punto A.1.5.3 del presente anexo 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.

A.1.6.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto A.1.5.4 del presente anexo 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.

A.1.6.3.3. Salvo en la medida en que esté permitido en el punto A.1.5.5 del presente anexo, 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.

A.1.7. Supervisión de la calidad del reactivo

A.1.7.1. El motor, la máquina móvil no de carretera o el vehículo de la categoría T incluirán un método para determinar la presencia de un reactivo incorrecto a bordo de una máquina móvil no de carretera o de un vehículo de la categoría T.

A.1.7.1.1. El fabricante especificará una concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min} que hará que las emisiones de NOx del tubo de escape no superen el límite de NOx aplicable multiplicado por 2,25 o el límite de NOx 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 NOx, el valor límite de NOx aplicable para los fines del presente punto será el valor límite combinado de HC y NOx menos 0,19 g/kWh.

A.1.7.1.1.1. El valor del CD_{min} especificado por el fabricante se utilizará durante la demostración establecida en el punto A.1.13 del presente anexo y se registrará en la documentación ampliada que se especifica en el apéndice A.3 del anexo 1.

A.1.7.1.2. Se detectará cualquier concentración de reactivo inferior a la CD_{min} y se considerará un reactivo incorrecto a los efectos del punto A.1.7.1 del presente anexo.

A.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.

A.1.7.1.3.1. 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 A.1.8 y A.1.9 del presente anexo en un único contador.

A.1.7.1.4. En el punto A.1.11 del presente anexo se detallan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la calidad del reactivo.

A.1.7.2. 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 maquinista descrito en el punto A.1.4. 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»).

A.1.7.3 Activación del sistema de inducción del operador

A.1.7.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto A.1.5.3 del presente anexo se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador descrito en el punto A.1.7.2 del presente anexo.

A.1.7.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto A.1.5.4 del presente anexo se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de 20 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador descrito en el punto A.1.7.2 del presente anexo.

A.1.7.3.3. 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 el punto A.1.11 del presente anexo.

A.1.8. Actividad de dosificación del reactivo

A.1.8.1 El motor incluirá un método para determinar la interrupción de la dosificación.

A.1.8.2. Contador de la actividad de dosificación del reactivo

A.1.8.2.1. Se asignará un contador específico para la actividad de dosificación («el contador de 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 o del vehículo de la categoría T son tales que su comportamiento en materia de emisiones no requiere la dosificación del reactivo.

A.1.8.2.1.1. 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 A.1.7 y A.1.9 del presente anexo en un único contador.

A.1.8.2.2. En el punto A.1.11 del presente anexo se detallan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la actividad de dosificación del reactivo.

A.1.8.3. Activación del sistema de alerta al operador

El sistema de alerta al operador descrito en el punto A.1.4 del presente anexo 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 A.1.8.2.1 del presente anexo. 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»).

A.1.8.4. Activación del sistema de inducción del operador

A.1.8.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto A.1.5.3 del presente anexo se activará si una interrupción de la dosificación del reactivo no se rectifica en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador de conformidad con el punto A.1.8.3 del presente anexo.

A.1.8.4.2. El sistema de inducción general descrito en el punto A.1.5.4 del presente anexo se activará si una interrupción de la dosificación del reactivo no se rectifica en un máximo de 20 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador de conformidad con el punto A.1.8.3 del presente anexo.

A.1.8.4.3. 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 el punto A.1.11 del presente anexo.

A.1.9. Otros fallos que pueden atribuirse a la manipulación

A.1.9.1. 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 A.1.9.2.1 del presente anexo;

b) los fallos de la válvula de recirculación de los gases de escape descritos en el punto A.1.9.2.2 del presente anexo.

A.1.9.2. Requisitos de supervisión y contadores

A.1.9.2.1. Sistema NCD

A.1.9.2.1.1. 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 A.1.6 a A.1.8 (supervisión de componentes) del presente anexo.

En una lista no exhaustiva de sensores que afectan a la capacidad de diagnóstico figurarán los que miden directamente la concentración de NOx, 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.

A.1.9.2.1.2. 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.

A.1.9.2.1.2.1. El fabricante podrá agrupar el fallo del sistema NCD con uno o más de los sistemas enumerados en las secciones A.1.7, A.1.8 y A.1.9.2.2 del presente anexo en un único contador.

A.1.9.2.1.3. En el punto A.1.11 del presente anexo se describen los criterios y mecanismos de activación y desactivación de los contadores del sistema NCD.

A.1.9.2.2. Válvula EGR

A.1.9.2.2.1. Se supervisará el sistema de recirculación de los gases de escape (EGR) para detectar si hay alguna válvula EGR obstruida.

A.1.9.2.2.2. 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.

A.1.9.2.2.2.1. El fabricante podrá agrupar el fallo de la válvula EGR obstruida con uno o más de los fallos enumerados en las secciones A.1.7, A.1.8 y A.1.9.2.1 del presente anexo en un único contador.

A.1.9.2.2.3. En el punto A.1.11 del presente anexo se detallan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la válvula EGR.

A.1.9.3. Activación del sistema de alerta al operador

El sistema de alerta al operador que figura en el punto 4 se activará en caso de que se produzca cualquiera de los fallos especificados en el punto A.1.9.1 del presente anexo, 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»).

A.1.9.4. Activación del sistema de inducción del operador

A.1.9.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto A.1.5.3 del presente anexo se activará si un fallo especificado en el punto A.1.9.1 del presente anexo no se rectifica en un máximo de 36 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador que figura en el punto A.1.9.3 del presente anexo.

A.1.9.4.2. El sistema de inducción general descrito en el punto A.1.5.4 del presente anexo se activará si un fallo especificado en el punto A.1.9.1 del presente anexo no se rectifica en un máximo de 100 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al operador que figura en el punto A.1.9.3 del presente anexo.

A.1.9.4.3. 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 el punto A.1.11 del presente anexo.

A.1.9.5. Como alternativa a los requisitos de supervisión del punto A.1.9.2 del presente anexo, el fabricante podrá detectar los fallos utilizando un sensor de NOx colocado en el sistema de escape. En ese caso,

a) el valor de NOx al que se detectará el NCM no superará el límite de NOx aplicable multiplicado por 2,25 o el límite de NOx 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 NOx, el valor límite de NOx aplicable para los fines del presente punto será el valor límite combinado de HC y NOx 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 A.1.9.4.1 del presente anexo, 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 10;

d) en el punto A.1.9.4.2 del presente anexo, 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 20.

A.1.10. Requisitos de demostración

A.1.10.1. Generalidades

Durante la homologación de tipo se demostrará que se cumplen los requisitos del presente apéndice, realizando, como se ilustra en el cuadro A.9-1 y se especifica en el presente punto A.1.10 del presente anexo:

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.

A.1.10.2. 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 del punto A.1.10 del presente anexo 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 de tipo que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente apéndice son similares dentro de la familia.

A.1.10.2.1. 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.

A.1.10.2.2. El motor de ensayo será seleccionado por el fabricante de acuerdo con la autoridad de homologación de tipo. Podrá ser o no el motor de referencia de la familia considerada.

A.1.10.2.3. En caso de que los motores de una familia pertenezcan a una familia de motores NCD que ya haya sido homologada de tipo con arreglo al punto A.1.10.2.1 (figura A.9-3) del presente anexo, 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.

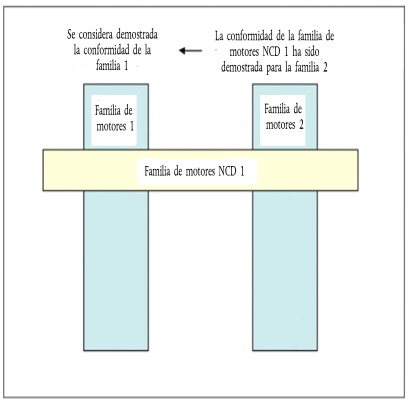
Cuadro A.9-1

Ilustración del contenido del proceso de demostración de conformidad con los puntos A.1.10.3 y A.1.10.4

Mecanismo	Elementos de demostración
Activación del sistema de alerta especificada en el punto A.1.10.3 del presente anexo	— 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 A.1.10.4 del presente anexo	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda — Un ensayo de reducción del par
Activación de la inducción general especificada en el punto A.1.10.4 del presente anexo	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda

Figura A.9-3

Conformidad previamente demostrada de una familia de motores NCD



A.1.10.3. Demostración de la activación del sistema de alerta

A.1.10.3.1. La conformidad de la activación del sistema de alerta se demostrará realizando dos ensayos: falta de reactivo, y una categoría de fallo prevista en los puntos A.1.7, A.1.8 o A.1.9 del presente anexo.

A.1.10.3.2. Selección del fallo objeto de ensayo de entre los puntos A.1.7, A.1.8 o A.1.9 del presente anexo

A.1.10.3.2.1. La autoridad de homologación de tipo seleccionará una categoría de fallo. En caso de que se seleccione un fallo de los puntos A.1.7 o A.1.9 del presente anexo, serán de aplicación los requisitos adicionales establecidos en los puntos A.1.10.3.2.2 o A.1.10.3.2.3 del presente anexo, respectivamente.

A.1.10.3.2.2. 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 el punto A.1.7 del presente anexo.

A.1.10.3.2.3. 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 el punto A.1.9 del presente anexo, la selección se realizará de conformidad con los requisitos siguientes:

A.1.10.3.2.3.1. El fabricante proporcionará a la autoridad de homologación de tipo una lista de dichos fallos potenciales.

A.1.10.3.2.3.2. El fallo que vaya a considerarse en el ensayo será seleccionado por la autoridad de homologación de tipo a partir de la lista contemplada en el punto A.1.10.3.2.3.1 del presente anexo.

A.1.10.3.3. Demostración

A.1.10.3.3.1. A efectos de esta demostración, se realizará un ensayo separado para la falta de reactivo y para el fallo seleccionado de conformidad con el puntoA.1.10.3.2 del presente anexo.

A.1.10.3.3.2. Durante un ensayo no deberá haber ningún fallo distinto del fallo objeto del ensayo.

A.1.10.3.3.3. Antes de comenzar un ensayo deberán haberse borrado todos los DTC.

A.1.10.3.3.4. A petición del fabricante y con el consentimiento de la autoridad de homologación de tipo, podrán simularse los fallos objeto de ensayo.

A.1.10.3.3.5. 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:

A.1.10.3.3.5.1. El sistema NCD responderá a la introducción de un fallo seleccionado según proceda por la autoridad de homologación de tipo 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 A.1.10.3.3.7 del presente anexo.

Cuando en la descripción de la supervisión se haya especificado, y la autoridad de homologación de tipo lo haya aceptado, que un monitor específico necesita más de dos ciclos de ensayo del sistema NCD para completar su supervisión, el número de ciclos de ensayo del sistema NCD podrá aumentarse a 3.

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.

A.1.10.3.3.5.2. Se considerará demostrada la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme al punto A.1.10.3.3 del presente anexo, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada y el DTC correspondiente al fallo seleccionado tiene el estatus de «confirmado y activo».

A.1.10.3.3.6. 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.

A.1.10.3.3.6.1. La demostración comenzará con un nivel de reactivo en el depósito que deberán acordar el fabricante y la autoridad de homologación de tipo y que no represente menos del 10 % de la capacidad nominal del depósito.

A.1.10.3.3.6.2. 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 de reactivo, 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 el punto A.1.6 del presente anexo.

A.1.10.3.3.7. Ciclo de ensayo NCD

A.1.10.3.3.7.1. El ciclo de ensayo del sistema NCD considerado en el punto A.1.10 del presente anexo para demostrar el rendimiento correcto del sistema NCD es el ciclo NRTC 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.

A.1.10.3.3.7.2. A petición del fabricante, y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, podrá utilizarse un ciclo alternativo de ensayo del sistema NCD (p. ej., distinto del NRTC 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 funcionamiento real; y

b) que el ciclo de ensayo del sistema NCD aplicable especificado en el punto A.1.10.3.3.7.1 del presente anexo es menos apropiado para la supervisión en cuestión.

A.1.10.3.4. 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 A.1.10.3.3 del presente anexo, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada.

A.1.10.4. Demostración del sistema de inducción

A.1.10.4.1. La demostración del sistema de inducción se realizará mediante ensayos en un banco de ensayo de motores.

A.1.10.4.1.1. 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 de tipo.

A.1.10.4.1.2. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, 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 A.1.10.4.1 del presente anexo, haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

A.1.10.4.2. La secuencia de ensayo demostrará la activación del sistema de inducción en caso de falta de reactivo y en caso de que se produzca el fallo seleccionado por la autoridad de homologación de tipo conforme al punto A.1.10.3.2.1 del presente anexo para el ensayo del sistema de alerta.

A.1.10.4.3. A efectos de esta demostración:

a) previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, 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 A.1.10.4.5 del presente anexo;

d) la inducción general se demostrará conforme a los requisitos del punto A.1.10.4.6 del presente anexo.

A.1.10.4.4. El fabricante deberá demostrar, además, el funcionamiento del sistema de inducción en las condiciones de fallo que figuran en las secciones A.1.7, A.1.8 o A.1.9 del presente anexo que no hayan sido elegidas para los ensayos de demostración de los puntos A.1.10.4.1 a A.1.10.4.3 del presente anexo.

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

A.1.10.4.4.1. En particular, estas demostraciones adicionales demostrarán, a satisfacción de la autoridad de homologación de tipo, la inclusión del mecanismo correcto de reducción del par en la ECU del motor.

A.1.10.4.5. Ensayo de demostración del sistema de inducción de bajo nivel

A.1.10.4.5.1. 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 de tipo.

A.1.10.4.5.2. 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 A.1.6.3.1 del presente anexo al que se haya previsto que funcione el sistema de inducción de bajo nivel.

A.1.10.4.5.2.1. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, el fabricante podrá simular un funcionamiento continuo extrayendo reactivo del depósito, ya sea con el motor en funcionamiento o con el motor parado.

A.1.10.4.5.3. 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 A.9-3 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.

A.1.10.4.5.4. 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 A.1.10.4.5.2 y A.1.10.4.5.3 del presente anexo, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación de tipo que la ECU del motor ha activado el mecanismo de reducción del par.

A.1.10.4.6. Ensayo de demostración del sistema de inducción general

A.1.10.4.6.1. Esta demostración comenzará a partir de una condición en la que se haya activado previamente el sistema de inducción de bajo nivel, en aquellos casos en que proceda, y podrá realizarse como continuación de los ensayos efectuados para demostrar el sistema de inducción de bajo nivel.

A.1.10.4.6.2. 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.

A.1.10.4.6.2.1. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, el fabricante podrá simular un funcionamiento continuo extrayendo reactivo del depósito, ya sea con el motor en funcionamiento o con el motor parado.

A.1.10.4.6.3. 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 A.9-4 o, a elección del fabricante, hasta que el contador pertinente haya alcanzado el valor al que se activa el sistema de inducción general.

A.1.10.4.6.4. 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 A.1.10.4.6.2 y A.1.10.4.6.3 del presente anexo, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación de tipo que se ha activado el mecanismo de inducción general considerado en el presente apéndice.

A.1.10.4.7. Alternativamente, previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, 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 A.1.5.4 y A.1.10.4.1.2 del presente anexo, bien colocando la máquina o el vehículo de la categoría T en un banco de ensayo adecuado, o bien haciéndolos funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

A.1.10.4.7.1. 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 A.9-4 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.

A.1.10.5. Documentación de la demostración

A.1.10.5.1 Se creará un informe de demostración que documente 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 el anexo 1.

A.1.11. Descripción de los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al operador y de la inducción del operador

A.1.11.1 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 el punto A.1.11 del presente anexo se especifican los requisitos técnicos para la aplicación de dichos mecanismos.

A.1.11.2. Mecanismos de activación y desactivación del sistema de alerta

A.1.11.2.1. 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 A.9-2.

Cuadro A.9-2

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 NOx, si procede	confirmado y activo

A.1.11.2.2. 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.

A.1.11.2.2.1. Requisitos para el borrado de la información relativa al control de NOx

A.1.11.2.2.1.1. Borrado/reinicialización de la información relativa al control de NOx 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 A.9-3).

Cuadro A.9-3

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

Información relativa al control de NOx	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

A.1.11.2.2.1.2. La información relativa al control de NOx no se borrará al desconectar las baterías de la máquina móvil no de carretera o del vehículo de la categoría T.

A.1.11.2.2.1.3. El borrado de la información relativa al control de NOx solo será posible con el motor apagado.

A.1.11.2.2.1.4. Cuando se borre información relativa al control de NOx, 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 el punto pertinente de este apéndice.

A.1.11.3. Mecanismos de activación y desactivación del sistema de inducción del operador

A.1.11.3.1. 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 A.9-4.

A.1.11.3.2. 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.

A.1.11.3.3. Los sistemas de alerta al operador y de inducción del operador se activarán o desactivarán inmediatamente, según proceda, conforme a lo dispuesto en el punto A.1.6 del presente anexo, 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.

A.1.11.4. Mecanismo de los contadores

A.1.11.4.1. Generalidades

A.1.11.4.1.1. 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.

A.1.11.4.1.1.1. El fabricante podrá utilizar uno o varios contadores para agrupar los NCM indicados en el punto A.1.11.4.1.1 del presente anexo.

A.1.11.4.1.2. 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.

A.1.11.4.1.3. 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.

A.1.11.4.1.3.1. 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.

A.1.11.4.2. Principio del mecanismo de los contadores

A.1.11.4.2.1. Cada contador funcionará de la manera siguiente:

A.1.11.4.2.1.1. 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 A.9-2.

A.1.11.4.2.1.2. En caso de fallos repetidos, se aplicará una de las disposiciones siguientes, a elección del fabricante:

a) El contador se detendrá y mantendrá su valor de ese momento 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. 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 A.9-4 o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos 30 minutos.

b) El contador se quedará fijo en el valor definido en el cuadro A.9-4 o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos treinta minutos.

A.1.11.4.2.1.3. 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 la calificación de «confirmado y activo». El contador se detendrá y mantendrá uno de los valores especificados en el punto A.1.11.4.2.1.2 del presente anexo 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 A.9-4

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 NOx, si procede	confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general

A.1.11.4.2.1.4. El contador, una vez que esté fijo, se volverá a poner a cero cuando los dispositivos de supervisión pertinentes para dicho contador hayan funcionado al menos una vez hasta completar su ciclo de supervisión sin haber detectado un mal funcionamiento y sin que se haya detectado ningún mal funcionamiento pertinente para ese contador durante 40 horas de funcionamiento del motor desde que el valor del contador se retuvo por última vez (véase la figura A.9-4).

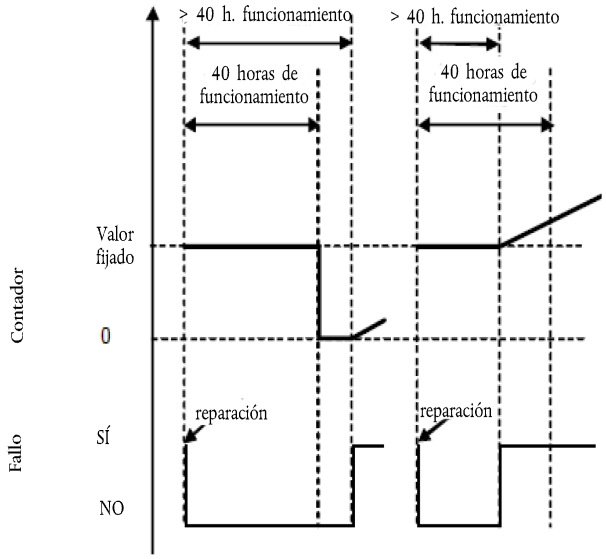
A.1.11.4.2.1.5. El contador seguirá contando a partir del punto en que se retuvo su valor si se detecta un mal funcionamiento pertinente para dicho contador durante un período en que el contador se haya quedado fijo (véase la figura A.9-4).

A.1.12. Ilustración de los mecanismos de activación y desactivación y de los contadores

A.1.12.1. En el presente punto A.1.12 del presente anexo 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 A.1.12.2, A.1.12.3 y A.1.12.4 del presente anexo 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 A.9-6 y A.9-7 se refieren a los valores máximos de inducción general del cuadro A.9-4. 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.

Figura A.9-4

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



A.1.12.2. La figura A.9-5 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.

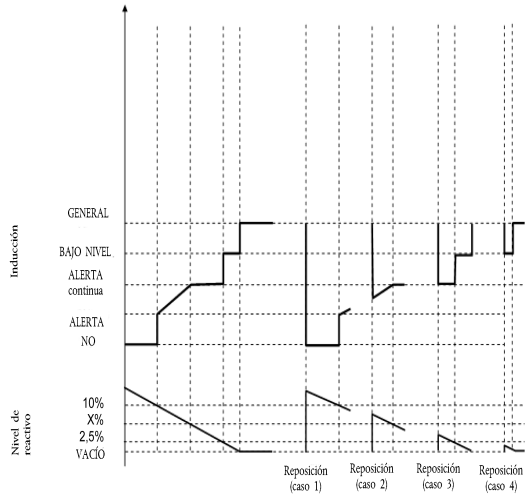
b) Caso de reposición n.º 1 (reposición «adecuada»): el maquinista rellena el depósito de reactivo para que se alcance un nivel superior al umbral del 10 %. La alerta y la inducción se desactivan.

c) Casos de reposición n.º 2 y 3 (reposición «inadecuada»): el sistema de alerta se activa. 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 A.9-5

Disponibilidad de reactivo



A.1.12.3. La figura A.9-6 ilustra tres casos de calidad inadecuada del reactivo:

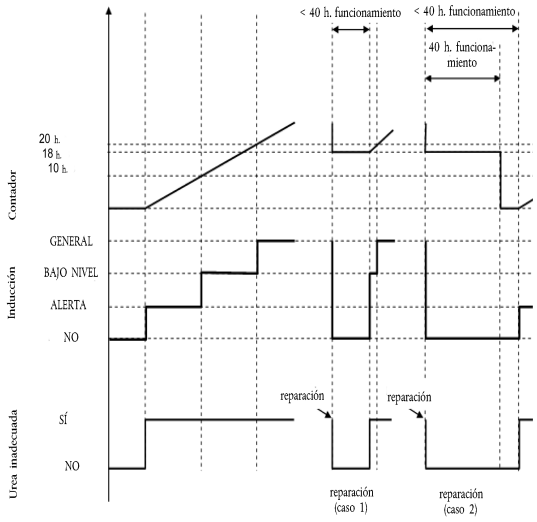
a) Caso de utilización n.º 1: el operador sigue haciendo funcionar la máquina móvil no de carretera a pesar de la alerta hasta que se desactiva su funcionamiento.

b) Caso de reparación 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 2 horas de funcionamiento del motor.

c) Caso de reparación 2 (reparación «correcta»): tras la puesta fuera de servicio de la máquina, el maquinista 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.

Figura A.9-6

Llenado con reactivo de mala calidad



A.1.12.4. La figura A.9-7 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 el punto A.1.9 del presente anexo.

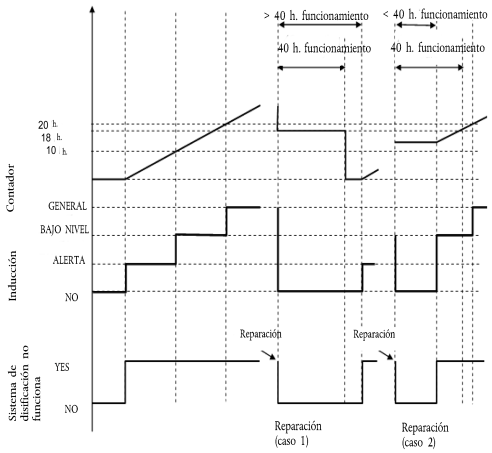
a) Caso de utilización n.º 1: el operador sigue haciendo funcionar la máquina móvil no de carretera a pesar de la alerta hasta que se desactiva su funcionamiento.

b) Caso de reparación 1 (reparación «correcta»): tras la puesta fuera de servicio de la máquina, el maquinista 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 2 (reparación «incorrecta»): durante el tiempo de inducción de bajo nivel (reducción del par), el maquinista 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.

Figura A.9-7

Fallo del sistema de dosificación del reactivo



A.1.13. Demostración de la concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min}

A.1.13.1. El fabricante demostrará el valor correcto de la CD_{min} durante la homologación de tipo ejecutando la parte en caliente del ciclo NRTC 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}.

A.1.13.2. El ensayo seguirá los ciclos NCD adecuados o el ciclo de preacondicionamiento definido por el fabricante, permitiendo que un sistema de control de NOx de bucle cerrado se adapte a la calidad del reactivo con la concentración CD_{min}.

A.1.13.3. Las emisiones contaminantes resultantes de este ensayo no deberán exceder del umbral de NOx especificado en el punto A.1.7.1.1 del presente anexo.

A.1.13.4. Documentación de la demostración

A.1.13.4.1. Se creará un informe de demostración que documente 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 NOx establecido en el punto A.1.7.1.1 del presente anexo;

d) se incluirá en el expediente del fabricante que se establece en el anexo 1.

APÉNDICE A.2

REQUISITOS TÉCNICOS RELATIVOS A LAS MEDIDAS DE CONTROL DE LAS PARTÍCULAS CONTAMINANTES, INCLUIDO EL MÉTODO DE DEMOSTRACIÓN DE ESTAS MEDIDAS

A.2.1. Introducción

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

A.2.2. 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 del presente punto 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 apéndice 3 del presente Reglamento muestren cierto deterioro en cuanto al rendimiento y la sensibilidad del sistema PCD.

A.2.2.1. Información requerida

A.2.2.1.1. 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 establecida en el anexo 1, 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.

A.2.2.1.2. En el momento de la homologación de tipo, deberá facilitarse a la autoridad de homologación de tipo información detallada por escrito que describa, de manera exhaustiva, las características de funcionamiento del sistema de alerta al operador contemplado en el punto A.2.4 del presente anexo.

A.2.2.1.3. 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, o en el vehículo de la categoría T, 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 o en el vehículo de la categoría T.

A.2.2.2. Condiciones de funcionamiento

A.2.2.2.1. El sistema PCD funcionará, 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.

A.2.2.3. Requisitos relativos al diagnóstico

A.2.2.3.1. 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.

A.2.2.3.2. Requisitos relativos al registro de DTC

A.2.2.3.2.1. El sistema PCD registrará un DTC por cada PCM distinto.

A.2.2.3.2.2. El sistema PCD decidirá, en los períodos de funcionamiento del motor indicados en el cuadro A9-5, si existe un mal funcionamiento detectable. Se almacenará entonces un DTC «confirmado y activo» y se activará el sistema de alerta especificado en el punto A.2.4 del presente anexo.

A.2.2.3.2.3. En los casos en que el dispositivo de supervisión necesite funcionar durante un período más largo que el indicado en el cuadro A.9-5 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 de tipo 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.).

Cuadro A.9-5

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

A.2.2.3.3. 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 A.2.5.2 del presente anexo.

A.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.

A.2.2.3.5. Los parámetros de funcionamiento o códigos informáticos reprogramables del sistema PCD deberán ser resistentes a las manipulaciones.

A.2.2.3.6. 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 de tipo.

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

A.2.2.3.6.1. 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 (por ejemplo, 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 de tipo.

El fabricante podrá solicitar a la autoridad de homologación de tipo 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 criterios técnicos adecuados.

A.2.3. Requisitos de mantenimiento

A.2.3.1. El OEM proporcionará, a todos los usuarios finales de máquinas móviles no de carretera o vehículos de la categoría T, instrucciones por escrito sobre el sistema de control de las emisiones y su funcionamiento correcto, conforme a las exigencias del apéndice 6 del presente Reglamento.

A.2.4. Sistema de alerta al operador

A.2.4.1. Las máquinas móviles no de carretera incluirán un sistema de alerta al operador que utilice alarmas visuales.

A.2.4.2. 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.

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»).

A.2.4.3. A elección del fabricante, el sistema de alerta podrá incluir un componente acústico que alerte al operador. El operador podrá suprimir las alertas acústicas.

A.2.4.4. El sistema de alerta al operador se activará con arreglo al punto A.2.2.3.2.2 del presente anexo.

A.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.

A.2.4.6. El sistema de alerta podrá ser interrumpido temporalmente por otras señales de alerta que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

A.2.4.7. En la solicitud de homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de alerta al operador, tal como se especifica en el punto A.2.9 del presente anexo.

A.2.5. Sistema de almacenamiento de la información sobre la activación del sistema de alerta al operador

A.2.5.1. 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.

A.2.5.2. 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.

A.2.5.3. Las autoridades nacionales deberán poder leer esos registros con una herramienta de exploración.

A.2.5.4. En el expediente del fabricante que se establece en el anexo 1, se incluirá una descripción de la conexión con estos registros y del método para su lectura.

A.2.6. Supervisión de la retirada del sistema de postratamiento de partículas

A.2.6.1. 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.

A.2.7. Requisitos adicionales en el caso de un sistema de postratamiento de partículas que utilice un reactivo (p. ej., un catalizador disuelto en el combustible)

A.2.7.1. 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.

A.2.7.2. El sistema de alerta se activará cuando el nivel de reactivo del depósito se sitúe por debajo del valor mínimo especificado por el fabricante.

A.2.8. Fallos de supervisión atribuibles a la manipulación

A.2.8.1. 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 A.2.8.3 del presente anexo.

A.2.8.2. 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.

A.2.8.3. Supervisión de los fallos del sistema PCD

A.2.8.3.1. 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 A.2.6.1 y A.2.8.1, letra a) (supervisión de componentes), del presente anexo.

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.

A.2.8.3.2. 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 puntos A.1.6.1 y A.1.8.1, letra a) (sistema redundante), del presente anexo, 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.

A.2.9. Requisitos de demostración

A.2.9.1. Generalidades

Durante la homologación de tipo se demostrará que se cumplen los requisitos del presente apéndice, realizando, como se ilustra en el cuadro A.9-6 y se especifica en el punto A.2.9 del presente anexo, una demostración de la activación del sistema de alerta.

Cuadro A.9-6

Ilustración del contenido del proceso de demostración de conformidad con lo dispuesto en el punto A.2.9.3 del presente anexo

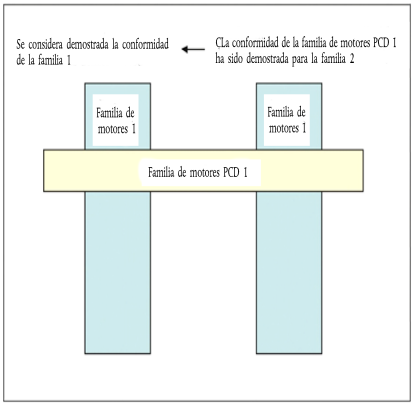
Mecanismo	Elementos de demostración
Activación del sistema de alerta especificada en el punto A.2.4.4 del presente anexo	— 2 ensayos de activación (incluida la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda

A.2.9.2. Familias de motores y familias de motores PCD

A.2.9.2.1. En caso de que los motores de una familia pertenezcan a una familia de motores PCD que ya haya sido homologada de tipo con arreglo al punto A.2.2.3.6 del presente anexo (figura A.9-8), 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 A.9-8

Conformidad previamente demostrada de una familia de motores PCD



A.2.9.3. Demostración de la activación del sistema de alerta

A.2.9.3.1. 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 A.2.6 o en el punto A.2.8.3 del presente anexo.

A.2.9.3.2. Selección de los fallos que se someterán a ensayo

A.2.9.3.2.1. El fabricante proporcionará a la autoridad de homologación de tipo una lista de dichos fallos potenciales.

A.2.9.3.2.2. El fallo que vaya a considerarse en el ensayo será seleccionado por la autoridad de homologación de tipo a partir de la lista contemplada en el punto A.2.9.3.2.1 del presente anexo.

A.2.9.3.3. Demostración

A.2.9.3.3.1. A efectos de esta demostración, se realizarán ensayos separados para la pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas del punto A.2.8.2 del presente anexo y para los fallos de los puntos A.2.6 y A.2.8.3 del presente anexo. La pérdida de la función del sistema de postratamiento de partículas se realizará retirando completamente el sustrato de la carcasa de dicho sistema.

A.2.9.3.3.2. Durante un ensayo no deberá haber ningún fallo distinto del fallo objeto del ensayo.

A.2.9.3.3.3. Antes de comenzar un ensayo deberán haberse borrado todos los DTC.

A.2.9.3.3.4. A petición del fabricante y con el consentimiento de la autoridad de homologación de tipo, podrán simularse los fallos objeto de ensayo.

A.2.9.3.3.5. Detección de los fallos

A.2.9.3.3.5.1. El sistema PCD responderá a la introducción de un fallo seleccionado según proceda por la autoridad de homologación de tipo 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 A.9-7.

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 A.9-7 para completar su tarea, y la autoridad de homologación de tipo 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 A.9-7

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

A.2.9.3.3.6. Ciclo de ensayo PCD

A.2.9.3.3.6.1. El ciclo de ensayo del sistema PCD considerado en el punto A.2.9 del presente anexo para demostrar el rendimiento correcto del sistema de supervisión del sistema de postratamiento de partículas es el ciclo NRTC 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.

A.2.9.3.3.6.2. A petición del fabricante, y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, 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:

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

b) que el ciclo de ensayo del sistema PCD aplicable especificado en el punto A.2.9.3.3.6.1 del presente anexo es menos apropiado para la supervisión en cuestión.

A.2.9.3.3.7 Configuración de la demostración de la activación del sistema de alerta

A.2.9.3.3.7.1. La demostración de la activación del sistema de alerta se realizará mediante ensayos sobre un banco de ensayo de motores.

A.2.9.3.3.7.2. 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 de tipo.

A.2.9.3.3.7.3. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, el fabricante podrá decidir que los ensayos de demostración se realicen, no obstante lo dispuesto en el punto A.2.9.3.3.7.1 del presente anexo, 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.

A.2.9.3.4. Se considerará demostrada la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme al punto A.2.9.3.3 del presente anexo, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada y el DTC correspondiente al fallo seleccionado tiene el estatus de «confirmado y activo».

A.2.9.3.5. 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.

A.2.9.3.6. Documentación de la demostración

A.2.9.3.6.1. Se creará un informe de demostración que documente 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 el anexo 1.

APÉNDICE A.3

DETALLES TÉCNICOS PARA LA PREVENCIÓN DE LA MANIPULACIÓN

A.3.1. En el caso de los tipos de motor y familias de motores que utilizan una ECU como parte del sistema de control de emisiones, el fabricante proporcionará a la autoridad de homologación de tipo una descripción de las medidas adoptadas para evitar la manipulación y la modificación de la ECU, incluido el método de actualización mediante un programa o una calibración autorizados por el fabricante.

A.3.2. En el caso de los tipos de motor y familias de motores que utilizan dispositivos mecánicos como parte del sistema de control de emisiones, el fabricante proporcionará a la autoridad de homologación de tipo una descripción de las medidas adoptadas para evitar la manipulación y la modificación de los parámetros ajustables del sistema de control de emisiones. Se incluirán los componentes resistentes a las manipulaciones, como las tapas del limitador del carburador o el sellado de los tornillos del carburador o tornillos especiales no ajustables por parte del usuario.

A.3.2.1. El fabricante demostrará al servicio técnico que los parámetros ajustables del sistema de control de emisiones no pueden manipularse fácilmente aplicando fuerzas razonables:

a) utilizando las herramientas suministradas con el motor; o bien

b) utilizando herramientas ordinarias como destornilladores, alicates (incluso de cortar) o llaves.

No se consideran herramientas ordinarias: la mayoría de herramientas de corte y amolado, los taladros y las cuchillas rotatorias, o herramientas que generen calor excesivo o llamas.

A.3.3. A efectos del presente apéndice, los motores pertenecientes a diferentes familias de motores también podrán agruparse en familias en función del tipo y el diseño de las medidas de prevención de la manipulación utilizadas. Para clasificar motores pertenecientes a diferentes familias de motores en la misma familia de motores en cuanto a la prevención de manipulaciones, el fabricante deberá demostrar a la autoridad de homologación de tipo que las medidas adoptadas para evitar la manipulación son similares. En este caso, los requisitos de los puntos A.3.1 y A.3.2 del presente anexo podrán aplicarse a un motor representativo y la documentación correspondiente podrá utilizarse durante la homologación de tipo de todos los motores de la misma familia de motores referente a la prevención de la manipulación.

A.3.4. Los fabricantes realizarán una advertencia en el manual del operador indicando que la manipulación del motor invalida la homologación de tipo de dicho motor.

ANEXO 10

PARÁMETROS PARA LA DEFINICIÓN DE LOS TIPOS Y FAMILIAS DE MOTORES Y SUS MODOS DE FUNCIONAMIENTO

1. TIPO DE MOTOR

Las características técnicas de un tipo de motor serán las que se definen en su ficha de características redactada de conformidad con el modelo que figura en el anexo 1.

1.1. Modo de funcionamiento (régimen de funcionamiento)

Un motor podrá recibir la homologación de tipo como motor de régimen constante o como motor de régimen variable, según se define en los puntos 2.1.11 y 2.1.95 del presente Reglamento.

1.1.1. Motores de régimen variable

1.1.1.1. En el caso de que, tal como se autoriza en el punto 1.1.7 del presente Reglamento, se utilice un motor de régimen variable de una categoría determinada en lugar de un motor de régimen constante de la misma categoría, el motor de referencia (a los efectos de la homologación de tipo) y todos los tipos de motor de la familia (a los efectos de la conformidad de la producción) deberán someterse a ensayo según el NRSC al régimen variable aplicable y, además, cuando así se exija, según el ciclo transitorio aplicable. No será necesario someter a ensayos adicionales con el NRSC al régimen constante aplicable a un motor de régimen variable de una categoría determinada utilizado en un funcionamiento a régimen constante de la misma categoría.

1.1.2. Motores de régimen constante

1.1.2.1. La función de regulación del régimen constante estará activada durante el funcionamiento a régimen constante. No será necesario que los reguladores de los motores de régimen constante mantengan permanentemente el régimen exactamente constante. El régimen puede disminuir por debajo del régimen con carga cero, de manera que el régimen mínimo se alcance cerca del punto de potencia máxima del motor. Generalmente se produce en el intervalo de 0,1 al 10 %.

1.1.2.2. En el caso de que el motor esté equipado con un régimen de ralentí para el arranque y la parada, el motor deberá instalarse de manera que se garantice que la función de regulación del régimen constante está activada antes de aumentar la demanda de carga al motor a partir de la posición sin carga.

1.1.2.3. Tipos de motor de régimen constante equipados con regímenes alternativos

Los motores de régimen constante no estarán diseñados para funcionar con un régimen variable. En caso de que el tipo de motor esté equipado con regímenes alternativos, deberán cumplirse los requisitos establecidos en el presente punto.

1.1.2.3.1. En caso de que el tipo de motor sea el motor de referencia, el motor deberá cumplir los valores límite aplicables cuando se le someta a ensayo con el ciclo de ensayo NRSC aplicable a cada régimen constante correspondiente al tipo de motor. Por cada NRSC se elaborarán informes de ensayo por separado, que se incluirán en el expediente de homologación.

1.1.2.3.2. En el caso de todos los tipos de motor pertenecientes a la familia de motores, el motor deberá cumplir los valores límite aplicables cuando se le someta al ensayo de emisiones en el marco de la conformidad de la producción, utilizando el ciclo de ensayo NRSC aplicable, a cada régimen constante aplicable al tipo de motor.

1.1.2.3.3. Cada régimen constante aplicable al tipo de motor que esté autorizado por el fabricante deberá figurar en el punto 3.2.1 del apéndice A.3 del anexo 1.

1.1.2.3.4. El motor se instalará de manera que se garantice lo siguiente:

a) que el motor se pare antes de reiniciar el regulador del régimen constante para pasar a un régimen alternativo; y

b) que el regulador de régimen constante solamente se ajuste a los regímenes alternativos autorizados por el fabricante del motor.

1.1.2.3.5. Las instrucciones destinadas al OEM y a los usuarios finales establecidas en los apéndices A.1 y A.2 del punto 6 del presente Reglamento incluirán información sobre la instalación correcta y el funcionamiento del motor con arreglo a los requisitos de los puntos 1.1.2.2 y 1.1.2.3 del presente anexo.

2. CRITERIOS RELATIVOS A LA FAMILIA DE MOTORES

2.1. Generalidades

Una familia de motores se caracteriza por sus parámetros de diseño. Estos serán comunes a todos los motores de la familia. El fabricante del motor podrá decidir qué motores pertenecen a una familia, siempre y cuando se cumplan los criterios de pertenencia indicados en el punto 2.4 del presente anexo. La familia de motores deberá ser aprobada por la autoridad de homologación de tipo. El fabricante pondrá a disposición de la autoridad de homologación de tipo la información adecuada sobre los niveles de emisiones de los miembros de la familia de motores.

2.2. Categorías de motores, modo de funcionamiento (régimen de funcionamiento) e intervalo de potencias

2.2.1. Una familia de motores solo incluirá tipos de motor de la misma categoría con arreglo a lo dispuesto en el punto 1.1 del presente Reglamento.

2.2.2. La familia de motores solo incluirá tipos de motor del mismo régimen de funcionamiento con arreglo a lo dispuesto en el apéndice 1 del presente Reglamento.

2.2.3. Familias de motores que incluyen más de un intervalo de potencias

2.2.3.1. Una familia de motores puede incluir más de un intervalo de potencias para el mismo régimen de funcionamiento y dentro de la misma (sub)categoría de motores. En consonancia con el punto 5.1.1 del presente Reglamento, en este caso el motor de referencia (a los efectos de la homologación de tipo) y todos los tipos de motor de la misma familia (a los efectos de la conformidad de la producción) deberán, en relación con los intervalos de potencias aplicables, cumplir los requisitos siguientes:

a) cumplir los valores límite de emisiones más estrictos;

b) ser sometidos a ensayo con los ciclos de ensayo que correspondan a los valores límite de emisiones más estrictos;

c) someterse a las fechas de aplicación más tempranas para la homologación de tipo y la introducción en el mercado definidas en el punto 12 del presente Reglamento.

Con el fin de mantener, cuando el motor está instalado en las máquinas móviles no de carretera, el principio del punto 5.1.1 del presente Reglamento, las instrucciones para los fabricantes establecidas en los apéndices A.1 y A.2 del punto 6 del presente Reglamento incluirán la mención de que la instalación no obligará permanentemente a un motor a proporcionar potencia solo dentro del intervalo de potencias de una subcategoría con un límite de emisiones más riguroso que la subcategoría en la que el motor recibió la homologación de tipo.

2.2.3.2. Para asignar una subcategoría para la homologación de tipo a una familia de motores que incluye más de un intervalo de potencias, el fabricante y la autoridad de homologación de tipo elegirán la subcategoría que refleje más fielmente los criterios establecidos en el punto 2.2.3.1 del presente anexo.

2.3. Casos particulares

2.3.1. Interacciones entre parámetros

En algunos casos puede existir interacción entre parámetros, lo que puede modificar las emisiones. Esto se tendrá en cuenta para garantizar que en una familia solo se incluyan motores con características similares en cuanto a emisiones de escape. El fabricante deberá identificar estos casos y notificarlos a la autoridad de homologación de tipo. Se tendrán en cuenta como criterio para la creación de una nueva familia de motores.

2.3.2. Dispositivos o características que influyen fuertemente en las emisiones.

En caso de dispositivos o características que no se contemplen en el punto 2.4 del presente anexo y que influyan fuertemente en el nivel de emisiones, el fabricante identificará este equipo aplicando las buenas prácticas técnicas y lo notificará a la autoridad de homologación de tipo. Se tendrán en cuenta como criterio para la creación de una nueva familia de motores.

2.3.3. Criterios adicionales

Además de los parámetros indicados en el punto 2.4 del presente anexo, el fabricante podrá introducir criterios adicionales que permitan la definición de familias de tamaño más reducido. Estos parámetros no deben tener necesariamente una influencia en el nivel de emisiones.

2.4. Parámetros que definen la familia de motores

2.4.1. Ciclo de combustión

a) Ciclo de 2 tiempos;

b) Ciclo de 4 tiempos;

c) Motor rotativo;

d) Otros.

2.4.2. Configuración de los cilindros

2.4.2.1. Posición de los cilindros en el bloque

a) monocilindro;

b) V;

c) En línea;

d) Opuestos;

e) En disposición radial;

f) Otras (en F, en W, etc.).

2.4.2.2. Posición relativa de los cilindros

Los motores con el mismo bloque pueden pertenecer a la misma familia si tienen la misma distancia entre centros de cilindros.

2.4.3. Principal medio refrigerante

a) Aire;

b) Agua;

c) Aceite.

2.4.4. Cilindrada unitaria

2.4.4.1. Motor con una cilindrada unitaria ≥ 750 cm^3

Para que los motores con una cilindrada unitaria ≥ 750 cm^3 se consideren de la misma familia, el abanico de sus cilindradas unitarias no superará en un 15 % la mayor cilindrada unitaria dentro de la familia.

2.4.4.2. Motor con una cilindrada unitaria < 750 cm^3

Para que los motores con una cilindrada unitaria < 750 cm^3 se consideren de la misma familia, el abanico de sus cilindradas unitarias no superará en un 30 % la mayor cilindrada unitaria dentro de la familia.

2.4.4.3. Motores con un mayor abanico de cilindradas unitarias

Previa aprobación de la autoridad de homologación de tipo, y no obstante lo dispuesto en los puntos 2.4.4.1 y 2.4.4.2 del presente anexo, podrá considerarse que los motores con una cilindrada unitaria que supere el abanico definido en dichos puntos pertenecen a la misma familia. La homologación se basará en elementos técnicos (cálculos, simulaciones, resultados experimentales, etc.) que demuestren que el hecho de exceder el abanico no influye de manera significativa en las emisiones de escape.

2.4.5. Método de aspiración del aire

a) Aspiración natural;

b) Sobrealimentación;

c) Sobrealimentación con sistema de refrigeración de la admisión.

2.4.6. Tipo de combustible

a) Diésel (gasóleo para máquinas móviles no de carretera);

b) Etanol para motores específicos de encendido por compresión (ED95);

c) Gasolina (E10);

d) Etanol (E85);

e) Gas natural/Biometano:

i) Combustible universal: de alto poder calorífico (gas H) y de bajo poder calorífico (gas L);

ii) Combustible restringido: de alto poder calorífico (gas H);

iii) Combustible restringido: de bajo poder calorífico (gas L);

iv) Específico (GNL);

f) Gas licuado del petróleo (GLP);

2.4.7. Alimentación de combustible

a) Solo combustible líquido;

b) Solo combustible gaseoso;

c) Combustible dual de tipo 1A;

d) Combustible dual de tipo 1B;

e) Combustible dual de tipo 2A;

f) Combustible dual de tipo 2B;

g) Combustible dual de tipo 3B.

2.4.8. Tipo/diseño de la cámara de combustión:

a) Cámara abierta;

b) Cámara dividida;

c) Otros.

2.4.9. Tipo de encendido

a) Encendido por chispa;

b) Encendido por compresión.

2.4.10. Válvulas y orificios

a) Configuración;

b) Número de válvulas por cilindro.

2.4.11. Tipo de alimentación de combustible

a) Bomba, inyector y línea (de alta presión);

b) Bomba en línea o de distribución;

c) Inyector unitario;

d) Raíl común;

e) Carburador;

f) Inyección en el orificio de admisión;

g) Inyección directa;

h) Mezclador;

i) Otros.

2.4.12. Dispositivos diversos

a) Recirculación del gas de escape (EGR);

b) Inyección de agua;

c) Inyección de aire;

d) Otros.

2.4.13. Estrategia de control electrónico

La presencia o ausencia de una ECU en el motor se considera un parámetro básico de la familia.

En el caso de motores controlados electrónicamente, el fabricante presentará los elementos técnicos que justifican la agrupación de los motores en una familia, es decir, los motivos por los que cabe esperar que esos motores cumplan los mismos requisitos sobre emisiones.

No es necesario que los motores con regulación electrónica de régimen y aquellos con regulación mecánica pertenezcan a familias diferentes. La necesidad de separar los motores electrónicos de los motores mecánicos solo se debería aplicar a las características de la inyección de combustible, como el avance, la presión, la curva de variación, etc.

2.4.14. Sistemas de postratamiento del gas de escape

La función y la combinación de los dispositivos siguientes se consideran un criterio de pertenencia a una familia de motores:

a) Catalizador de oxidación;

b) Sistema de reducción de NO_X con reducción selectiva de NO_X (adición de agente reductor);

c) Otros sistemas de reducción de NO_X;

d) Sistema de postratamiento de partículas con regeneración pasiva:

i) De flujo de pared;

ii) No de flujo de pared;

e) Sistema de postratamiento de partículas con regeneración activa:

i) De flujo de pared;

ii) No de flujo de pared;

f) Otros sistemas de postratamiento de partículas:

g) Otros dispositivos.

Cuando un motor ha sido certificado sin sistema de postratamiento de gases de escape, bien como motor de referencia o como miembro de una familia de motores, si está equipado con un catalizador de oxidación (no con sistema de postratamiento de partículas), puede incluirse en la misma familia de motores si no precisa características de combustible diferentes.

Si precisa características de combustible específicas (por ejemplo, sistemas de postratamiento de partículas que requieran aditivos especiales en el combustible para garantizar el proceso de regeneración), la decisión de incluirlo en la misma familia de motores se basará en elementos técnicos que indique el fabricante. Esos elementos indicarán que el nivel de emisiones previsto del motor equipado con el catalizador respeta el mismo límite que el motor sin catalizador.

Cuando un motor ha sido certificado con un sistema de postratamiento de gases de escape, bien como motor de referencia o como miembro de una familia de motores cuyo motor de referencia está equipado con el mismo sistema de postratamiento, no se incluirá en la misma familia de motores si no está equipado con el sistema de postratamiento de gases de escape.

2.4.15. Motores de combustible dual

Todos los tipos de motor de una familia de motores de combustible dual pertenecerán al mismo tipo de motores de combustible dual definido en el punto 2 del anexo 7 del presente Reglamento (p. ej., tipo 1A, tipo 2B, etc.) y funcionarán con los mismos tipos de combustible o, cuando proceda, con los combustibles que sean declarados pertenecientes a las mismas clases conforme al presente Reglamento.

Además de pertenecer al mismo tipo de combustible dual, tendrán un coeficiente energético del gas máximo en el ciclo de ensayo aplicable (GER_{cycle}) comprendido entre el 70 y el 100 % del correspondiente al tipo de motor con el GER_{cycle} más elevado.

2.4.16. Reservado

2.4.17. Categoría relativa al período de durabilidad de las emisiones (EDP)

En el caso de motores de las categorías del cuadro 21 o 22 del apéndice 3 del presente Reglamento que tengan valores alternativos para el EDP, la categoría EDP declarada por el fabricante:

a) Categoría 1 (productos de consumo);

b) Categoría 2 (productos semiprofesionales);

c) Categoría 3 (productos profesionales).

3. ELECCIÓN DEL MOTOR DE REFERENCIA

3.1. Generalidades

3.1.1. Una vez que la autoridad de homologación de tipo haya aprobado la familia de motores, el principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será el de tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de par máximo declarado. En caso de que dos o más motores cumplan ese criterio principal, se seleccionará como motor de referencia aquel que cumpla el criterio secundario, a saber, tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen nominal.

3.1.2. La autoridad de homologación de tipo podrá concluir que la mejor manera de determinar la tasa de emisiones de la familia de motores en el caso más desfavorable es sometiendo a ensayo un motor distinto o un motor adicional. En ese caso, las partes implicadas tendrán la información adecuada para determinar qué motores de la familia tienen probabilidad de tener el nivel de emisiones más alto.

3.1.3. Si otros motores de la familia poseen otras características variables que pueden considerarse que afectan a las emisiones de escape, dichas características también deberán determinarse y tomarse en consideración para la selección del motor de referencia.

3.1.4. Para la selección del motor de referencia se tendrá en cuenta si algunos motores de la familia cumplen los mismos valores de emisiones en distintos periodos de durabilidad de las emisiones.

3.2. Caso particular

Para seleccionar el motor de referencia, en el caso de una familia de motores de régimen constante que contenga uno o más tipos de motor con otros regímenes constantes según lo establecido en el punto 1.1.2.3 del presente anexo, la evaluación de los requisitos del punto 3.1 del presente anexo se aplicará a cada régimen constante de cada tipo de motor.