

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/wp29fdocsts.html>

Reglamento nº 96 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los motores de encendido por compresión (EC) con los que se equipen los tractores agrícolas y forestales y máquinas móviles no de carretera en lo que respecta a las emisiones de contaminantes por el motor

Incorpora todos los textos válidos hasta:

la serie 04 de enmiendas. Fecha de entrada en vigor: 13 de febrero de 2014

ÍNDICE

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

ANEXOS

- 1A Ficha de características nº ... referente a la homologación CE y a las medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna con los que se equipen las máquinas móviles no de carretera
 - Apéndice 1: — Características esenciales del motor (de referencia)
 - Apéndice 2: — Características esenciales de la familia de motores
 - Apéndice 3: — Características esenciales de los tipos de motor de la familia
- 1B Características de la familia de motores y elección del motor de referencia
- 2 Comunicación
 - Apéndice 1: — Resultados del ensayo
- 3 Disposiciones relativas a las marcas de homologación

- 4A Método para determinar las emisiones de gases y partículas contaminantes
- Apéndice 1: — Procedimientos de medición y de muestreo (NRSC, NRTC)
- Apéndice 2: — Procedimiento de calibración (NRSC, NRTC)
- Apéndice 3: — Evaluación de los datos y cálculos
- Apéndice 4: — Sistema de análisis y muestreo
- 4B Procedimiento de ensayo para los motores de encendido por compresión con que se equipen los tractores agrícolas y forestales y las máquinas móviles no de carretera en lo que respecta a las emisiones de contaminantes por el motor
- Apéndice A.1: (reservado)
- Apéndice A.2: — Estadísticas
- Apéndice A.3: — Ecuación internacional de la gravedad de 1980
- Apéndice A.4: — Verificación del flujo de carbono
- Apéndice A.5: (reservado)
- Apéndice A.6: (reservado)
- Apéndice A.7: — Cálculos de emisiones con base molar
- Apéndice A.7.1: — Calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)
- Apéndice A.7.2: — Corrección de la desviación
- Apéndice A.8: — Cálculos de emisiones con base másica
- Apéndice A.8.1: — Calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)
- Apéndice A.8.2: — Corrección de la desviación
- 5 Ciclos de ensayo
- 6 Características técnicas del combustible de referencia prescritas para los ensayos de homologación y para la verificación de la conformidad de la producción
- 7 Especificaciones de instalación de los equipos y accesorios
- 8 Requisitos de durabilidad
- 9 Requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x
- Apéndice 1: — Requisitos de demostración
- Apéndice 2: — Descripción de los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al maquinista y de la inducción del maquinista
- Apéndice 3: — Demostración de la concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min}
- 10 Determinación de las emisiones de CO₂
- Apéndice 1: — Determinación de las emisiones de CO₂ para los motores de las bandas de potencia hasta P
- Apéndice 2: — Determinación de las emisiones de CO₂ para los motores de las bandas de potencia Q y R
1. ÁMBITO DE APLICACIÓN
- El presente Reglamento se aplicará a la emisión de gases y partículas contaminantes de los motores EC:
- 1.1. Utilizados en los vehículos de la categoría T ⁽¹⁾ con una potencia neta instalada superior a 18 kW pero inferior a 560 kW.
- 1.2. Utilizados en máquinas móviles no de carretera ⁽¹⁾ con una potencia neta instalada superior a 18 kW pero inferior a 560 kW, que funcionen a régimen variable.
- 1.3. Utilizados en máquinas móviles no de carretera ⁽¹⁾ con una potencia neta instalada superior a 18 kW pero inferior a 560 kW, que funcionen a régimen constante.

⁽¹⁾ Con arreglo a la definición que figura en la Resolución consolidada sobre la fabricación de vehículos (R.E.3)(ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, apartado 2) - www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

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

- 2.1.1. «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).
- 2.1.2. «Ciclo de envejecimiento»: operación de la máquina o del motor (velocidad, carga, potencia) que debe efectuarse durante el período de rodaje.
- 2.1.3. «Límites de emisión aplicables», los límites de emisiones a los que está sujeto un motor.
- 2.1.4. «Homologación de un motor», la homologación de un tipo o familia de motores en lo que se refiere al nivel de emisión de gases y partículas contaminantes por el motor.
- 2.1.5. «Condensación acuosa», la precipitación de componentes que contienen agua de una fase gaseosa a una fase líquida. 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 según 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.
- 2.1.6. «Presión atmosférica», la presión estática atmosférica húmeda y absoluta. Téngase en cuenta que si la presión atmosférica se mide en un conducto, se producirán unas pérdidas de presión despreciables 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.
- 2.1.7. «Calibración», el proceso de establecimiento de la respuesta de un sistema de medición de manera que el resultado concuerde con una serie de señales de referencia. Se ha de diferenciar de «verificación».
- 2.1.8. «Gas de calibración», la mezcla purificada de gases que se utiliza para calibrar los analizadores de gases. Los gases de calibración deberán cumplir las especificaciones del apartado 9.5.1 del anexo 4B. Téngase en cuenta que los gases de calibración y los gases patrón coinciden cualitativamente, pero difieren en términos de su función principal. Las diferentes comprobaciones para la verificación de los resultados de los analizadores de gases y los componentes de los sistemas de manipulación de muestras se pueden referir a los gases de calibración o a los gases patrón.
- 2.1.9. «Motor de encendido por compresión (EC)», un motor que funcione según el principio de encendido por compresión (p. ej., un motor diésel).
- 2.1.10. «Código de problema de diagnóstico (DTC) confirmado y activo»: DTC almacenado en el tiempo en que el sistema NCD concluye que existe un mal funcionamiento.
- 2.1.11. «Motor de régimen constante», un motor cuya homologación o certificación se limite al funcionamiento a régimen constante. Los motores en los que se suprime o desactiva la función del regulador del régimen constante dejan de ser motores de régimen constante.
- 2.1.12. «Funcionamiento a régimen constante», el funcionamiento de un motor dotado de un regulador automático de la demanda del operador de mantener el régimen del motor, incluso con carga variable. Los reguladores no siempre mantienen 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.
- 2.1.13. «Regeneración continua», el proceso de regeneración de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce ya sea de manera sostenida, ya un mínimo de una vez durante el ciclo de ensayo transitorio aplicable o el ciclo modal con aumentos, en contraposición a la regeneración periódica (infrecuente).
- 2.1.14. «Eficiencia de la conversión del separador no metánico (NMC), E», la eficiencia de la conversión de un NMC que se utiliza para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestra mediante la oxidación de todos los hidrocarburos salvo el metano. Idealmente, la conversión es del 0 % para el metano ($E_{\text{CH}_4} = 0$) y del 100 % para el resto de los hidrocarburos representados por el etano ($E_{\text{C}_2\text{H}_6} = 100$). Para medir con precisión los NMHC, será preciso determinar las dos eficiencias y utilizarlas para calcular el caudal másico de emisión de NMHC para el metano y el etano. Se ha de diferenciar de «fracción de penetración».
- 2.1.15. «Componentes esenciales relacionados con las emisiones», componentes concebidos fundamentalmente para el control de las emisiones, a saber, cualquier sistema de postratamiento del gas de escape, la ECU y sus sensores y actuadores relacionados, y el sistema de recirculación del gas de escape (EGR), incluidos todos los filtros, refrigeradores, válvulas de control y tubos relacionados.

- 2.1.16. «Mantenimiento esencial relacionado con las emisiones», el mantenimiento que debe llevarse a cabo en los componentes esenciales relacionados con las emisiones.
- 2.1.17. «Tiempo de retraso», el tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, la sonda de muestreo, hasta que la respuesta del sistema sea el 10 % del valor medido final (t_{10}). Para los componentes gaseosos, es el tiempo de transporte del componente medido desde la sonda de muestreo hasta el detector (véase la figura 3.1).
- 2.1.18. «Sistema de reducción de NO_x », un sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) (por ejemplo, existen catalizadores activos y pasivos de NO_x pobres, adsorbentes de NO_x y sistemas de reducción catalítica selectiva [SCR]).
- 2.1.19. «Punto de rocío», una 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.
- 2.1.20. «Código de problema de diagnóstico (DTC)», identificador numérico o alfanumérico que identifica o describe un mal funcionamiento del control de NO_x .
- 2.1.21. «Modo discreto», el tipo de modo discreto de un ensayo en estado continuo, descrito en el apartado 7.4.1.1 del anexo 4B y en el anexo 5.
- 2.1.22. «Desviación», la 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.
- 2.1.23. «Unidad de control electrónico», un dispositivo electrónico del motor que utiliza datos procedentes de los sensores del motor para controlar los parámetros de este.
- 2.1.24. «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.
- 2.1.25. «Estrategia de control de emisiones», la combinación de un sistema de control de emisiones con una estrategia básica de control de emisiones y un conjunto de estrategias auxiliares de control de emisiones, incorporada en el diseño general de un motor o de las máquinas móviles no de carretera en las que se instala el motor.
- 2.1.26. «Período de durabilidad de la emisión», el número de horas indicado en el anexo que se utiliza para determinar los factores de deterioro.
- 2.1.27. «Mantenimiento relacionado con las emisiones», mantenimiento que afecta sustancialmente a las emisiones o que es probable que afecte al deterioro del comportamiento relativo a las emisiones del vehículo o del motor en uso normal.
- 2.1.28. «Familia de motores-sistemas de postratamiento», agrupación, por parte de un 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 del gas de escape.
- 2.1.29. «Familia de motores», un conjunto de motores, definido por el fabricante, que cumplen los requisitos del apartado 7 del presente Reglamento y de los cuales, por su diseño, se espera que tengan características similares en relación con las emisiones de gas de escape.
- 2.1.30. «Régimen de regulación del motor», el régimen de funcionamiento del motor cuando está regulado por el regulador instalado.
- 2.1.31. «Sistema de motor», el motor, el sistema de control de emisiones y la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre las unidades de control electrónico del sistema de motor (ECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o vehículo.
- 2.1.32. «Tipo de motor», una categoría de motores que no difieren entre sí en aspectos esenciales como las características descritas en los apartados 1 a 4 del anexo 1A, apéndice 3, del presente Reglamento.
- 2.1.33. «Sistema de postratamiento del gas de escape», un catalizador, un filtro de partículas, un sistema de reducción de NO_x , un sistema combinado de reducción de NO_x /filtro de partículas o cualquier otro dispositivo de reducción de emisiones que se instale después del motor. Esta definición excluye la recirculación del gas de escape y los turbocompresores, que se consideran parte integrante del motor.

- 2.1.34. «Recirculación del gas de escape», una tecnología que reduce las emisiones dirigiendo los gases de escape procedentes de las cámaras de combustión de vuelta al motor, donde se mezclarán con el aire entrante antes de la combustión o en el transcurso de esta. El uso de un regulador de la válvula para aumentar la cantidad de gas de escape residual en las cámaras de combustión mezclado con el aire entrante antes de la combustión o en el transcurso de esta no se considera recirculación del gas de escape a los fines del presente Reglamento.
- 2.1.35. «Método de dilución de flujo total», el proceso de mezcla de todo el flujo de escape con aire de dilución antes de separar una parte de la corriente de escape diluido para analizarlo.
- 2.1.36. «Gases contaminantes», el monóxido de carbono, los hidrocarburos (supuesta una relación de $C_1H_{1,85}$) y los óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalencia de dióxido de nitrógeno (NO_2).
- 2.1.37. «Buenas prácticas técnicas», las prácticas coherentes con los principios científicos y de ingeniería generalmente aceptados y la información pertinente disponible.
- 2.1.38. «Filtro HEPA», un 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 u otra equivalente.
- 2.1.39. «Hidrocarburo (HC)», THC o NMHC, según corresponda. Por lo general, se entiende por hidrocarburo el grupo de los hidrocarburos en los que se basan los niveles de emisión de cada tipo de combustible y de motor.
- 2.1.40. «Régimen alto (n_{hi})», el régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia nominal (anexo 4A) o la potencia máxima (anexo 4B).
- 2.1.41. «Régimen de ralentí», 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.
- 2.1.42. «Régimen intermedio», el régimen del motor que cumple uno de los requisitos siguientes:
- a) Para los motores destinados a funcionar dentro de un determinado intervalo de regímenes, en una curva de par a plena carga, el régimen intermedio será la velocidad de par máximo declarada si esta se encuentra entre el 60 % y el 75 % del régimen nominal;
 - b) Si la velocidad de par máximo declarada es inferior al 60 % del régimen nominal, el régimen intermedio será el 60 % del régimen nominal;
 - c) Si la velocidad de par máximo declarada es superior al 75 % del régimen nominal, el régimen intermedio será el 75 % del régimen nominal.
- 2.1.43. «Linealidad», el grado en que los valores medidos concuerdan con sus respectivos valores de referencia. La linealidad se cuantifica mediante la regresión lineal de pares de valores medidos y valores de referencia a lo largo de una serie de valores previstos u observados durante el ensayo.
- 2.1.44. «Régimen bajo (n_{hi})», el régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 50 % de la potencia nominal (anexo 4A) o la potencia máxima (anexo 4B).
- 2.1.45. «Potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$)», la potencia máxima en kW declarada por el fabricante.
- 2.1.46. «Régimen del par máximo», el régimen del motor al que se obtiene el par máximo de acuerdo con lo especificado por el fabricante.
- 2.1.47. «Media de una cantidad» basada en los valores medios ponderados por el flujo, el nivel medio de una cantidad tras ponderarla de manera proporcional al caudal correspondiente.
- 2.1.48. «Familia de motores NCD»: agrupación, realizada por un fabricante, de sistemas de motor que utilicen métodos comunes de supervisión/diagnóstico de los casos de NCM.
- 2.1.49. «Potencia neta», la potencia en «kW CEPE» 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° 120 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.

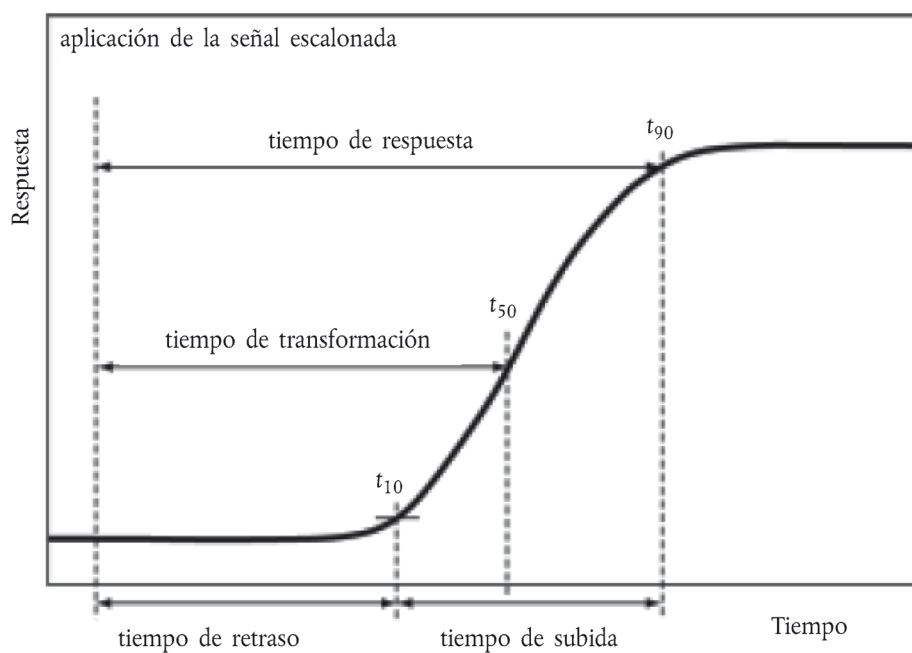
- 2.1.50. «Mantenimiento no relacionado con las emisiones», mantenimiento que no afecta sustancialmente a las emisiones y que no tiene un efecto duradero sobre el deterioro del comportamiento relativo a las emisiones de la máquina o del motor en uso normal una vez efectuado el mantenimiento.
- 2.1.51. «Hidrocarburos no metánicos (NMHC)», el conjunto de todas las especies de hidrocarburos excepto el metano.
- 2.1.52. «Sistema de diagnóstico del control de NO_x (NCD)»: sistema a bordo del motor que es capaz de:
- a) detectar un mal funcionamiento del control de NO_x ;
 - b) identificar la posible causa de los malos funcionamientos del control de NO_x mediante información almacenada en una memoria informática y/o comunicar dicha información a un sistema exterior.
- 2.1.53. «Mal funcionamiento del control de NO_x (NCM)», intento de manipular el sistema de control de NO_x de un motor o mal funcionamiento que afecta a dicho sistema que puede deberse a una manipulación, y que, según el presente Reglamento, requieren la activación de una alerta o un sistema de inducción una vez detectados.
- 2.1.54. «Emisiones del cárter», cualquier flujo del cárter de un motor liberado directamente al medio ambiente.
- 2.1.55. «Demanda del operador», la intervención del operador destinada a controlar la potencia del motor. El operador puede ser una persona (intervención manual) o un regulador (intervención automática) que envía mecánica o electrónicamente una señal al motor que le exige una determinada potencia. Dicha señal puede proceder de una acción sobre el pedal del acelerador, la palanca de mando de los gases, la palanca de mando del combustible, la palanca de mando de la velocidad o de un punto de consigna del regulador, o de una señal de mando electrónica correspondiente que sustituya a cada una de estas acciones.
- 2.1.56. «Óxidos de nitrógeno», los compuestos que solo contienen nitrógeno y oxígeno medidos por los procedimientos especificados en el presente Reglamento. Los óxidos de nitrógeno se expresan cuantitativamente como si el NO se encontrara en forma de NO_2 , por lo cual se usa una masa molar efectiva para todos los óxidos de nitrógeno equivalente a la del NO_2 .
- 2.1.57. «Motor de referencia», un motor seleccionado de una familia de motores de modo que sus características en cuanto a emisiones sean representativas de dicha familia de motores y que cumpla los requisitos establecidos en el anexo 1B del presente Reglamento.
- 2.1.58. «Presión parcial», la presión, p , atribuible a un único gas en una mezcla de gases. En un gas ideal, la presión parcial dividida por la presión total es igual a la concentración molar del componente, x .
- 2.1.59. «Dispositivo de postratamiento de partículas», un sistema de postratamiento de emisiones de escape diseñado para reducir las emisiones de partículas contaminantes mediante una separación mecánica, aerodinámica, por difusión o inercial.
- 2.1.60. «Método de dilución de flujo parcial», el proceso por el que se separa una parte del flujo de escape total y, a continuación, se mezcla con una cantidad adecuada de aire de dilución antes del filtro de muestreo de partículas.
- 2.1.61. «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).
- 2.1.62. «Fracción de penetración (PF)», la desviación del funcionamiento ideal de un separador no metánico (véase «Eficiencia de la conversión de un separador no metánico [NMC] E»). Un separador no metánico ideal tendría una fracción de penetración del metano, PF_{CH_4} , de 1,000 (es decir, una eficiencia de conversión del metano, E_{CH_4} , de 0) y la fracción de penetración de todos los hidrocarburos restantes sería de 0,000, representada como $\text{PF}_{\text{C}_2\text{H}_6}$ (es decir, una eficiencia de conversión del etano, $\text{E}_{\text{C}_2\text{H}_6}$, de 1). La relación es:
- $$\text{PF}_{\text{CH}_4} = 1 - \text{E}_{\text{CH}_4} \text{ y } \text{PF}_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1 - \text{E}_{\text{C}_2\text{H}_6};$$
- 2.1.63. «Porcentaje de carga», la proporción del par máximo disponible a un régimen del motor determinado.
- 2.1.64. «Regeneración periódica (o infrecuente)», el proceso de regeneración de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce periódicamente en menos de 100 horas de funcionamiento normal del motor. Durante los ciclos en los que se produce la regeneración, pueden superarse los límites de emisión.

- 2.1.65. «Comercialización», la puesta a disposición de un producto cubierto por el presente Reglamento en el mercado de un país que aplique el presente Reglamento, a título oneroso o gratuito, con vistas a su distribución o uso en ese país.
- 2.1.66. «Sonda», la primera sección del conducto de transferencia que transfiere la muestra al siguiente componente del sistema de muestreo.
- 2.1.67. «PTFE», politetrafluoretileno, vulgarmente conocido como Teflón™.
- 2.1.68. «Ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos», un ciclo de ensayo consistente en una secuencia de modos de ensayo del motor en condiciones estables con criterios definidos de régimen y de par en cada modo y aumentos definidos entre esos modos.
- 2.1.69. «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 máxima del motor, tal como lo diseñe el fabricante.
- 2.1.70. «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.
- 2.1.71. «Regeneración», un acto en el transcurso del cual los niveles de emisiones cambian mientras que los resultados postratamiento se recuperan de manera intencionada. Se pueden producir dos tipos de regeneración: la regeneración continua (véase el apartado 6.6.1 del anexo 4B) y la regeneración infrecuente (periódica) (véase el apartado 6.6.2 del anexo 4B).
- 2.1.72. «Tiempo de respuesta», el tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, la sonda de muestreo, hasta que la respuesta del sistema alcance el 90 % del valor medido (t_{90}), mediante el cual el cambio del componente medido es, al menos, del 60 % del fondo de escala (FS) y los dispositivos de conmutación se deben especificar de modo que la conmutación se produzca en menos de 0,1 s. El tiempo de respuesta del sistema consiste en el tiempo de retraso del sistema y el tiempo de subida del sistema.
- 2.1.73. «Tiempo de subida», el tiempo transcurrido entre las respuestas al 10 % y al 90 % del valor medido final ($t_{90} - t_{10}$).
- 2.1.74. «Herramienta de exploración», equipo de ensayo externo utilizado para establecer una comunicación externa con el sistema NCD.
- 2.1.75. «Programa de rodaje», el ciclo de envejecimiento y el periodo de rodaje utilizados para determinar los factores de deterioro de la familia de motores-sistemas de postratamiento.
- 2.1.76. «Medidor compartido de la presión atmosférica», un medidor de la presión atmosférica cuyos resultados se usan como presión atmosférica de todo un laboratorio que tenga más de una celda de ensayo dinamométrico.
- 2.1.77. «Medición compartida de la humedad», una medición de la humedad que se usa como la humedad de todo un laboratorio que tenga más de una celda de ensayo dinamométrico.
- 2.1.78. «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.
- 2.1.79. «Gas patrón», una mezcla purificada de gases que se utiliza para ajustar los analizadores de gases. Los gases patrón deberán cumplir las especificaciones del apartado 9.5.1. Téngase en cuenta que los gases de calibración y los gases patrón coinciden cualitativamente, pero difieren en términos de su función principal. Las diferentes comprobaciones para la verificación de los resultados de los analizadores de gases y los componentes de los sistemas de manipulación de muestras se pueden referir a los gases de calibración o a los gases patrón.
- 2.1.80. «Emisiones específicas», las emisiones máscas expresadas en g/kWh.
- 2.1.81. «Independiente», que no depende de nada.
- 2.1.82. «Estado continuo», el relativo a los ensayos de emisiones en los que el régimen y la carga del motor se mantienen en un conjunto finito de valores nominalmente constantes. Los ensayos de modo discreto o los ensayos modales con aumentos son ensayos en estado continuo.
- 2.1.83. «Estequiométrico», relativo a la relación particular existente entre aire y combustible, de manera que si el combustible se oxidase completamente, no quedaría ni combustible ni oxígeno.

- 2.1.84. «Medio de almacenamiento», un filtro de partículas, bolsa de muestreo o cualquier otro dispositivo de almacenamiento utilizado para el muestreo por lotes.
- 2.1.85. «Ciclo de ensayo», una secuencia de puntos de ensayo, cada uno de ellos con un régimen y un par determinados, que debe seguir el motor en estado continuo o de transición. Los ciclos de ensayo se especifican en el anexo 5. Un solo ciclo de ensayo puede constar de uno o más intervalos de ensayo.
- 2.1.86. «Intervalo de ensayo», el tiempo durante el cual se determinan las emisiones específicas del freno. Si un ciclo de ensayo abarca varios intervalos de ensayo, el Reglamento puede especificar cálculos adicionales que ponderen y combinen los resultados para obtener valores compuestos que comparar con los límites de emisiones aplicables.
- 2.1.87. «Tolerancia», el intervalo en el cual deberá estar comprendido el 95 % de un conjunto de valores registrados de una cierta cantidad, mientras que el 5 % restante de los valores registrados se desvía del intervalo de tolerancia. Las frecuencias de registro e intervalos especificados se utilizarán para determinar si una cantidad se encuentra dentro de la tolerancia aplicable.
- 2.1.88. «Hidrocarburos totales, THC», la masa combinada de compuestos orgánicos medida mediante el procedimiento especificado para la medición de los hidrocarburos totales, expresada como un hidrocarburo con una relación másica entre hidrógeno y carbono de 1,85:1.
- 2.1.89. «Tiempo de transformación», el tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, la sonda de muestreo, hasta que la respuesta del sistema sea el 50 % del valor medido final (t_{50}). El tiempo de transformación se utiliza para el alineamiento de señales de distintos instrumentos de medición. Véase la figura 3.1.
- 2.1.90. «Ciclo de ensayo transitorio», un ciclo de ensayo con una secuencia de valores de régimen y de par normalizados que varían con relativa rapidez en el tiempo (NRTC).
- 2.1.91. «Homologación», la homologación de un motor en lo que respecta a sus emisiones medidas con arreglo a los procedimientos especificados en el presente Reglamento.
- 2.1.92. «Actualización-registro», la frecuencia en la que el analizador aporte valores nuevos, actualizados.
- 2.1.93. «Vida útil», la distancia o el tiempo pertinente en los que debe garantizarse el cumplimiento de los límites aplicables de emisiones de gases y partículas.
- 2.1.94. «Motor de régimen variable», un motor que no es de régimen constante.
- 2.1.95. «Verificación», la 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».
- 2.1.96. «A cero», el ajuste de un instrumento de manera que dé una respuesta de cero a un patrón de calibración cero, como el nitrógeno purificado o el aire purificado para medir las concentraciones de los componentes de las emisiones.
- 2.1.97. «Gas de cero», un gas que produce una respuesta de cero en un analizador. Puede ser nitrógeno purificado, aire purificado o una combinación de aire purificado y nitrógeno purificado.

Figura 1

Definiciones de la respuesta del sistema: tiempo de retraso (apartado 2.1.17), tiempo de respuesta (apartado 2.1.72), tiempo de subida (apartado 2.1.73) y tiempo de transformación (apartado 2.1.89)



2.2. Símbolos y abreviaturas

2.2.1. Símbolos

Los símbolos se explican en el anexo 4A, apartado 1.4, y en el anexo 4B, apartado 3.2, respectivamente.

2.2.2. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos

Ar:	Argón
C ₁ :	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
CH ₄ :	Metano
C ₂ H ₆ :	Etano
C ₃ H ₈ :	Propano
CO:	Monóxido de carbono
CO ₂ :	Dióxido de carbono
DOP:	Ftalato de dioctilo
H:	Hidrógeno atómico
H ₂ :	Hidrógeno molecular
HC:	Hidrocarburo
H ₂ O:	Agua
He:	Helio
N ₂ :	Nitrógeno molecular
NMHC:	Hidrocarburo no metánico
NO _x :	Óxidos of nitrógeno
NO:	Óxido nítrico

NO₂: Dióxido de nitrógeno

O₂: Oxígeno

PM: Partículas

PTFE: Politetrafluoretileno

S: Azufre

THC: Hidrocarburo total

2.2.3. Abreviaturas

ASTM: American Society for Testing and Materials

BMD: Minidiluidor de bolsa

BSFC: Consumo de combustible específico del freno

CFV: Venturi de flujo crítico

CLD: Detector quimioluminiscente

CVS: Muestreo de volumen constante

DeNO_x: Sistema de postratamiento de NO_x

DF: Factor de deterioro EC Encendido por compresión

ECM: Módulo de regulación electrónica

EFC: Control de flujo electrónico

EGR: Recirculación del gas de escape

FID: Detector de ionización de llama %FS Porcentaje del fondo de escala

GC: Cromatógrafo de gases GLP Gas licuado de petróleo

HCLD: Detector quimioluminiscente calentado

HFID: Detector de ionización de llama calentado

IBP: Punto inicial de ebullición

ISO: Organización Internacional de Normalización

NDIR: Analizador de infrarrojos no dispersivo

NDUV: Analizador de ultravioletas no dispersivo

NIST: US National Institute for Standards and Technology

NMC: Separador de hidrocarburos no metánicos

PDP: Bomba de desplazamiento positivo

PFD: Dilución de flujo parcial

PFS: Sistema de flujo parcial

PTFE: Politetrafluoretileno (vulgarmente conocido como Teflón TM)

RMC: Ciclo modal con aumentos

RMS: Media cuadrática

RTD: Detector resistivo de temperatura

SAE: Society of Automotive Engineers

SSV: Venturi subsónico

UCL: Límite de confianza superior

UFM: Caudalímetro ultrasónico

3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN

3.1. Solicitud de homologación de un motor como unidad técnica independiente

3.1.1. La solicitud de homologación de un 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.

3.1.2. Deberá ir acompañada de los documentos que se mencionan a continuación, por triplicado, así como de los elementos siguientes:

Una descripción del tipo de motor que incluya los detalles mencionados en el anexo 1A del presente Reglamento y, si procede, los detalles de la familia de motores mencionados en el anexo 1B del presente Reglamento.

3.1.3. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación indicados en el apartado 5 un motor que se ajuste a las características del tipo de motor descritas en el anexo 1A. Si el servicio técnico determina que el motor presentado no representa plenamente la familia de motores descrita en el anexo 1A, apéndice 2, se someterá a ensayo un motor alternativo y, en caso necesario, un motor adicional, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 5.

4. HOMOLOGACIÓN

4.1. Si el motor presentado a homologación con arreglo al apartado 3.1 del presente Reglamento cumple los requisitos del apartado 5.2, se concederá la homologación del tipo de motor o la familia de motores.

4.2. Se asignará un número de homologación a cada tipo o familia homologado, cuyas dos primeras cifras indicarán la serie de enmiendas que incluyen las últimas modificaciones técnicas importantes del Reglamento en el momento de la concesión de la homologación. La misma Parte Contratante no asignará el mismo número a otro tipo de motor o familia de motores.

4.3. La homologación, su extensión o denegación, así como el cese definitivo de la producción de un tipo de motor o 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 impreso 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.

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

4.4.1. Un círculo con la letra «E» en su interior, seguido del número que identifica al país que ha concedido la homologación ⁽¹⁾;

4.4.2. El número del presente Reglamento, seguido de la letra «R», un guión y el número de homologación a la derecha del círculo establecido en el apartado 4.4.1;

4.4.3. Un símbolo adicional, consistente en dos letras, la primera de las cuales será una letra de la D a la R que indica el nivel de emisiones (apartado 5.2.1) para el que se ha homologado el motor o la familia de motores, mientras que la segunda letra será bien la A, si la familia de motores está certificada para el funcionamiento a régimen variable, bien la letra B si la familia de motores está certificada para el funcionamiento a régimen constante.

4.5. 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 apartado 4.4.2.

⁽¹⁾ 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.2/Amend.1 - www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 4.6. La marca de homologación deberá figurar en la placa de datos colocada por el fabricante, o cerca de ella.
- 4.7. El anexo 3 del presente Reglamento ofrece ejemplos de disposición de las marcas de homologación.
- 4.8. Además de la marca de homologación, el motor homologado como unidad técnica llevará:
- 4.8.1. La marca de fábrica o el nombre comercial del fabricante del motor;
- 4.8.2. El código de motor del fabricante.
- 4.9. Estas inscripciones serán claramente legibles e indelebles.

5. ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS

5.1. Aspectos generales

Los componentes que puedan afectar a la emisión de gases y partículas contaminantes deberán estar diseñados, contruidos y montados de manera que permitan al motor, en utilización normal y a pesar de las vibraciones a que pueda estar sometido, cumplir las disposiciones de este Reglamento.

- 5.1.1. El fabricante adoptará medidas técnicas que garanticen la limitación efectiva de las mencionadas emisiones, de acuerdo con este Reglamento, durante la vida útil normal de motor y en condiciones normales de utilización. Se considerará que estas disposiciones se cumplen si:

- a) Se cumplen, respectivamente, las disposiciones de los apartados 5.2.1 y 7.2.2.1, y
- b) Además, para los motores de las bandas de potencia L y superiores, se cumplen las disposiciones del apartado 5.3.

- 5.1.2. En el caso de los motores de las bandas de potencia H y superiores, el fabricante demostrará la durabilidad del motor y el dispositivo de postratamiento, si procede, con arreglo al anexo 8.

- 5.1.3. Es admisible la sustitución sistemática de los componentes relacionados con las emisiones tras un determinado periodo de funcionamiento del motor. Cualquier ajuste, reparación, desmontaje, limpieza o sustitución de componentes o sistemas del motor que se realice periódicamente 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. Por consiguiente, los requisitos de mantenimiento programados se incluirán en el manual del cliente y se aprobarán antes de que se conceda la homologación. En el caso de los motores de las bandas de potencia L y superiores, se incluirá información adicional con arreglo a los requisitos del apartado 5.3.3.

- 5.1.4. En la ficha de características descrita en los apéndices del anexo 1A del presente Reglamento se incluirá el correspondiente extracto del manual con respecto al mantenimiento y sustituciones del dispositivo o dispositivos de postratamiento.

5.2. Especificaciones relativas a las emisiones contaminantes

Los componentes gaseosos y partículas emitidos por el motor sometido a ensayo se medirán mediante los métodos descritos en el anexo 4A para las bandas de potencia hasta P, y en el anexo 4B para las bandas de potencia Q y R. A petición del fabricante y con el consentimiento del organismo de homologación, se podrán aplicar los métodos descritos en el anexo 4B para las bandas de potencia hasta P.

- 5.2.1. Las emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos, de óxidos de nitrógeno y de partículas obtenidas no deberán sobrepasar el valor indicado en el cuadro siguiente:

Banda de potencia	Potencia neta (P) [kW]	Monóxido de carbono (CO) [g/kWh]	Hidrocarburos (HC) [g/kWh]	Óxidos de nitrógeno (NO _x) [g/kWh]	Partículas (PM) [g/kWh]
E	$130 \leq P \leq 560$	3,5	1,0	6,0	0,2
F	$75 \leq P < 130$	5,0	1,0	6,0	0,3
G	$37 \leq P < 75$	5,0	1,3	7,0	0,4
D	$18 \leq P < 37$	5,5	1,5	8,0	0,8

Banda de potencia	Potencia neta (P) [kW]	Monóxido de carbono (CO) [g/kWh]	Hidrocarburos (HC) [g/kWh]	Óxidos de nitrógeno (NO _x) [g/kWh]	Partículas (PM) [g/kWh]
	Potencia neta (P) [kW]	Monóxido de carbono (CO) [g/kWh]	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (HC + NO _x) [g/kWh]		Partículas (PM) [g/kWh]
H	130 ≤ P ≤ 560	3,5	4,0		0,2
I	75 ≤ P < 130	5,0	4,0		0,3
J	37 ≤ P < 75	5,0	4,7		0,4
K	19 ≤ P < 37	5,5	7,5		0,6
	Potencia neta (P) [kW]	Monóxido de carbono (CO) [g/kWh]	Hidrocarburos (HC) [g/kWh]	Óxidos de nitrógeno (NO _x) [g/kWh]	Partículas (PM) [g/kWh]
L	130 ≤ P ≤ 560	3,5	0,19	2,0	0,025
M	75 ≤ P < 130	5,0	0,19	3,3	0,025
N	56 ≤ P < 75	5,0	0,19	3,3	0,025
			Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (HC + NO _x) [g/kWh]		
P	37 ≤ P < 56	5,0		4,7	0,025
	Potencia neta (P) [kW]	Monóxido de carbono (CO) [g/kWh]	Hidrocarburos (HC) [g/kWh]	Óxidos de nitrógeno (NO _x) [g/kWh]	Partículas (PM) [g/kWh]
Q	130 ≤ P ≤ 560	3,5	0,19	0,4	0,025
R	56 ≤ P < 130	5,0	0,19	0,4	0,025

Los valores límite para las bandas de potencia H a R incluirán los factores de deterioro calculados con arreglo al anexo 8.

5.2.2. Cuando una familia de motores abarque más de una banda de potencia, tal como se define en el anexo 1B, los valores de emisión del motor de referencia (homologación) y de todos los tipos de motor comprendidos en la misma familia (COP) deberán cumplir los requisitos, más exigentes, de la banda de potencia superior.

5.2.3. Además, se aplicarán los siguientes requisitos:

- los requisitos de durabilidad del apéndice 8 del presente Reglamento;
- las disposiciones sobre la zona de control del motor del apartado 5.3.5 del presente Reglamento en el caso de los ensayos de motores de las bandas de potencia Q y R, exclusivamente;
- los requisitos de comunicación de información sobre el CO₂ establecidos en el apéndice 1 del anexo 10 para los ensayos realizados conforme al anexo 4A, o en el apéndice 2 del anexo 10 del presente Reglamento para los ensayos conforme al anexo 4B del presente Reglamento;
- los requisitos establecidos en el apartado 5.3 para los motores controlados electrónicamente de las bandas de potencia L a R.

5.3. Requisitos de homologación para las bandas de potencia L a R

5.3.1. El presente apartado se aplicará a la homologación de motores con control electrónico que utilizan el control electrónico para determinar la cantidad de combustible y de avance de inyección (en lo sucesivo, «el motor»). El presente apartado se aplicará independientemente de la tecnología que se aplique a dichos motores a fin de ajustarse a los límites de emisiones establecidos en el apartado 5.2.1 del presente Reglamento.

5.3.2. Prescripciones generales

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

5.3.2.1.1. La estrategia básica de control de emisiones, activada a lo largo de todo el campo operativo de régimen y de par del motor, se diseñará de manera que permita al motor cumplir lo dispuesto en el presente Reglamento.

5.3.2.1.2. Queda prohibida cualquier estrategia básica de control de emisiones que pueda diferenciar el funcionamiento del motor en el marco de un ensayo de homologación de tipo normalizado y en otras condiciones de funcionamiento y, en consecuencia, pueda reducir el nivel de control de emisiones cuando no funcione en condiciones esencialmente incluidas en el procedimiento de homologación.

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

5.3.2.2.1. Los motores o las máquinas móviles no de carretera podrán utilizar una estrategia auxiliar de control de emisiones, a condición de que esta, cuando se active, modifique la estrategia básica de control de emisiones en respuesta a un conjunto específico de condiciones ambientales o de funcionamiento, pero no reduzca permanentemente la eficacia del sistema de control de emisiones.

a) En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control se active durante el ensayo de homologación, no serán de aplicación los apartados 5.3.2.2.2 y 5.3.2.2.3.

b) En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control de emisiones no se active durante el ensayo de homologación, se demostrará que esta se activa solo mientras sea necesario a los efectos señalados en el apartado 5.3.2.2.3.

5.3.2.2.2. Las condiciones de control aplicables para las bandas de potencia L a P y Q a R son las siguientes:

a) Condiciones de control para motores de las bandas de potencia L a P:

i) una altitud no superior a 1 000 metros (o presión atmosférica equivalente de 90 kPa);

ii) una temperatura ambiente comprendida entre 275 K y 303 K (2 °C y 30 °C);

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

En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control de emisiones se active cuando el motor esté funcionando dentro de las condiciones de control establecidas en los incisos i), ii) y iii), la estrategia se activará solo excepcionalmente.

b) Condiciones de control para motores de las bandas de potencia Q a R:

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

ii) una temperatura ambiente situada en el rango siguiente:

— igual o superior a 266 K (-7 °C);

— inferior o igual a la temperatura determinada por la ecuación siguiente a la presión atmosférica especificada: $T_c = -0,4514 \cdot (101,3 - p_b) + 311$, donde: T_c es la temperatura del aire ambiente calculada, en K, y p_b es la presión atmosférica, en kPa.

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

En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control de emisiones se active cuando el motor esté funcionando dentro de las condiciones de control establecidas en los incisos i), ii) y iii), la estrategia se activará solo cuando se demuestre que es necesario para los fines señalados en el apartado 5.3.2.2.3 y sea autorizado por la autoridad de homologación de tipo.

c) Funcionamiento con temperaturas bajas

No obstante los requisitos dispuestos en la letra b), se podrá utilizar una estrategia auxiliar de control de las emisiones en un motor equipado con recirculación de gases de escape de las bandas de potencia Q a R cuando la temperatura ambiente sea inferior a 275 K (2 °C) y se cumpla uno de los dos criterios siguientes:

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

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

5.3.2.2.3. Se podrá activar una estrategia auxiliar de control en particular para los fines que se indican a continuación:

- a) Mediante señales de a bordo para proteger de daños al motor (incluido el dispositivo de tratamiento de aire) o máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado el motor.
- 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.

5.3.2.2.4. En el momento del ensayo de homologación, el fabricante demostrará al servicio técnico que el funcionamiento de cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones se ajusta a lo dispuesto en el apartado 5.3.2.2. La demostración consistirá en una evaluación de la documentación contemplada en el apartado 5.3.2.3.

5.3.2.2.5. Queda prohibido el funcionamiento de una estrategia auxiliar de control de emisiones que no se ajuste a lo prescrito en el apartado 5.3.2.2.

5.3.2.3. Documentación exigida

5.3.2.3.1. El fabricante proporcionará un expediente adjunto a la solicitud de homologación en el momento de la presentación al servicio técnico, que garantice el acceso a cualquier elemento de diseño y estrategia de control de emisiones y a los medios por los que la estrategia auxiliar controla directa o indirectamente las variables de salida. El expediente del fabricante se entregará en dos partes:

- a) El expediente de la documentación, adjunto a la solicitud de homologación, incluirá un resumen completo de la estrategia de control de emisiones. Se proporcionarán pruebas de que se han identificado todos los resultados permitidos por una matriz obtenida a partir del rango de control de los datos de entrada de cada unidad. Las pruebas se adjuntarán al expediente del fabricante contemplado en el anexo 1A.
- b) El material adicional que se presente al servicio técnico pero que no se adjunte a la solicitud de homologación 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:
 - i) Una descripción de la lógica del control, de las estrategias de avance de inyectores y de los puntos de conmutación durante todos los modos de funcionamiento correspondientes al combustible y a otros sistemas esenciales que den lugar al control efectivo de las emisiones (como el sistema de recirculación de gases de escape [EGR] o la dosificación del reactivo).
 - ii) 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.
 - iii) Una descripción detallada de los algoritmos o sensores (en su caso) utilizados para identificar, analizar o diagnosticar el funcionamiento incorrecto del sistema de control del NO_x .
 - iv) Las tolerancias empleadas para cumplir los requisitos del apartado 5.3.3.7.2, independientemente de los medios utilizados.

- 5.3.2.3.2. El material adicional mencionado en el apartado 5.3.2.3.1, letra b), se tratará de manera estrictamente confidencial. Se pondrá a disposición del organismo de homologación cuando este así lo solicite. El organismo de homologación tratará dicho material como confidencial.
- 5.3.3. Requisitos relativos a las medidas de control de NO_x para los motores de las bandas de potencia L a P
- 5.3.3.1. El fabricante proporcionará información que describa íntegramente las características de funcionamiento de las medidas de control del NO_x mediante los documentos previstos en el anexo 1A, apéndice 1, apartado 2, y en el anexo 1A, apéndice 3, apartado 2.
- 5.3.3.2. Si el sistema de control de emisiones requiere un reactivo, el fabricante especificará en el anexo 1A, apéndice 1, apartado 2.2.1.13 y en el anexo 1A, apéndice 3, apartado 3.2.1.13, 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.
- 5.3.3.3. La estrategia de control de emisiones del motor será operativa en todas las condiciones que ocurren normalmente en el territorio de las Partes Contratantes, especialmente a temperaturas ambiente bajas.
- 5.3.3.4. El fabricante demostrará que la emisión de amoníaco durante el ciclo de ensayo de emisiones correspondiente del procedimiento de homologación no supera un valor medio de 25 ppm cuando se utilice un reactivo.
- 5.3.3.5. Si se instalan depósitos de reactivo en una máquina móvil no de carretera o se conectan a la misma, se incluirá algún medio que permita tomar una muestra del reactivo presente en los depósitos. Se podrá acceder fácilmente al punto de muestreo sin necesidad de utilizar ningún dispositivo o herramienta especializados.
- 5.3.3.6. Requisitos relativos al uso y al mantenimiento
- 5.3.3.6.1. La homologación se supeditará, conforme al apartado 5.1.3, al suministro a cada operario de máquinas móviles no de carretera de instrucciones escritas que incluyan lo siguiente:
- a) Advertencias detalladas en las que se expliquen los posibles casos de mal funcionamiento producidos por un funcionamiento, uso o mantenimiento incorrectos del motor instalado, acompañadas de las respectivas medidas correctoras.
 - b) Advertencias detalladas sobre el uso incorrecto de la máquina que provoque un posible mal funcionamiento del motor, acompañadas de las respectivas medidas correctoras.
 - c) Información sobre el uso correcto del reactivo, acompañada de instrucciones sobre la reposición del reactivo entre los intervalos normales de mantenimiento.
 - d) Una advertencia clara de que el certificado de homologación, expedido para el tipo de motor de que se trate, solo es válido cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:
 - i) El motor se hace funcionar, se usa y se mantiene conforme a las instrucciones proporcionadas;
 - ii) Se ha actuado rápidamente para rectificar el funcionamiento, el uso o el mantenimiento incorrectos con arreglo a las medidas correctoras indicadas por las advertencias mencionadas en las letras a) y b);
 - iii) No se ha producido un mal uso deliberado del motor, en particular desactivando o no manteniendo un sistema EGR o de dosificación del reactivo.
- Las instrucciones estarán redactadas de manera clara y no técnica, usando el mismo lenguaje que en el manual de funcionamiento de las máquinas móviles no de carretera o del motor.
- 5.3.3.7. Control del reactivo (cuando proceda)
- 5.3.3.7.1. La homologación se supeditará, conforme al apartado 6.1, al suministro de indicadores u otros medios apropiados, según la configuración de las máquinas móviles no de carretera, que informen al operario de lo siguiente:
- a) La cantidad de reactivo que queda en el depósito de almacenamiento del mismo y, mediante una señal adicional específica, cuando el reactivo que quede sea menos del 10 % de la capacidad máxima del depósito;
 - b) Cuando el depósito de reactivo se vacíe o esté casi vacío;

- c) Cuando el reactivo contenido en el depósito de almacenamiento no se ajuste a las características declaradas y registradas en el anexo 1A, apéndice 1, apartado 2.2.1.13 y en el anexo 1A, apéndice 3, apartado 2.2.1.13, según los medios de evaluación instalados;
 - d) Cuando se interrumpa la dosificación del reactivo, en casos distintos de los ejecutados por la UCE del motor o el regulador de la dosificación, en reacción a condiciones de funcionamiento del motor en las que no se requiera la dosificación, a condición de que estas se comuniquen al organismo de homologación.
- 5.3.3.7.2. El fabricante probará que el reactivo se ajusta a las características declaradas y a la tolerancia de emisión de NO_x correspondiente por uno de los medios siguientes, a su elección:
- a) Por medios directos, como la utilización de un sensor de la calidad del reactivo;
 - b) Por medios indirectos, como la utilización de un sensor de NO_x en el escape para evaluar la eficacia del reactivo;
 - c) Por cualquier otro medio, a condición de que su eficacia sea al menos igual a la de los medios de las letras a) o b) y se mantengan los principales requisitos del presente apartado.
- 5.3.4. Requisitos relativos a las medidas de control de NO_x para los motores de las bandas de potencia Q a R
- 5.3.4.1. El fabricante proporcionará información que describa íntegramente las características de funcionamiento de las medidas de control del NO_x mediante los documentos previstos en el punto 2 del apéndice 1 del anexo 1A y en el punto 2 del apéndice 3 de dicho anexo.
- 5.3.4.2. La estrategia de control de emisiones del motor será operativa en todas las condiciones que ocurren normalmente en el territorio de las partes contratantes, especialmente a temperaturas ambiente bajas. Este requisito no se limita a las condiciones en las que ha de utilizarse una estrategia básica de control de emisiones, especificadas en el apartado 5.3.2.2.2.
- 5.3.4.3. Cuando se utilice un reactivo, el fabricante demostrará que la emisión de amoníaco durante el ensayo NRSC o NRTC en caliente en el procedimiento de homologación de tipo no supera un valor medio de 10 ppm.
- 5.3.4.4. Si se instalan depósitos de reactivo en una máquina móvil no de carretera o se conectan a la misma, se incluirá algún medio que permita tomar una muestra del reactivo presente en los depósitos. Deberá poder accederse fácilmente al punto de muestreo sin necesidad de utilizar ningún dispositivo o herramienta especializados.
- 5.3.4.5. La homologación de tipo se supeditará, conforme al apartado 6.1, al cumplimiento de lo siguiente:
- a) proporcionar a cada maquinista de máquinas móviles no de carretera instrucciones de mantenimiento escritas, conforme al anexo 9 del presente Reglamento;
 - b) proporcionar los documentos de instalación del OEM correspondientes al motor, incluido el sistema de control de emisiones que forma parte del tipo de motor homologado;
 - c) proporcionar las instrucciones del OEM correspondientes a un sistema de alerta al maquinista, un sistema de inducción y (cuando proceda) protección contra la congelación del reactivo;
 - d) la aplicación de las disposiciones sobre instrucciones destinadas al maquinista, documentos relativos a la instalación, el sistema de alerta al maquinista, el sistema de inducción y la protección contra la congelación del reactivo que figuran en el anexo 9 del presente anexo.
- 5.3.5. Zona de control de las bandas de potencia Q a R
- En el caso de los motores de las bandas de potencia Q a R, las emisiones muestreadas dentro de la zona de control definida en el apartado 5.3.5 no superarán en más del 100 % los valores límite de las emisiones del apartado 5.2.1 del presente Reglamento.
- 5.3.5.1 Requisitos de demostración
- El servicio técnico seleccionará aleatoriamente hasta tres puntos de carga y régimen dentro de la zona de control para la realización de los ensayos. 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. Cada punto del ensayo respetará los límites definidos en el apartado 5.3.5.

5.3.5.2 Requisitos de ensayo

El ensayo se realizará de la manera siguiente:

- a) el ensayo se realizará inmediatamente después de los ciclos de ensayo de modalidad discreta descritos en las letras a) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo 4B del presente Reglamento pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo contemplados en la letra f), o bien después del ensayo de ciclo modal con aumentos (RMC) de las letras a) a d) del punto 7.8.2.2 del anexo 4B del presente Reglamento, pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo contemplados en la letra e), según proceda;
- b) los ensayos se realizarán conforme a los requisitos de las letras b) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo 4B presente Reglamento, utilizando el método de filtros múltiples (un filtro para cada punto de ensayo) para cada uno de los tres puntos de ensayo elegidos;
- c) se calculará un valor de emisiones específicas (en g/kWh) para cada punto de ensayo;
- d) los valores de las emisiones se calcularán en una base molar utilizando el apéndice A.7 o en una base de masa mediante el apéndice A.8 del anexo 4B del presente Reglamento, pero serán coherentes con el método utilizado para el ensayo de modalidad discreta o el ensayo RMC;
- e) para los cálculos de la suma de gases, el Nmode se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1;
- f) para los cálculos de las partículas se utilizará el método de filtros múltiples y para el cálculo de la suma, el Nmode se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1.

5.3.5.3. Requisitos relativos a la zona de control

5.3.5.3.1. Zona de control del motor

La zona de control (véase la figura 2) se define del siguiente modo:

rango de regímenes: del régimen A al régimen alto;

donde:

$\text{régimen A} = \text{régimen bajo} + 15 \% (\text{régimen alto} - \text{régimen bajo}).$

Se utilizarán el régimen alto y el régimen bajo con arreglo a su definición en el anexo 4B del presente Reglamento.

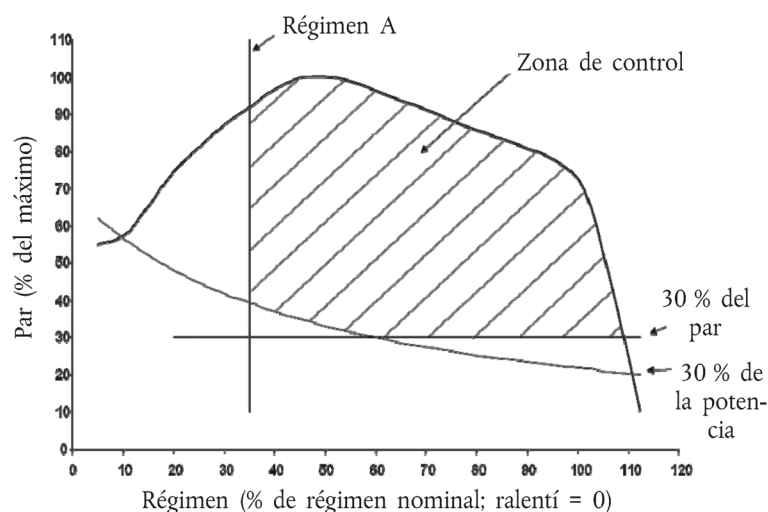
Si el régimen A medido presenta una desviación no superior a $\pm 3 \%$ del régimen del motor declarado por el fabricante, se utilizarán los regímenes del motor declarados. Si se rebasa el margen de tolerancia en cualquiera de los regímenes del ensayo, se utilizarán los regímenes medidos.

5.3.5.3.2. 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 máxima.

Durante el proceso de homologación de tipo / certificación, el fabricante podrá solicitar al servicio técnico que excluya puntos de funcionamiento de la zona de control definida en los puntos 5.5.1 y 5.5.2. El servicio técnico podrá conceder la exclusión si el fabricante puede demostrar que el motor no puede funcionar nunca en tales puntos, sea cual fuere la combinación de máquinas que pueda utilizarse.

Figura 2

Zona de control

- 5.3.6 Verificación de las emisiones de gases del cárter para los motores de las bandas de potencia Q a R
- 5.3.6.1. Ninguna emisión del cárter se liberará directamente a la atmósfera ambiente, con la excepción establecida en el apartado 5.3.6.3.
- 5.3.6.2. Los motores podrán liberar las emisiones del cárter en el escape antes de cualquier dispositivo de postratamiento durante todas las fases de funcionamiento.
- 5.3.6.3. Los motores equipados con turbocompresores, bombas, soplantes o compresores de sobrealimentación para la admisión de aire podrán liberar emisiones del cárter a la atmósfera ambiente. En este caso, las emisiones del cárter se añadirán a las de escape (física o matemáticamente) durante todos los ensayos de emisiones de conformidad con el punto 6.10 del anexo 4B del presente Reglamento.
- 5.4. Selección de la categoría de potencia del motor
- 5.4.1. A efectos de determinar la conformidad de los motores de régimen variable definidos en los apartados 1.1 y 1.2 del presente Reglamento con los límites de emisiones previstos en el apartado 5.2.1 del mismo, se asignarán a bandas de potencia basándose en el valor más elevado de la potencia neta medido con arreglo al apartado 2.1.49 del presente Reglamento.
- 5.4.2. En el caso de otros tipos de motores, se utilizará la potencia neta nominal.
6. INSTALACIÓN EN EL VEHÍCULO
- 6.1. La instalación del motor en el vehículo deberá cumplir las características siguientes en lo que respecta a la homologación del motor.
- 6.1.1. La depresión de admisión no deberá sobrepasar el valor prescrito para el motor homologado en los apéndices 1 o 3 del anexo 1A del presente Reglamento, según proceda.
- 6.1.2. La contrapresión de escape no deberá sobrepasar el valor prescrito para el motor homologado en los apéndices 1 o 3 del anexo 1A del presente Reglamento, según proceda.
- 6.1.3. Se informará al maquinista sobre el control del reactivo definido en el apartado 5.3.3.7.1 o en el anexo 9 del presente Reglamento, según proceda.
- 6.1.4. Se proporcionará al OEM los documentos relativos a la instalación y las instrucciones conforme al apartado 5.3.4.5, según proceda.
7. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN
- 7.1. Los procedimientos de conformidad de la producción cumplirán lo establecido en el Acuerdo, apéndice 2 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), con los requisitos siguientes:

- 7.2. El organismo de homologación que haya concedido la homologación podrá verificar en cualquier momento los métodos de control de la conformidad aplicables a cada unidad de producción.
- 7.2.1. En todas las inspecciones se presentarán al inspector visitante los libros de ensayos y el registro de supervisión de la producción.
- 7.2.2. Cuando el nivel de calidad parezca insatisfactorio o se considere necesario verificar la validez de los datos presentados en aplicación del apartado 5.2, se adoptará el siguiente procedimiento:
- 7.2.2.1. Se tomará un motor de la serie y se someterá al ensayo descrito en el anexo 4A o en el anexo 4B, de conformidad con el apartado 5.2. Las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y partículas obtenidas no deberán sobrepasar, respectivamente, las cantidades indicadas en el cuadro del apartado 5.2.1, con sujeción a los requisitos del apartado 5.2.2.
- 7.2.2.2. Si el motor tomado de la serie no satisface los requisitos del apartado 7.2.2.1, el fabricante podrá solicitar que se realicen mediciones en una muestra de motores de la misma especificación tomada de la serie y que incluya el motor tomado inicialmente. El fabricante determinará el tamaño n de la muestra, de acuerdo con el servicio técnico. Los motores que no sean el tomado inicialmente se someterán a un ensayo. A continuación se determinará para cada contaminante la media aritmética ($\bar{x}$) de los resultados obtenidos con la muestra. La producción de la serie se considerará conforme si se cumple la condición siguiente:

$$\bar{x} + kS \leq 1$$

donde:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

siendo:

x cualquiera de los resultados obtenidos con la muestra n ;

l = valor límite prescrito en el apartado 5.2.1 para cada contaminante considerado;

k = factor estadístico dependiente de n , dado en el cuadro siguiente:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0,973	0,613	0,489	0,421	0,376	0,342	0,317	0,296	0,279
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k	0,265	0,253	0,242	0,233	0,224	0,216	0,210	0,203	0,198

$$\text{si } n \geq 20, k = \frac{0,860}{\sqrt{n}}$$

- 7.2.3. El servicio técnico encargado de controlar la conformidad de la producción efectuará, de acuerdo con las prescripciones del fabricante, ensayos en los motores que hayan realizado el rodaje parcial o completamente.
- 7.2.4. La frecuencia normal de las inspecciones autorizadas por el organismo de homologación será de una al año. Si no se cumplen las prescripciones del apartado 7.2.2.1, el organismo de homologación se asegurará de que se adopten todas las medidas necesarias para restablecer la conformidad de la producción lo antes posible.
8. SANCIONES POR NO CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN
- 8.1. 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 apartado 7.2 o si los motores elegidos no superan los ensayos que se establecen en el apartado 7.2.2.1.
- 8.2. 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.

9. MODIFICACIONES Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DEL TIPO HOMOLOGADO
- 9.1. Toda modificación del tipo o familia homologado deberá notificarse al organismo de homologación que lo homologó. El organismo de homologación podrá, entonces:
 - 9.1.1. Considerar que no es probable que las modificaciones realizadas tengan efectos adversos apreciables y que, en cualquier caso, el tipo modificado sigue cumpliendo los requisitos; o bien
 - 9.1.2. Solicitar un nuevo informe de ensayo al servicio técnico responsable de la realización de los ensayos.
- 9.2. La confirmación o denegación de la homologación se comunicará a las partes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento, especificando las modificaciones, mediante el procedimiento indicado.
- 9.3. El organismo de homologación que expida la extensión de la homologación asignará un número de serie a dicha extensión e informará de ello a las demás partes contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento, por medio de un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2 del presente Reglamento.
10. 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.
11. DISPOSICIONES TRANSITORIAS
- 11.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 02 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 02 de enmiendas.
- 11.2. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie de enmiendas 02, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones de los motores o familias de motores de régimen variable de las bandas de potencia H, I, J y K que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 02.
- 11.3. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie de enmiendas 02, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de las bandas de potencia H, I, J y K no aprobados en virtud del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 02.
- 11.4. A partir del 1 de enero de 2010, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen constante de las bandas de potencia H, I y K que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 02.
- 11.5. A partir del 1 de enero de 2011, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen constante de la banda de potencia J que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 02.
- 11.6. A partir del 1 de enero de 2011, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen constante de las bandas de potencia H, I y K no aprobados en virtud del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 02.
- 11.7. A partir del 1 de enero de 2012, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen constante de la banda de potencia J no aprobados en virtud del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 02.
- 11.8. No obstante lo dispuesto en los apartados 11.3, 11.6 y 11.7, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán aplazar la aplicación de los apartados arriba citados durante un período de dos años en lo que se refiere a los motores cuya fecha de producción sea anterior a las fechas mencionadas.

- 11.9. No obstante lo dispuesto en los apartados 11.3, 11.6 y 11.7, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán seguir permitiendo la comercialización de motores aprobados con arreglo a una norma técnica previa, a condición de que los motores estén destinados a la sustitución en vehículos en uso y que no sea técnicamente posible que los motores en cuestión satisfagan los nuevos requisitos de la serie de enmiendas 02.
- 11.10. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 03 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 03 de enmiendas.
- 11.11. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie de enmiendas 03, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de las bandas de potencia L, M, N y P que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.12. A partir del 1 de enero de 2013, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia Q que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.13. A partir del 1 de octubre de 2013, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia R que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.14. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie de enmiendas 03, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de las bandas de potencia L, M, N y P no aprobados en virtud del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.15. A partir del 1 de enero de 2014, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia Q no aprobados en virtud del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.16. A partir del 1 de octubre de 2014, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia R no aprobados en virtud del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.17. No obstante lo dispuesto en los apartados 11.14 a 11.16, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento aplazarán la aplicación de los apartados arriba citados durante un período de dos años en lo que se refiere a los motores cuya fecha de producción sea anterior a las fechas mencionadas.
- 11.18. No obstante lo dispuesto en los apartados 11.14, 11.15 y 11.16, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán seguir permitiendo la comercialización de motores aprobados con arreglo a una norma técnica previa, a condición de que los motores estén destinados a la sustitución en vehículos en uso y que no sea técnicamente posible que los motores en cuestión satisfagan los nuevos requisitos de la serie de enmiendas 03.
- 11.19. No obstante lo dispuesto en los apartados 11.11 a 11.16, las siguientes cláusulas de transición adicionales 11.20 a 11.29 se aplicarán a la categoría de vehículos T con las características específicas que siguen:
- Tractores con velocidad máxima por construcción no superior a 40 km/h, ancho de vía mínimo inferior a 1,150 mm, masa en vacío, en orden de marcha, superior a 600 kg y altura libre sobre el suelo no superior a 600 mm. Sin embargo, si la altura del centro de gravedad del tractor ⁽¹⁾ (medida desde el suelo) dividida por el promedio del ancho de vía mínimo de cada eje es superior a 0,90, la velocidad máxima por construcción se limita a 30 km/h.
 - Tractores diseñados para trabajar cultivos altos, como las viñas. Se caracterizan por tener el bastidor o una parte del bastidor sobreelevados, de forma que pueden circular paralelamente a las hileras de cultivo con las ruedas derechas e izquierdas a un lado y a otro de una o varias hileras. Están diseñados para transportar o accionar aperos situados en la parte delantera, entre los ejes, en la parte trasera o sobre una plataforma. Cuando el tractor está en posición de trabajo, la distancia libre hasta el suelo, medida en el plano vertical de las hileras de cultivo, es

⁽¹⁾ Centro de gravedad del tractor según la norma ISO 789-6: 1982.

superior a 1 000 mm. Cuando el valor de la altura del centro de gravedad del tractor⁽¹⁾ (medido en relación con el suelo y utilizando neumáticos montados normalmente) dividido por la media de las vías mínimas del conjunto de los ejes es superior a 0,90, la velocidad máxima de fabricación no debe ser superior a 30 km/h.

- 11.20. A partir del 1 de enero de 2013, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia L destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.21. A partir del 1 de enero de 2014, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de las bandas de potencia M y N destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.22. A partir del 1 de enero de 2015, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia P destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.23. A partir del 1 de enero de 2016, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia Q destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.24. A partir del 1 de octubre de 2016, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la concesión de homologaciones a los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia R destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.25. A partir del 1 de enero de 2014, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia L destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.26. A partir del 1 de enero de 2015, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de las bandas de potencia M y N destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.27. A partir del 1 de enero de 2016, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia P destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.28. A partir del 1 de enero de 2017, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia Q destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.29. A partir del 1 de octubre de 2017, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento podrán rechazar la comercialización de los motores o familias de motores de régimen variable de la banda de potencia R destinados a ser instalados en los vehículos definidos en el apartado 11.19 que no cumplan los requisitos del presente Reglamento en su versión modificada por la serie de enmiendas 03.
- 11.30. No obstante lo dispuesto en los apartados 11.25 a 11.29, las partes contratantes que apliquen el presente Reglamento aplazarán la aplicación de los apartados arriba citados durante un período de dos años en lo que se refiere a los motores cuya fecha de producción sea anterior a las fechas mencionadas.

12. NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE REALIZAR LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LOS ORGANISMOS DE HOMOLOGACIÓN

Las partes en el 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 organismos 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.

ANEXO 1A

Ficha de características nº ... referente a la homologación CE y a las medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna con los que se equipen las máquinas móviles no de carreteraMotor de referencia/tipo de motor ⁽¹⁾:

1. Aspectos generales

1.1. Marca (razón social):

1.2. Tipo y denominación comercial del motor de referencia y (si procede) de los motores de la familia:

1.3. Código de tipo del fabricante marcado en el motor o motores:

1.4. Características técnicas de la maquinaria a cuya propulsión se destina el motor ⁽²⁾:

1.5. Nombre y dirección del fabricante:

En su caso, nombre y dirección del representante autorizado del fabricante:

1.6. Lugar, código y método de colocación del número de identificación del motor

1.7. Lugar y método de colocación de la marca de homologación:

1.8. Dirección o direcciones de la planta o plantas de montaje:

Se adjuntan los siguientes documentos:

1.1. Características esenciales del motor (de referencia) (véase el apéndice 1)

1.2. Características esenciales de la familia de motores (véase el apéndice 2)

1.3. Características esenciales de los tipos de motores de la familia (véase el apéndice 3)

2. Características de los componentes de las máquinas móviles relacionados con el motor (si procede)

3. Fotografías del motor de referencia

4. Relaciónense otros anexos (si procede)

Fecha, fichero

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.⁽²⁾ Especifíquese la tolerancia.

Apéndice 1

Características esenciales del motor (de referencia)

1. Descripción del motor
- 1.1. Fabricante:.....
- 1.2. Código de motor del fabricante:.....
- 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos ⁽¹⁾
- 1.4. Diámetro: mm
- 1.5. Carrera: mm
- 1.6. Número y disposición de los cilindros:.....
- 1.7. Cilindrada del motor: cm³
- 1.8. Régimen nominal:.....
- 1.9. Régimen correspondiente al par máximo:.....
- 1.10. Relación volumétrica de compresión ⁽²⁾:.....
- 1.11. Descripción del sistema de combustión:.....
- 1.12. Dibujo o dibujos de la cámara de combustión y de la corona del pistón:.....
- 1.13. Área mínima de la sección transversal de las aberturas de admisión y escape:.....
- 1.14. Sistema de refrigeración
- 1.14.1. Líquido
- 1.14.1.1. Naturaleza del líquido:.....
- 1.14.1.2. Bomba(s) de circulación: sí/no ⁽¹⁾
- 1.14.1.3. Características o marcas y tipos (si procede):.....
- 1.14.1.4. Relación o relaciones de transmisión (si procede):.....
- 1.14.2. Aire
- 1.14.2.1. Soplador: sí/no ⁽¹⁾
- 1.14.2.2. Características o marcas y tipos (si procede):.....
- 1.14.2.3. Relación o relaciones de transmisión (si procede):.....
- 1.15. Temperatura permitida por el fabricante
- 1.15.1. Refrigeración líquida: Temperatura máxima en la salida: K
- 1.15.2. Refrigeración por aire: Punto de referencia:.....
Temperatura máxima en el punto de referencia: K
- 1.15.3. Temperatura máxima de salida del aire de sobrealimentación en el intercambiador intermedio de admisión (si procede): K

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Especifíquese la tolerancia.

- 1.15.4. Temperatura máxima del gas de escape en el punto del tubo o tubos de escape contiguo a la brida o bridas exteriores del colector o colectores de escape: K
- 1.15.5. Temperatura del combustible: mín.: K
.....máx.: K
- 1.15.6 1.15.6 Temperatura del lubricante: mín.: K
.....máx.: K
- 1.16. Sobrealimentación: sí/no ⁽¹⁾
- 1.16.1. Marca:.....
- 1.16.2. Tipo:.....
- 1.16.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión de carga máxima, válvula de descarga, si procede):.....
- 1.16.4. Intercambiador intermedio: sí/no ⁽¹⁾
- 1.17. Sistema de admisión: Máxima depresión admisible a régimen nominal y al 100 % de carga: kPa
- 1.18. Sistema de escape: Contrapresión máxima de escape admisible a régimen nominal y al 100 % de carga: kPa
2. Medidas adoptadas contra la contaminación ambiental
- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2. Dispositivos adicionales anticontaminación (si existen y no se han incluido en otro punto)
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.1.1. Marca(s):.....
- 2.2.1.2. Tipo(s):.....
- 2.2.1.3. Número de convertidores y elementos catalíticos.....
- 2.2.1.4. Dimensiones y volumen del catalizador o catalizadores:.....
- 2.2.1.5. Tipo de acción catalítica:.....
- 2.2.1.6. Carga total de metales preciosos:.....
- 2.2.1.7. Concentración relativa:.....
- 2.2.1.8. Sustrato (estructura y material):.....
- 2.2.1.9. Densidad celular:.....
- 2.2.1.10. Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s):.....
- 2.2.1.11. Localización del catalizador o catalizadores (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor):.....
- 2.2.1.12. Intervalo de temperaturas normales de funcionamiento [K]:.....
- 2.2.1.13. Reactivo consumible (cuando proceda):.....
- 2.2.1.13.1. Tipo y concentración del reactivo necesario para la acción catalítica:.....
- 2.2.1.13.2. Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales del reactivo:.....

- 2.2.1.13.3. Norma internacional (cuando proceda):.....
- 2.2.1.14. Sensor de NO_x: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.2.1. Marca(s):
- 2.2.2.2. Tipo:
- 2.2.2.3. Lugar de colocación:
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.):.....
- 2.2.4. EGR: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.4.1. Características (con/sin refrigeración, alta/baja presión, etc.):.....
- 2.2.5. Trampa de partículas: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.5.1. Dimensiones y capacidad del filtro de partículas:.....
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas:.....
- 2.2.5.3. Localización (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor):.....
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo:.....
- 2.2.5.5. Intervalo de temperaturas [K] y presiones [kPa] normales de funcionamiento:.....
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento:.....
3. Alimentación de combustible
- 3.1. Bomba de alimentación
- Presión ⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2. Sistema de inyección
- 3.2.1. Bomba
- 3.2.1.1. Marca(s):
- 3.2.1.2. Tipo(s):.....
- 3.2.1.3. Caudal: mm³ por inyección ⁽²⁾ o ciclo a un régimen de la bomba de: min⁻¹ en máxima inyección, o diagrama característico.
- Indíquese el método utilizado: Instalada en el motor/en el banco de pruebas ⁽¹⁾
- 3.2.1.4. Avance a la inyección
- 3.2.1.4.1. Curva de avance a la inyección ⁽²⁾:.....
- 3.2.1.4.2. Calaje ⁽²⁾:
- 3.2.2. Tuberías de inyección
- 3.2.2.1. Longitud: mm
- 3.2.2.2. Diámetro interno: mm

- 3.2.3. Inyector(es)
 - 3.2.3.1. Marca(s):
 - 3.2.3.2. Tipo(s):
 - 3.2.3.3. Presión de abertura ⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
 - 3.2.4. Regulador de velocidad
 - 3.2.4.1. Marca(s):
 - 3.2.4.2. Tipo(s):
 - 3.2.4.3. Régimen de corte a plena carga ⁽²⁾: min⁻¹
 - 3.2.4.4. Régimen máximo sin carga ⁽²⁾: min⁻¹
 - 3.2.4.5. Velocidad de ralentí ⁽²⁾: min⁻¹
 - 3.3. Sistema de arranque en frío
 - 3.3.1. Marca(s):
 - 3.3.2. Tipo(s):
 - 3.3.3. Descripción:
 - 4. Reservado
 - 5. Reglaje de las válvulas
 - 5.1. Levantamientos máximos de las válvulas y ángulos de apertura y de cierre referidos a los puntos muertos o datos equivalentes:
 - 5.2. Intervalos de referencia y/o de ajuste ⁽¹⁾
 - 5.3. Sistema de distribución variable (en su caso: de admisión o escape) ⁽¹⁾
 - 5.3.1. Tipo: continuo o intermitente ⁽¹⁾
 - 5.3.2. Ángulo de cambio de fase de leva:
 - 6. Reservado
 - 7. Reservado
-

Apéndice 2

Características esenciales de la familia de motores

1. Parámetros comunes ⁽¹⁾
 - 1.1. Ciclo de combustión:.....
 - 1.2. Medio refrigerante:.....
 - 1.3. Método de aspiración del aire:.....
 - 1.4. Tipo/diseño de la cámara de combustión:
 - 1.5. Configuración, dimensiones y número de válvulas y de luces 3/4:.....
 - 1.6. Sistema de alimentación de combustible:.....
 - 1.7. Sistemas de gestión del motor.....
 - Prueba de identidad según número(s) de dibujo:.....
 - 1.7.1. Sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación:
 - 1.7.2. Recirculación del gas de escape ⁽²⁾:.....
 - 1.7.3. Inyección/emulsión de agua ⁽²⁾:.....
 - 1.7.4. Inyección de aire ⁽²⁾:
 - 1.8. Sistema de postratamiento de los gases de escape ⁽³⁾:
 - Demostración de idéntica capacidad (o mínima, si se trata del motor de referencia) por cantidad de combustible suministrada por carrera según número(s) de esquema:.....
2. Listado de la familia de motores
 - 2.1. Denominación de la familia de motores:
 - 2.2. Características de los motores de esta familia:

	Motor de referencia (*)	Motores pertenecientes a la familia (**)			
Tipo de motor					
Nº de cilindros					
Régimen nominal (min ⁻¹)					
Cantidad de combustible suministrada por carrera (mm ³) a la potencia neta nominal					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen de la potencia máxima (min ⁻¹)					
Potencia neta máxima (kW)					
Régimen de par máximo (min ⁻¹)					
Cantidad de combustible suministrada por carrera (mm ³) al par máximo					
Par máximo (Nm)					

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Especifíquese la tolerancia.

⁽³⁾ Si no es aplicable, indíquese «n.a.».

	Motor de referencia (*)	Motores pertenecientes a la familia (**)			
Régimen de ralentí bajo (min^{-1})					
Desplazamiento del cilindro (en % del motor de referencia)	100				

(*) Para más detalles véase el apéndice 1.

(**) Para más detalles véase el apéndice 3.

- 2.3. Además, se presentará al organismo de homologación la información indicada en el anexo 1B – apéndice 3 de cada tipo de motor de la familia.

Apéndice 3

Características esenciales de los tipos de motor de la familia

1. Descripción del motor
- 1.1. Fabricante:
- 1.2. Código de motor del fabricante:
- 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos ⁽¹⁾
- 1.4. Diámetro: mm
- 1.5. Carrera: mm
- 1.6. Número y disposición de los cilindros:
- 1.7. Cilindrada del motor: cm³
- 1.8. Régimen nominal:
- 1.9. Régimen correspondiente al par máximo:
- 1.10. Relación volumétrica de compresión ⁽²⁾:
- 1.11. Descripción del sistema de combustión:
- 1.12. Dibujo o dibujos de la cámara de combustión y de la corona del pistón
- 1.13. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida:
- 1.14. Sistema de refrigeración
 - 1.14.1. Líquido
 - 1.14.1.1. Naturaleza del líquido:
 - 1.14.1.2. Bomba(s) de circulación: sí/no ⁽¹⁾
 - 1.14.1.3. Características o marcas y tipos (si procede):
 - 1.14.1.4. Relación o relaciones de transmisión (si procede):
 - 1.14.2. Aire
 - 1.14.2.1. Soplador: sí/no ⁽¹⁾
 - 1.14.2.2. Características o marcas y tipos (si procede):
 - 1.14.2.3. Relación o relaciones de transmisión (si procede):
- 1.15. Temperatura permitida por el fabricante
 - 1.15.1. Refrigeración líquida: Temperatura máxima en la salida: K
 - 1.15.2. Refrigeración por aire: Punto de referencia:
 - Temperatura máxima en el punto de referencia: K
 - 1.15.3. Temperatura máxima de salida del aire de sobrealimentación en el intercambiador intermedio de admisión (si procede): K
 - 1.15.4. Temperatura máxima del gas de escape en el punto del tubo o tubos de escape contiguo a la brida o bridas exteriores del colector o colectores de escape: K
 - 1.15.5. Temperatura del combustible: mín.: K
.....máx.: K
 - 1.15.6. Temperatura del lubricante: mín.: K
.....máx.: K

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.⁽²⁾ Especifíquese la tolerancia.

- 1.16. Sobrealimentación: sí/no ⁽¹⁾
- 1.16.1. Marca:
- 1.16.2. Tipo:
- 1.16.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede):
- 1.16.4. Intercambiador intermedio: sí/no ⁽¹⁾
- 1.17. Sistema de admisión: Máxima depresión admisible a régimen nominal y a 100 % de carga: kPa
- 1.18. Sistema de escape: Máxima contrapresión del escape admisible a régimen nominal y a 100 % de carga: kPa
2. Medidas adoptadas contra la contaminación ambiental
- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2. Dispositivos adicionales anticontaminación (si existen y no se han incluido en otro punto)
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.1.1. Marca(s):
- 2.2.1.2. Tipo(s):
- 2.2.1.3. Número de convertidores y elementos catalíticos:
- 2.2.1.4. Dimensiones y volumen del catalizador o catalizadores catalíticos:
- 2.2.1.5. Tipo de acción catalítica:
- 2.2.1.6. Carga total de metales preciosos:
- 2.2.1.7. Concentración relativa:
- 2.2.1.8. Sustrato (estructura y material):
- 2.2.1.9. Densidad celular:
- 2.2.1.10. Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s):
- 2.2.1.11. Localización del catalizador o catalizadores (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor):
- 2.2.1.12. Intervalo de temperaturas normales de funcionamiento [K]:
- 2.2.1.13. Reactivo consumible (cuando proceda):
- 2.2.1.13.1. Tipo y concentración del reactivo necesario para la acción catalítica:
- 2.2.1.13.2. Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales del reactivo:
- 2.2.1.13.3. Norma internacional (cuando proceda):
- 2.2.1.14. Sensor de NO_x: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.2.1. Marca(s):
- 2.2.2.2. Tipo:
- 2.2.2.3. Lugar de colocación:
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.):
- 2.2.4. EGR: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.4.1. Características (con/sin refrigeración, alta/baja presión, etc.):
- 2.2.5. Trampa de partículas: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.5.1. Dimensiones y capacidad del filtro de partículas:
- 2.2.5.2. Tipo y diseño de la trampa de partículas:

- 2.2.5.3. Localización (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor):
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo:
- 2.2.5.5. Intervalo de temperaturas [K] y presiones [kPa] normales de funcionamiento:
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no ⁽¹⁾
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento:
3. Alimentación de combustible
- 3.1. Bomba de alimentación
- Presión ⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2. Sistema de inyección
- 3.2.1. Bomba
- 3.2.1.1. Marca(s):
- 3.2.1.2. Tipo(s):
- 3.2.1.3. Caudal: mm³ por inyección ⁽²⁾ o ciclo a un régimen de la bomba de min⁻¹ en máxima inyección, o diagrama característico.
- Indíquese el método utilizado: Instalada en el motor/en el banco de pruebas ⁽¹⁾
- 3.2.1.4. Avance a la inyección
- 3.2.1.4.1. Curva de avance a la inyección ⁽²⁾:
- 3.2.1.4.2. Calaje ⁽²⁾:
- 3.2.2. Tuberías de inyección
- 3.2.2.1. Longitud: mm
- 3.2.2.2. Diámetro interno: mm
- 3.2.3. Inyector(es)
- 3.2.3.1. Marca(s):
- 3.2.3.2. Tipo(s):
- 3.2.3.3. Presión de abertura ⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2.4. Regulador de velocidad
- 3.2.4.1. Marca(s):
- 3.2.4.2. Tipo(s):
- 3.2.4.3. Velocidad de comienzo de corte a plena carga ⁽²⁾: min⁻¹
- 3.2.4.4. Velocidad máxima en vacío ⁽²⁾: min⁻¹
- 3.2.4.5. Velocidad de ralentí ⁽²⁾: min⁻¹
- 3.3. Sistema de arranque en frío
- 3.3.1. Marca(s):
- 3.3.2. Tipo(s):
- 3.3.3. Descripción:
4. Reservado
5. Reglaje de las válvulas
- 5.1. Levantamientos máximos de las válvulas y ángulos de apertura y de cierre referidos a los puntos muertos o datos equivalentes:

- 5.2. Intervalos de referencia y/o de ajuste ⁽¹⁾
 - 5.3. Sistema de distribución variable (en su caso: de admisión o escape) ⁽¹⁾
 - 5.3.1. Tipo: continuo o intermitente ⁽¹⁾
 - 5.3.2. Ángulo de cambio de fase de leva:
 - 6. Reservado
 - 7. Reservado
-

ANEXO 1B

CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA DE MOTORES Y ELECCIÓN DEL MOTOR DE REFERENCIA**1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA FAMILIA DE MOTORES****1.1. Aspectos generales**

Las familias de motores se caracterizan por sus parámetros de diseño, que 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 apartado 1.3. La familia de motores será aprobada por el organismo de homologación. El fabricante pondrá a disposición del organismo de homologación la información adecuada sobre los niveles de emisión de los miembros de la familia de motores.

1.2. Casos particulares**1.2.1. Interacciones entre parámetros**

En algunos casos puede existir interacción entre parámetros, lo que puede modificar las emisiones. Esto también debe tenerse en cuenta para garantizar que en una misma familia de motores solo se incluyen motores que poseen características similares en cuanto a emisión de gases de escape. El fabricante deberá identificar estos casos y notificarlos al organismo de homologación. Se tendrán en cuenta como criterio para la creación de una nueva familia de motores.

1.2.2. Dispositivos o características que influyen fuertemente en las emisiones

En caso de dispositivos o características que no se contemplen en el apartado 1.3 y que influyan fuertemente en el nivel de emisiones, el fabricante identificará este equipo aplicando las buenas prácticas técnicas y lo notificará al organismo de homologación. Se tendrán en cuenta como criterio para la creación de una nueva familia de motores.

1.2.3. Criterios adicionales

Además de los parámetros indicados en el apartado 1.3, 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.

1.3. Parámetros que definen la familia de motores**1.3.1. Ciclo de combustión:**

- a) 2 tiempos;
- b) 4 tiempos;
- c) Motor rotativo;
- d) Otros.

1.3.2. Configuración de los cilindros**1.3.2.1. Posición de los cilindros en el bloque:**

- a) En V;
- b) En línea;
- c) En disposición radial;
- d) Otras (en F, en W, etc.).

1.3.2.2. Posición relativa de los cilindros

Los motores con el mismo bloque pueden pertenecer a la misma familia si tienen el mismo diámetro, de centro a centro.

1.3.3. Principal medio refrigerante:

- a) Aire;
- b) Agua;
- c) Aceite.

1.3.4. Desplazamiento de cada cilindro

Entre el 85 % y el 100 % en los motores con un desplazamiento por cilindro $\geq 0,75 \text{ dm}^3$ del mayor desplazamiento dentro de la familia.

Entre el 70 % y el 100 % en los motores con un desplazamiento por cilindro $< 0,75 \text{ dm}^3$ del mayor desplazamiento dentro de la familia.

1.3.5. Método de aspiración del aire:

- a) Aspiración natural;
- b) Sobrealimentación;
- c) Sobrealimentación con sistema de refrigeración de la admisión.

1.3.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión:

- a) Cámara abierta;
- b) Cámara dividida;
- c) Otros.

1.3.7. Válvulas y orificios

- a) Configuración;
- b) Número de válvulas por cilindro.

1.3.8. 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.

1.3.9. Dispositivos diversos:

- a) Recirculación del gas de escape (EGR);
- b) Inyección de agua;
- c) Inyección de aire;
- d) Otros.

1.3.10. Estrategia de control electrónico

La presencia o ausencia de una unidad de control electrónico (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 el agrupamiento de los motores en una familia, es decir, los motivos por los que se puede esperar que esos motores cumplan los mismos requisitos sobre emisiones.

No es necesario que los motores con regulación electrónica de velocidad 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 calaje, la presión, la curva de variación, etc.

1.3.11. 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 del NO_x (adición de agente reductor);
- c) Otros sistemas reducción de NO_x ;
- d) Trampa de partículas con regeneración pasiva;
- e) Trampa de partículas con regeneración activa;

f) Otras trampas de partículas;

g) Otros dispositivos.

Cuando un motor ha sido certificado sin sistema de postratamiento, bien como motor de referencia o como miembro de una familia, si está equipado con un catalizador de oxidación (no con trampa 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, trampas de partículas que requieran aditivos especiales en el combustible para garantizar el proceso de regeneración), la decisión de incluirlo en la misma familia se basará en elementos técnicos que indique el fabricante. Esos elementos indicarán que el nivel de emisión previsto del motor equipado respeta el mismo límite que el motor no equipado.

Cuando un motor ha sido certificado con un sistema de postratamiento, bien como motor de referencia o como miembro de una familia 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.

2. ELECCIÓN DEL MOTOR DE REFERENCIA

- 2.1. El motor de referencia de la familia se seleccionará utilizando los criterios primarios de máxima cantidad de combustible alimentado por carrera al régimen de par máximo declarado. En el caso de que dos o más motores compartan estos criterios primarios, el motor de referencia se seleccionará utilizando los criterios secundarios de máxima cantidad de combustible alimentado por carrera al régimen nominal. Bajo ciertas circunstancias, la autoridad que concede la homologación podrá decidir que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a nivel de emisiones es probar un segundo motor. Por lo tanto, las autoridades podrán seleccionar un motor adicional para probarlo sobre la base de características que indiquen que puede tener los niveles de emisión más elevados de los motores de esa familia.
 - 2.2. Si algunos motores de la familia poseen otras características variables que puedan influir en las emisiones de escape, al seleccionar el motor de referencia también deberán determinarse y tenerse en cuenta dichas características.
-

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

del tipo de motor o de una familia de tipos de motor de encendido por compresión como unidades técnicas independientes en lo que se refiere a las emisiones de contaminantes de conformidad con el Reglamento no 96.

Nº de homologación: Nº de extensión:

1. Denominación comercial o marca del motor:
2. Tipo(s) de motor:
 - 2.1. Familia de motores:
 - 2.2. Banda de potencia de la familia de motores:
 - 2.3. Régimen variable/constante ⁽²⁾
 - 2.4. Tipos incluidos en la familia de motores:
 - 2.5. Tipo de motor sometido a ensayo o representante de la familia de motores:
3. Nombre y dirección del fabricante:
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
5. Máxima depresión admisible en la admisión: kPa
6. Máxima contrapresión admisible: kPa
7. En su caso, restricciones a la utilización:
8. Niveles de emisión - resultados finales del ensayo con DF:

	NRSC	NRTC
CO (g/kWh)		
HC (g/kWh)		
NO _x (g/kWh)		
PM (g/kWh)		

9. Motor sometido a ensayo el:
10. Servicio técnico responsable de la realización del ensayo de homologación:
11. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio:
12. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio:
13. Emplazamiento de la marca de homologación en el motor:
14. Lugar:
15. Fecha:
16. Firma:
17. Se adjuntan a esta comunicación los siguientes documentos, que llevan el número de homologación indicado anteriormente:
 Una copia del anexo 1A o del anexo 1B del presente Reglamento, cumplimentada y acompañada de los dibujos y los diagramas señalados.

⁽¹⁾ Número de identificación del país que ha concedido/extendido/denegado/retirado una homologación (véanse las disposiciones sobre homologación que figuran en el Reglamento).

⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.

Apéndice 1

Informe del ensayo relativo a motores de encendido por compresión

Resultados del ensayo ⁽¹⁾

Información relativa al motor de ensayo

Tipo de motor:

Número de identificación del motor:

1. Información relativa a la realización del ensayo:

1.1. Combustible de referencia utilizado para el ensayo

1.1.1. Índice de cetano:

1.1.2. Contenido en azufre:

1.1.3. Densidad:

1.2. Lubricante

1.2.1. Marca(s):

1.2.2. Tipo(s):

(Indíquese el porcentaje de aceite de la mezcla si se mezclan lubricante y combustible)

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

1.3.1. Datos de enumeración e identificación:

1.3.2. Potencia absorbida a los regímenes que se indican (según especificación del fabricante):

Equipamiento	Potencia absorbida por el equipamiento accionado por el motor a distintos regímenes de este ⁽²⁾ ⁽³⁾ , teniendo en cuenta el anexo 7		
	Régimen intermedio (en su caso)	Régimen de potencia máxima: (si difiere del nominal)	Régimen nominal ⁽⁴⁾
Total:			

1.4. Prestaciones del motor

1.4.1. Regímenes del motor:

Ralentí: min⁻¹Intermedio: min⁻¹Nominal ⁽⁵⁾: min⁻¹Potencia máxima: min⁻¹⁽¹⁾ En el caso de varios motores de referencia, los datos siguientes se indicarán para cada uno de ellos.⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.⁽³⁾ No será superior al 10 % de la potencia medida durante el ensayo.⁽⁴⁾ Indicar los valores al régimen del motor correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.⁽⁵⁾ Indicar el régimen del motor correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.

1.4.2. Potencia del motor ⁽⁶⁾

Condición	Ajuste de potencia [kW] a distintos regímenes del motor		
	Régimen intermedio (en su caso)	Régimen de potencia máxima (si difiere del nominal)	Régimen nominal ⁽⁷⁾
Potencia máxima medida al régimen de ensayo prescrito (kW) (a)			
Potencia total absorbida por el equipamiento accionado por el motor de acuerdo con el apartado 1.3.2 del presente apéndice, teniendo en cuenta el anexo 7 (kW) (b)			
Potencia neta del motor tal como se especifica en el apartado 2.1.49 (kW) (c)			
$c = a + b$			

2. Información relativa a la realización del ensayo de NRSC:

2.1. Ajuste del dinamómetro [kW]

Porcentaje de carga	Ajuste del dinamómetro [kW] a distintos regímenes del motor	
	Intermedio (si procede)	Régimen nominal ⁽⁷⁾
10 (si procede)		
25 (si procede)		
50		
75		
100		

2.2. Resultados de emisión del motor / motor de referencia ⁽⁸⁾Factor de deterioro (DF): calculado/fijo ⁽⁸⁾Especifíquense los valores del DF y los resultados de las emisiones en el cuadro siguiente ⁽⁷⁾:

Ensayo NRSC					
DF mult./ad. ⁽⁸⁾	CO	HC	NO _x	PM	
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
Resultado del ensayo					
Resultado final del ensayo con DF					

⁽⁶⁾ Potencia sin corregir medida conforme al apartado 2.1.49.⁽⁷⁾ Sustituir por los valores al régimen del motor correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.⁽⁸⁾ Táchese lo que no proceda.

Puntos de ensayo adicionales de la zona de control (en su caso)						
Emisiones en el punto de ensayo	Régimen del motor	Carga (%)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
Resultado de ensayo 1						
Resultado de ensayo 2						
Resultado de ensayo 3						

2.3. Sistema de muestreo utilizado para el ensayo NRSC:

2.3.1. Emisiones gaseosas ⁽⁹⁾:

2.3.2. PM ⁽⁹⁾:

2.3.2.1. Método ⁽⁸⁾: filtro único/múltiples filtros

3. Información relativa a la realización del ensayo NRTC (si procede) ⁽¹⁰⁾:

3.1. Resultados de emisión del motor / motor de referencia ⁽⁸⁾

Factor de deterioro (DF): calculado/fijo ⁽⁸⁾

Especifíquense los valores del DF y los resultados de las emisiones en el cuadro siguiente ⁽⁹⁾:

Se comunicarán los datos relacionados con la regeneración de los motores de las bandas de potencia Q y R.

Ensayo NRTC						
DF mult./ad. ⁽⁸⁾	CO	HC	NO _x		PM	
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC+NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	
Arranque en frío						
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC+NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
Arranque en caliente sin regeneración						
Arranque en caliente con regeneración ⁽⁸⁾						
$k_{r,u}$ (mult./ad.) ⁽⁸⁾ $k_{r,d}$ (mult./ad.) ⁽⁸⁾						
Resultado ponderado del ensayo						
Resultado final del ensayo con DF						

Trabajo del ciclo relativo a un arranque en caliente sin regeneración kWh

3.2. Sistema de muestreo utilizado para el ensayo NRTC:

Emisiones gaseosas ⁽⁹⁾:

Partículas ⁽⁹⁾:

Método ⁽⁸⁾: filtro único/múltiples filtros

⁽⁹⁾ Indicar las cifras del sistema usado como se define en el anexo 4A, apéndice 4, o el apartado 9 del anexo 4B del presente Reglamento, según proceda.

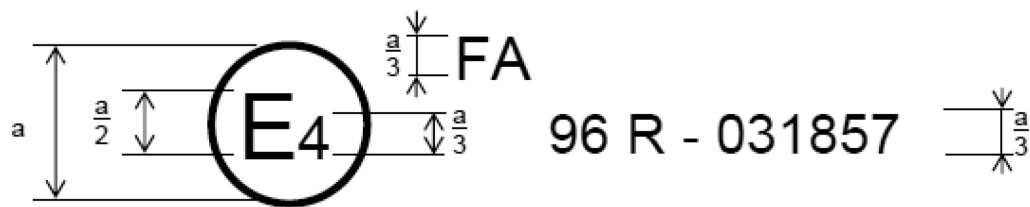
⁽¹⁰⁾ En caso de varios motores de referencia, se indicará cada uno de ellos

ANEXO 3

DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN

Modelo A

(Véase el apartado 4.4 del presente Reglamento)

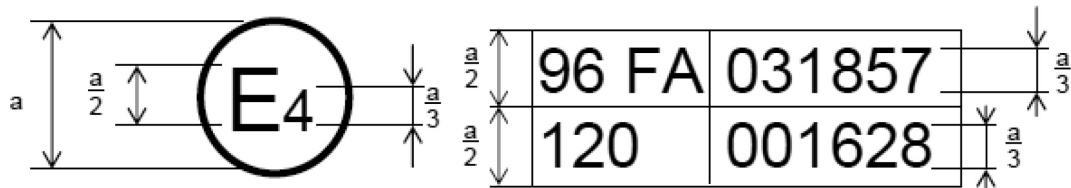


a = 8 mm mín.

Esta marca de homologación colocada en un motor indica que el tipo de motor en cuestión ha sido homologado con el número de homologación 031857 en los Países Bajos (E4) con arreglo al Reglamento nº 96 (conforme al nivel correspondiente a la banda de potencia F como motor de régimen variable, indicado por la letra A). Los dos primeros dígitos del número de homologación indican que la homologación se concedió con arreglo a la versión modificada del Reglamento nº 96 (series de enmiendas 03).

Modelo B

(Véase el apartado 4.5 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 (E4) con arreglo a los Reglamentos nº 96 y nº 120 (conforme al nivel correspondiente a la banda de potencia F como motor de régimen variable, indicado por la letra A). Los dos primeros dígitos del número de homologación indican que, en las fechas en que se concedieron las respectivas homologaciones, el Reglamento nº 96 se encontraba en su versión modificada (serie de enmiendas 03) y el Reglamento nº 120 estaba en su forma original.

ANEXO 4A

MÉTODO PARA DETERMINAR LAS EMISIONES DE GASES Y PARTÍCULAS CONTAMINANTES**1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. 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.

Los siguientes ciclos de ensayo serán de aplicación:

El NRSC (ciclo continuo no de carretera), apropiado para la especificación del equipo que se usará para la medición de las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y partículas para todas las bandas de potencia de los motores descritos en los apartados 1.1, 1.2 y 1.3 del presente Reglamento, y el NRTC (ciclo transitorio no de carretera), que se usará para la medición de las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y partículas para las bandas de potencia L y superiores de los motores descritos en los apartados 1.1 y 1.2 del presente Reglamento.

Los gases y partículas emitidos por el motor sometido a ensayo se medirán por los métodos descritos en el anexo 4A, apéndice 4.

Se aceptarán otros sistemas o analizadores si proporcionan resultados equivalentes a los de los siguientes sistemas de referencia:

- Para las emisiones gaseosas medidas en el escape sin diluir, el sistema representado en la figura 2 del anexo 4A, apéndice 4;
- Para las emisiones gaseosas medidas en el escape diluido de un sistema de dilución de flujo total, el sistema representado en la figura 3 del anexo 4A, apéndice 4;
- Para las emisiones de partículas, el sistema de dilución de flujo total, que funciona con un filtro separado para cada modo, representado en la figura 13 del anexo 4A, apéndice 4.

La determinación de la equivalencia de sistemas se basará en un ciclo de siete ensayos (como mínimo) para un estudio de correlación entre el sistema considerado y uno o varios de los sistemas de referencia anteriores.

El criterio de equivalencia se define como una coincidencia del $\pm 5\%$ entre los promedios de los valores ponderados de las emisiones del ciclo. Se utilizará el ciclo señalado en el anexo 4A, apartado 3.6.1.

Para la introducción de un nuevo sistema en el Reglamento, la determinación de la equivalencia se basará en el cálculo de la repetibilidad y la reproducibilidad, tal como se definen en la norma ISO 5725.

- 1.2. El ensayo se efectuará con el motor instalado en un banco de pruebas y acoplado a un dinamómetro.
- 1.3. Principio de medición:

Las emisiones de gases de escape del motor que se han de medir incluyen los componentes gaseosos (monóxido de carbono, hidrocarburos totales y óxidos de nitrógeno) y las partículas. Asimismo, a menudo se utiliza el dióxido de carbono como gas trazador para determinar la relación de dilución de los sistemas de dilución de flujo parcial y de flujo total. La buena práctica recomienda la medición general de dióxido de carbono como una herramienta excelente para la detección de problemas de medición durante el ensayo.

1.3.1. Ensayo NRSC:

Durante una secuencia prescrita de condiciones de funcionamiento, con los motores calientes, se determinará constantemente la cantidad de dichos gases tomando una muestra del gas de escape sin diluir. El ciclo de ensayo consiste en un número determinado de modos de régimen y de par (carga) que cubren la gama típica de las condiciones de funcionamiento de los motores diésel. Durante cada modo, se determinará la concentración de cada contaminante gaseoso, el flujo de gas de escape y la potencia suministrada, y se ponderarán los valores medidos (ya mediante factores de ponderación, ya mediante tiempo de muestreo). La muestra de partículas se diluirá con aire ambiente acondicionado. Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de ensayo mediante los filtros adecuados.

De manera alternativa, en los ciclos de modos discretos, se podrá tomar una muestra por modo en filtros separados y computar los resultados ponderados por ciclos.

La cantidad de cada contaminante emitido en gramos por kilovatio hora se calculará según el método descrito en el apéndice 3 del presente anexo.

1.3.2. Ensayo NRTC:

El ciclo de ensayo transitorio prescrito basado estrictamente en las condiciones de funcionamiento de los motores diésel instalados en las máquinas no de carretera se realizará dos veces:

- a) La primera vez (arranque en frío), después de que el motor haya alcanzado la temperatura ambiente y de que la temperatura del refrigerante del motor y del lubricante, de los dispositivos de postratamiento y de todos los dispositivos auxiliares de control del motor se haya estabilizado entre los 20 °C y los 30 °C.
- b) La segunda vez (arranque en caliente), después de 20 minutos de parada en caliente, que comienza inmediatamente después de concluido el ciclo de arranque en frío.

Durante esta secuencia de ensayo, se estudiarán los contaminantes mencionados anteriormente. La secuencia del ensayo consiste en un ciclo de arranque en frío tras el enfriamiento forzado o natural del motor, un período de parada en caliente y un ciclo de arranque en frío, que da como resultado un cálculo de emisiones compuestas. Utilizando las señales de retorno del par y del régimen del dinamómetro del motor, se integrará la potencia con respecto a la duración del ciclo, con lo que se obtendrá el trabajo producido por el motor a lo largo del ciclo. La concentración de los componentes gaseosos se determinará a lo largo del ciclo, bien en los gases de escape sin diluir mediante la integración de la señal del analizador de acuerdo con el apéndice 3 del presente anexo, bien en los gases de escape diluidos de un sistema de dilución de flujo total CVS mediante integración o muestreo con bolsas con arreglo al apéndice 3 del presente anexo. En el caso de las partículas, se recogerá una muestra proporcional de los gases de escape diluidos en un filtro especificado mediante dilución con flujo parcial o flujo total. Dependiendo del método utilizado, se determinará el caudal de gas de escape diluido o sin diluir a lo largo del ciclo para calcular los valores de emisión másica de los contaminantes. Los valores de emisión másica se relacionarán con el trabajo del motor, a fin de calcular la cantidad de cada contaminante emitido en gramos por kilovatio-hora.

Las emisiones [g/kWh] se medirán durante los ciclos de arranque en frío y de arranque en caliente. Las emisiones compuestas ponderadas se calcularán mediante la ponderación del 10 % de los resultados del arranque en frío y el 90 % de los resultados del arranque en caliente. Los resultados compuestos ponderados habrán de respetar los límites.

1.4. Símbolos de los parámetros de ensayo

Símbolo	Unidad	Significado
A_p	m^2	Sección de la sonda de muestreo isocinética.
A_T	m^2	Sección del tubo de escape.
$aver$		Valores medios ponderados de:
	m^3/h	caudal volumétrico;
	kg/h	caudal másico;
	g/kWh	emisiones específicas.
α	—	Relación hidrógeno-carbono del combustible.
$C1$	—	Hidrocarburo equivalente al carbono 1.
$conc$	ppm	Concentración (con el subíndice del vol % componente de designación).
$conc_c$	ppm	Concentración de fondo corregida. Vol %
$conc_d$	ppm	Concentración del aire de dilución. Vol %
DF	—	Factor de dilución.
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio.
F_{FH}	—	Factor específico del combustible utilizado para el cálculo de la concentración en húmedo a partir de la concentración de la relación hidrógeno-carbono en seco.
G_{AIRW}	kg/h	Caudal másico del aire de admisión en base húmeda.
G_{AIRD}	kg/h	Caudal másico del aire de admisión en base seca.
G_{DILW}	kg/h	Caudal másico del aire de dilución en base húmeda.
G_{EDFW}	kg/h	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda.
G_{EXHW}	kg/h	Caudal másico del gas de escape en base húmeda.

Símbolo	Unidad	Significado
G_{FUEL}	kg/h	Caudal másico del combustible.
G_{TOTW}	kg/h	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda.
H_{REF}	g/kg	Valor de referencia de la humedad absoluta 10,71 g/kg para el cálculo de los factores de corrección de la humedad para NO_x y partículas.
H_a	g/kg	Humedad absoluta del aire de admisión.
H_d	g/kg	Humedad absoluta del aire de dilución.
i	—	Subíndice que indica un modo individual.
K_H	—	Factor de corrección de la humedad para NO_x .
K_p	—	Factor de corrección de la humedad para partículas.
$K_{W,a}$	—	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.
L	%	Porcentaje de par en relación con el par máximo del régimen de ensayo.
$mass$	g/h	Subíndice que indica el caudal másico de emisiones.
M_{DIL}	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas.
M_{SAM}	kg	Masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas.
M_d	mg	Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida.
M_f	mg	Masa de la muestra de partículas recogida.
p_a	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor (ISO 3046 p_{sy} = ambiente de ensayo PSY).
p_B	kPa	Presión barométrica total (ISO 3046: P_x = presión total ambiente in situ PX; P_y = presión total ambiente del ensayo PY).
p_d	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de dilución.
p_s	kPa	Presión atmosférica seca.
P	kW	Potencia al freno no corregida.
$P_{\Delta E}$	kW	Potencia total declarada absorbida por los equipos auxiliares montados para el ensayo que no se requieren según el apartado 2.1.49 del presente Reglamento.
P_M	kW	Potencia máxima medida al régimen de ensayo en condiciones de ensayo (véase el anexo 1A).
P_m	kW	Potencia medida en los diferentes modos de ensayo.
q	—	Relación de dilución.
r	—	Relación de las superficies de las secciones transversales de la sonda isocinética y el tubo de escape.
R_a	%	Humedad relativa del aire de admisión.
R_d	%	Humedad relativa del aire de dilución.
R_f	—	Factor de respuesta FID.
S	kW	Ajuste del dinamómetro.
T_a	K	Temperatura absoluta del aire de admisión.
T_{Dd}	K	Temperatura absoluta en el punto de rocío.

Símbolo	Unidad	Significado
T_{SC}	K	Temperatura del aire interrefrigerado.
T_{ref}	K	Temperatura de referencia (del aire de combustión 298 K [25 °C]).
T_{SCRef}	K	Temperatura de referencia del aire interrefrigerado.
V_{AIRD}	m ³ /h	Caudal volumétrico del aire de admisión en base seca.
V_{AIRW}	m ³ /h	Caudal volumétrico del aire de admisión en base húmeda.
V_{DIL}	kg	Volumen de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas.
V_{DILW}	m ³ /h	Caudal volumétrico del aire de dilución en base húmeda.
V_{EDFW}	m ³ /h	Caudal volumétrico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda.
V_{EXHD}	m ³ /h	Caudal volumétrico del gas de escape en base seca.
V_{EXHW}	m ³ /h	Caudal volumétrico del gas de escape en base húmeda.
V_{SAM}	m ³	Volumen de la muestra pasado por filtros de muestreo de partículas.
V_{TOTW}	m ³ /h	Caudal volumétrico del gas de escape diluido en base húmeda.
WF	—	Factor de ponderación.
WF_E	—	Factor de ponderación efectivo.

2. CONDICIONES DE ENSAYO

2.1. Prescripciones generales

Todos los volúmenes y caudales volumétricos estarán referidos a 273 K (0 °C) y 101,3 kPa.

2.2. Condiciones de ensayo del motor

- 2.2.1. Se medirá la temperatura absoluta T_a del aire de admisión del motor, expresada en K, y la presión atmosférica seca p_s , expresada en kPa, y se procederá al cálculo del factor f_a , definido por las ecuaciones siguientes:

Motores de aspiración natural y con sobrealimentación mecánica:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{0,7}$$

Motor sobrealimentado por turbocompresor con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{1,5}$$

2.2.2. Validez del ensayo

Para que se reconozca la validez de un ensayo, el parámetro f_a deberá cumplir la siguiente condición:

$$0,96 \leq f_a \leq 1,06$$

2.2.3. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

Se registrará la temperatura del aire de sobrealimentación, que deberá encontrarse, al régimen nominal declarado y a plena carga, dentro de un margen de ± 5 K respecto de la temperatura máxima del aire de sobrealimentación especificada por el fabricante. La temperatura mínima del agente refrigerante será de 293 K (20 °C).

Si se utiliza un sistema de ensayo en taller o un soplador externo, la temperatura del aire de sobrealimentación deberá encontrarse dentro de un margen de ± 5 K respecto de la temperatura máxima del aire de sobrealimentación especificada por el fabricante al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. La temperatura y el caudal del refrigerante del aire de sobrealimentación en el punto de consigna establecido anteriormente no se modificarán durante todo el ciclo de ensayo. El volumen del refrigerante del aire de sobrealimentación se basará en un método técnico adecuado y en las aplicaciones típicas vehículo/máquina.

Como alternativa, el ajuste del refrigerante del aire de sobrealimentación podrá hacerse con arreglo a SAE J 1937 en la versión publicada en enero de 1995.

2.3. Sistema de admisión del motor

El motor estará equipado con un sistema de admisión que presente una restricción a la entrada del aire dentro de un margen de ± 300 Pa del valor prescrito por el fabricante para un filtro de aire limpio en las condiciones de funcionamiento del motor previstas por el fabricante que produzcan el máximo flujo de aire. Las restricciones se fijarán al régimen nominal y carga completa. Podrá utilizarse un sistema de taller de ensayos, siempre que reproduzca las condiciones reales de funcionamiento del motor.

2.4. Sistema de escape del motor

El motor estará equipado con un sistema de escape con una contrapresión dentro de un margen de ± 650 Pa del valor prescrito por el fabricante para las condiciones de funcionamiento del motor que produzcan la potencia máxima declarada.

Si el motor incluye un sistema de postratamiento del gas de escape, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que en un punto situado a una distancia equivalente a un mínimo de cuatro veces el diámetro del tubo antes del comienzo de la sección de expansión que contiene el dispositivo de postratamiento del gas de escape. La distancia entre la brida del colector de escape o la salida del turbocompresor y el dispositivo de postratamiento del gas de escape será la de la configuración de la máquina o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. La contrapresión o limitación de caudal de los gases de escape se registrará por estos mismos criterios y podrá regularse con una válvula. 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.

2.5. Sistema de refrigeración

El fabricante prescribirá un sistema de refrigeración del motor con suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas de funcionamiento normales.

2.6. Aceite lubricante

Se anotarán las características del aceite lubricante utilizado para el ensayo y se presentarán con los resultados del ensayo.

2.7. Combustible de ensayo

Se utilizará el combustible de referencia especificado en el anexo 6 para la banda de potencia correspondiente:

Anexo 6, cuadro 1, para las bandas de potencia D a G

Anexo 6, cuadro 2, para las bandas de potencia H a K

Anexo 6, cuadro 3, para las bandas de potencia L a P

De manera opcional, el combustible de referencia especificado en el anexo 6, cuadro 1, se podrá utilizar para las bandas de potencia H a K.

El índice de cetano y el contenido en azufre del combustible de referencia utilizado para el ensayo se registrarán de acuerdo con lo señalado en el anexo 2, apéndice 1, apartado 1.1.

La temperatura del combustible a la entrada de la bomba de inyección deberá estar entre 306 K (33 °C) y 316 K (43 °C).

3. REALIZACIÓN DEL ENSAYO (ENSAYO NRSC)

3.1. Determinación de los valores del dinamómetro

La base de la medición de las emisiones específicas es la potencia al freno sin corregir con arreglo al Reglamento nº 120.

Durante el ensayo, se instalarán los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor, con arreglo a los requisitos del anexo 7.

En caso de que no se desmonten estos accesorios, se determinará la potencia por ellos absorbida a las velocidades de ensayo con el fin de calcular los ajustes del dinamómetro, salvo en el caso de que esos accesorios formen parte del motor (por ejemplo, los ventiladores de refrigeración de los motores refrigerados por aire)

Los valores de restricción de admisión y de contrapresión en el tubo de escape se ajustarán a los límites superiores previstos por el fabricante, de acuerdo con los apartados 2.3 y 2.4.

Los valores de par máximo a las velocidades de ensayo prescritas se determinarán por experimentación con el fin de calcular los valores de par para los modos de ensayo prescritos. Para los motores que no estén destinados a funcionar dentro de un determinado intervalo en una curva de par a plena carga, el par máximo a los regímenes de ensayo será el declarado por el fabricante.

El ajuste del motor para cada modo de ensayo se calculará utilizando la ecuación siguiente:

$$S = \left(\left(P_M + P_{AE} \right) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Si se cumple la relación

$$\frac{P_{AE}}{P_M} \Rightarrow 0,03$$

el valor de P_{AE} podrá ser comprobado por el organismo de homologación competente para la concesión de la homologación.

3.2. Preparación de los filtros de muestreo

Al menos una hora antes del ensayo, se introducirá cada filtro (o par de filtros) en una cápsula de Petri cerrada pero sin precintar, y se colocará en una cámara de pesaje para su estabilización. Al finalizar el período de estabilización, se pesará cada par de filtros y se anotará la tara. A continuación, el filtro (o par de filtros) se guardará en la cápsula de Petri cerrada o en un portafiltros hasta que se necesite para el ensayo. Si el filtro (o par de filtros) no se utiliza en las ocho horas siguientes a su extracción de la cámara de pesaje, deberá pesarse de nuevo antes de ser utilizado.

3.3. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según sea necesario. Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total para la dilución del gas de escape, se conectará el tubo de escape al sistema.

3.4. Puesta en marcha del sistema de dilución y del motor

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán hasta que se estabilicen todas las temperaturas y presiones a plena carga y al régimen nominal (apartado 3.6.2).

3.5. Ajuste de la relación de dilución

Para el método con un solo filtro se pondrá en marcha y se utilizará en derivación el sistema de muestreo de partículas (esto es opcional cuando se utiliza el método de múltiples filtros). El nivel de partículas de fondo del aire de dilución podrá determinarse haciendo pasar el aire de dilución por los filtros de partículas. Si se utiliza aire de dilución filtrado, podrá realizarse una sola medición en cualquier momento antes, durante o después del ensayo. Si no se filtra el aire de dilución, la medición se realizará en una muestra tomada mientras dure el ensayo.

Se ajustará el aire de dilución para obtener una temperatura entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) en la superficie frontal del filtro en cada modo. La relación de dilución total no deberá ser inferior a 4.

Nota: Para las bandas de potencia hasta la K, incluida, que utilicen ciclos de modo discreto, la temperatura de los filtros se mantendrá a un valor máximo de 325 K (52 °C) y no será necesario respetar el intervalo de temperaturas de 42 °C a 52 °C.

Para los métodos de filtro único y de múltiples filtros, el caudal másico de muestra que pase por el filtro se deberá mantener, en todos los modos, en una proporción constante del caudal másico de gases de escape diluidos correspondiente a los sistemas de flujo total. En los sistemas sin derivación de caudal, esta relación másica deberá cumplirse con una tolerancia del $\pm 5\%$ del valor promediado del modo, excepto durante los 10 primeros segundos de cada modo. En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial, cuando se utilice el método de filtro único, el caudal másico de paso por el filtro deberá ser constante con una tolerancia del $\pm 5\%$ respecto del valor ponderado de cada modo, excepto, en los sistemas sin derivación, durante los 10 primeros segundos de cada modo.

En los sistemas controlados por concentración de CO_2 o NO_x , el contenido en CO_2 o NO_x del aire de dilución se medirá al comienzo y al final de cada ensayo. La diferencia entre las mediciones de la concentración de fondo de CO_2 o NO_x en el aire de dilución efectuadas antes y después del ensayo deberá situarse dentro de un margen de 100 ppm o 5 ppm, respectivamente.

Cuando se utilice un sistema de análisis de gases de escape diluidos, las concentraciones de fondo correspondientes se determinarán recogiendo la muestra de aire de dilución en una bolsa de muestras durante toda la secuencia de ensayos.

La concentración de fondo continua (sin bolsa) se tomará en tres puntos como mínimo, al comienzo, al final y en un punto próximo a la mitad del ciclo, y se promediarán los valores obtenidos. Las mediciones de nivel básico podrán omitirse si lo solicita el fabricante.

3.6. Comprobación de los analizadores

Los analizadores de emisiones se pondrán a cero y se calibrarán.

3.7. Ciclo de ensayo

3.7.1. Especificaciones de la maquinaria con arreglo a los apartados 1.1 a 1.3:

3.7.1.1. Especificación A

En el caso de los motores de los apartados 1.1 y 1.2 del presente Reglamento, se aplicará el ciclo de ocho modos ⁽¹⁾ del anexo 5, letra a) del apartado 1.1, en el funcionamiento con dinamómetro del motor de ensayo.

De manera opcional, se podrá utilizar el correspondiente ciclo modal con aumentos de nueve velocidades del anexo 5, letra a) del apartado 1.2. En este caso, el ciclo se ejecutará con arreglo al anexo 4B, apartado 7.8.2, en lugar de seguir los procedimientos previstos en los apartados 3.7.2 a 3.7.6.

3.7.1.2. Especificación B

En el caso de los motores del apartado 1.3 del presente Reglamento, se aplicará el ciclo de cinco modos ⁽²⁾ del anexo 5, letra b) del apartado 1.1, en el funcionamiento con dinamómetro del motor de ensayo.

De manera opcional, se podrá utilizar el ciclo modal con aumentos de cinco velocidades del anexo 5, letra b) del apartado 1.2. En este caso, el ciclo se ejecutará con arreglo al anexo 4B, apartado 7.8.2, en lugar de seguir los procedimientos previstos en los apartados 3.7.2 a 3.7.6.

Las cifras de carga son porcentajes del par correspondiente a la potencia nominal definida como la máxima potencia disponible durante una secuencia de potencia variable, que puede ejecutarse durante un número ilimitado de horas al año, entre los intervalos de mantenimiento establecidos y en las condiciones ambientales establecidas, realizándose el mantenimiento de conformidad con las instrucciones del fabricante.

3.7.2. Acondicionamiento del motor

El calentamiento del motor y el sistema se efectuarán a los valores máximos de régimen y de par, a fin de estabilizar los parámetros del motor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Nota: El período de acondicionamiento deberá evitar también la influencia de los depósitos formados en el sistema de escape en un ensayo anterior. Asimismo, se requiere un período de estabilización entre puntos de ensayo que se ha incluido para reducir al mínimo las influencias de cada punto en el siguiente.

3.7.3. Secuencia de ensayo

Se iniciará la secuencia de ensayo. El ensayo se realizará por el orden numérico de modos señalado anteriormente para los ciclos de ensayo.

Durante cada modo del ciclo de ensayo dado, después del período de transición inicial, se deberá mantener el régimen prescrito con una tolerancia del $\pm 1\%$ del régimen nominal o de $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, el valor que sea superior, excepto en lo que se refiere al régimen de ralentí, que deberá estar dentro de las tolerancias declaradas por el fabricante. El par prescrito se deberá mantener de manera que el valor medio del período durante el cual se realicen las mediciones esté dentro de una tolerancia del $\pm 2\%$ del par máximo al régimen del ensayo.

Para cada punto de medición se requiere un tiempo de 10 minutos como mínimo. Si en el ensayo de un motor fuesen necesarios tiempos más largos para la recogida de muestras con objeto de obtener una masa de partículas suficiente en el filtro de medida, se podrá prolongar el período del modo de ensayo según se requiera.

Se anotará la duración del modo y se incluirá en el informe.

Los valores de concentración en las emisiones de gases de escape se medirán y anotarán durante los tres últimos minutos del modo.

El muestreo de partículas y la medición de emisiones gaseosas no deberán comenzar hasta que se haya conseguido la estabilización del motor, tal como la define el fabricante, y su finalización será simultánea.

La temperatura del combustible se medirá a la entrada en la bomba de inyección de combustible o en la zona que especifique el fabricante y se anotará el lugar de medición.

3.7.4. Respuesta de los analizadores

La salida de los analizadores se registrará en un registrador gráfico de banda de papel o se medirá con un sistema de adquisición de datos equivalente, con los gases de escape circulando por los analizadores, como mínimo durante los tres últimos minutos de cada modo. Si se utiliza el muestreo en bolsas para la medición del CO y el CO₂ diluidos (véase el anexo 4A, apéndice 1, apartado 1.4.4), se recogerá una muestra en una bolsa durante los tres últimos minutos de cada modo y se analizará y registrará la muestra.

⁽¹⁾ Idéntico al ciclo C1 descrito en el punto 8.3.1.1 de la norma ISO 8178-4:2008.

⁽²⁾ Idéntico al ciclo D2 descrito en el punto 8.4.1 de la norma ISO 8178-4: 2008.

3.7.5. Muestreo de partículas

El muestreo de partículas puede efectuarse por el método de filtro único o por el de múltiples filtros (anexo 4A, apéndice 1, apartado 1.5). 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, ajustando el caudal de la muestra o el tiempo de muestreo, según el caso.

El muestreo se efectuará lo más tarde posible en cada modo. 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 del caudal, 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.

3.7.6. Condiciones del motor

En cada modo se medirán el régimen y la carga del motor, la temperatura del aire de admisión, el flujo de combustible y el flujo de aire o de gases de escape, una vez estabilizado el motor.

Si no fuese posible medir el flujo de gases de escape o el aire de combustión y el consumo de combustible, podrá recurrirse al método del balance de carbono y oxígeno (véase el anexo 4A, apéndice 1, apartado 1.2.3).

Se anotará cualquier dato adicional que sea necesario para el cálculo (véase el anexo 4A, apéndice 3, apartados 1.1 y 1.2).

3.8. Repetición de la comprobación de los analizadores

Después del ensayo de emisiones se repetirá la comprobación utilizando un gas de cero y el mismo gas patrón. El ensayo se considerará válido si la diferencia entre los resultados de las dos mediciones es inferior al 2 %.

4. REALIZACIÓN DEL ENSAYO (ENSAYO NRTC)

4.1. Introducción

El ciclo de ensayo transitorio no de carretera (NRTC) figura en el anexo 5 como una secuencia segundo a segundo de valores de régimen y par normalizados aplicables a todos los motores diésel sujetos al presente Reglamento. A efectos de la realización del ensayo en una celda de ensayo del motor, los valores normalizados se convertirán en valores reales para el motor sometido a ensayo basándose en la cartografía del motor. Esta conversión se denomina «desnormalización» y el ciclo de ensayo desarrollado, «ciclo de referencia del motor objeto del ensayo». Con esos valores de régimen y par de referencia, se llevará a cabo el ciclo en la celda de ensayo y se registrarán los valores de retorno de régimen y par obtenidos. Para validar el ensayo, una vez concluido este se efectuará un análisis regresivo entre los valores de referencia de régimen, par y potencia y los de retorno.

4.1.1. Quedan prohibidos el uso de dispositivos de manipulación y las estrategias irracionales de control de las emisiones.

4.2. Procedimiento de cartografía del motor

Para generar el NRTC en la celda de ensayo, se analizará gráficamente el motor antes de ejecutar el ciclo de ensayo para determinar la curva del régimen en relación con el par.

4.2.1. Determinación de la gama de regímenes de la cartografía

Los regímenes máximo y mínimo de la cartografía se definen de la manera siguiente:

Régimen mínimo de la cartografía	=	Régimen de ralentí
Régimen máximo de la cartografía	=	$n_{hi} \times 1,02$ o el régimen en el que el par de carga total cae a cero, el valor más bajo de los dos (donde n_{hi} es el régimen elevado, entendido como el régimen más elevado del motor al que se obtiene el 70 % de la potencia nominal)

4.2.2. Cartografía del motor

Es preciso calentar el motor a la máxima potencia para estabilizar sus parámetros de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas. Una vez estabilizado el motor, se realizará su cartografía aplicando los procedimientos siguientes:

4.2.2.1. Cartografía transitoria

a) Se pone en funcionamiento el motor sin carga y al régimen de ralentí.

b) Se hace funcionar el motor en condiciones de plena carga al régimen mínimo de la cartografía.

- c) Se va aumentando el régimen del motor a un ritmo medio de $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ del mínimo al máximo régimen de la cartografía. Se registran los puntos de régimen y de par con una frecuencia mínima de muestreo de un punto por segundo.

4.2.2.2. Cartografía escalonada

- a) Se pone en funcionamiento el motor sin carga y al régimen de ralentí.
- b) Se hace funcionar el motor en condiciones de plena carga al régimen mínimo de la cartografía.
- c) A plena carga, se mantiene el régimen mínimo de la cartografía durante al menos 15 s y se registra el par medio durante los últimos 5 s. Se determina la curva del par máximo a partir del régimen mínimo hasta el régimen máximo de la cartografía en incrementos del régimen no superiores a $100 \pm 20 \text{ min}^{-1}$. Cada punto de ensayo se mantiene durante un mínimo de 15 s y se registra el par medio durante los últimos 5 s.

4.2.3. Generación de la curva de cartografía

Todos los puntos de datos registrados de conformidad con el apartado 4.2.2 se relacionarán entre sí mediante la interpolación lineal entre puntos. La curva del par resultante es la curva de cartografía, que se utilizará para convertir los valores de par normalizados del programa dinamométrico del motor del anexo 5 en valores de par efectivos para el ciclo de ensayo, como se describe en el apartado 4.3.3.

4.2.4. Cartografía alternativa

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 apartado por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por las partes implicadas, y deberá justificarse su uso. No obstante, en ningún caso se determinará la curva de par mediante barridos continuos descendentes del régimen del motor cuando se trate de motores regulados o turboalimentados.

4.2.5. Repetición de los ensayos

No es preciso analizar gráficamente un motor antes de todos y cada uno de los ciclos de ensayo. Se volverá a analizar gráficamente un motor antes de un ciclo de ensayo si:

- a) Según criterios técnicos, ha transcurrido excesivo tiempo desde el establecimiento de la última cartografía, o bien
- b) Se han producido cambios físicos o se han efectuado recalibraciones del motor que podrían influir en sus prestaciones.

4.3. Determinación del ciclo de ensayo de referencia

4.3.1. Régimen de referencia

El régimen de referencia (n_{ref}) corresponde a los valores de régimen normalizados al 100 % especificados en el plan de servicio del dinamómetro del motor del anexo 5. El ciclo real del motor, resultado de la desnormalización al régimen de referencia, depende en gran medida de la selección del régimen de referencia adecuado. El régimen de referencia se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$n_{ref} = \text{régimen bajo} + 0,95 (\text{régimen alto} - \text{régimen bajo})$$

(El régimen alto es el más elevado del motor al que se alcanza el 70 % de la potencia nominal, mientras que el régimen bajo es el más bajo al que se obtiene el 50 % de la potencia nominal).

Si el régimen medido presenta una desviación no superior al $\pm 3 \%$ del régimen de referencia declarado por el fabricante, este último podrá utilizarse para el ensayo de emisiones. Si se rebasa el límite de tolerancia, será el régimen de referencia medido el que se utilice para el ensayo de emisiones. (Esto es coherente con la norma ISO 8178-11:2006.)

4.3.2. Desnormalización del régimen del motor

El régimen se desnormalizará mediante la ecuación siguiente:

$$\text{ActualSpeed} = \frac{\% \text{speed}}{100} \cdot (\text{referencespeed} - \text{idlespeed}) + \text{idlespeed}$$

4.3.3. Desnormalización del par motor

Los valores del par en el programa dinamométrico del anexo 5 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 apartado 4.2.2, de la manera siguiente:

$$Actualtorque = \frac{\%torque}{100} \cdot max.torque$$

para el respectivo régimen efectivo determinado de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 4.3.2.

4.3.4. Ejemplo de procedimiento de desnormalización

A modo de ejemplo, desnormalizaremos el siguiente punto de ensayo:

% de régimen = 43 %

% de par = 82 %

Dados los valores siguientes:

régimen de referencia = 2 200 min⁻¹

régimen de ralentí = 600 min⁻¹

resulta que:

$$ActualSpeed = \frac{43}{100} \cdot (2\,200 - 600) + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

Donde el par máximo de 700 Nm observado a partir de la cartografía es de 1 288 min⁻¹

$$Actualtorque = \frac{82}{100} \cdot 700 = 574 \text{ Nm}$$

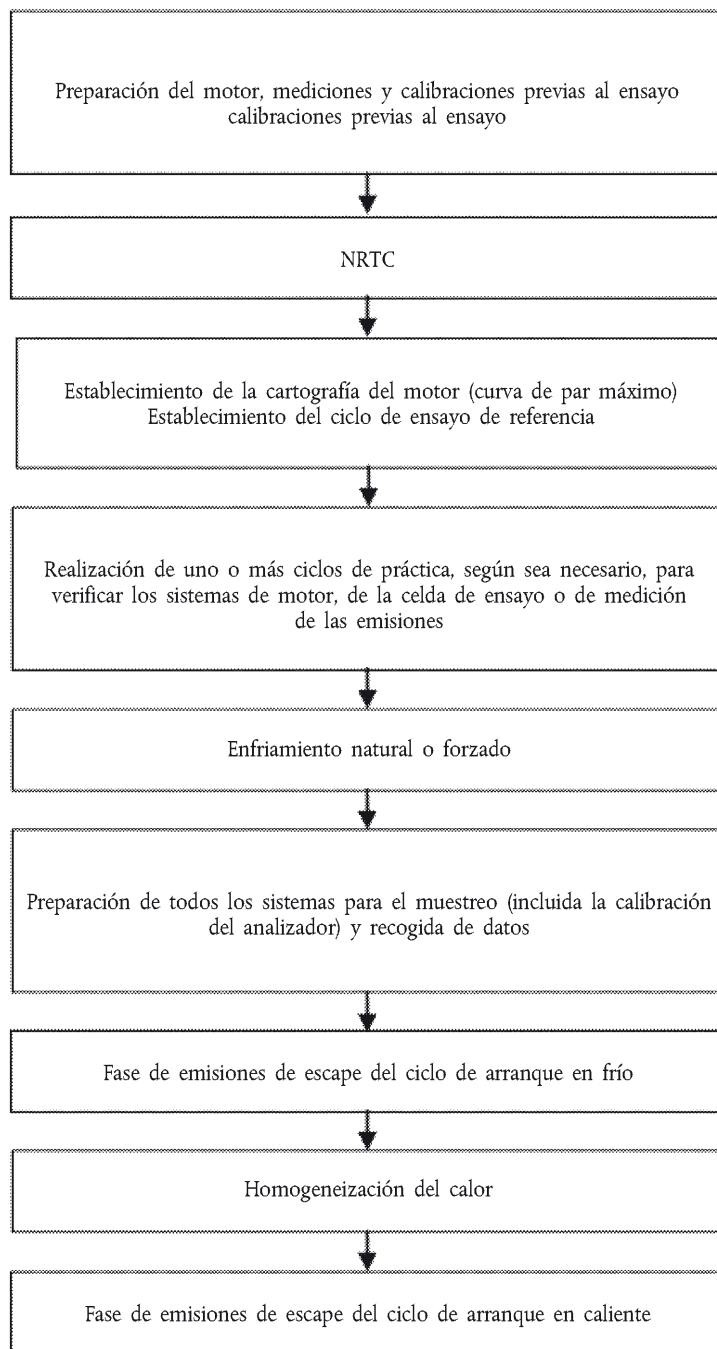
4.4. Dinamómetro

4.4.1. En caso de utilizarse una célula de carga, la señal del par se transmitirá al eje del motor y se considerará la inercia del dinamómetro. El par efectivo del motor es el registrado en la célula de carga más el momento de inercia del freno multiplicado por la aceleración angular. El sistema de control tiene que efectuar este cálculo en tiempo real.

4.4.2. Si el motor se prueba con un dinamómetro de corriente inducida, se recomienda que el número de puntos en los que la diferencia $T_{sp} - 2 \cdot \pi \cdot \dot{n}_{sp} \cdot \Theta_D$ sea inferior al - 5 % del par máximo no sea de más de 30 (siendo T_{sp} el par pedido, n_{sp} la derivada del régimen del motor y Θ_D la inercia giratoria del dinamómetro de corriente inducida).

4.5. Realización del ensayo sobre emisiones

El diagrama siguiente presenta el desarrollo del ensayo:



Se realizarán uno o varios ciclos prácticos, según proceda, para comprobar el motor, la celda de ensayo y los dispositivos de emisiones antes del ciclo de medición.

4.5.1. Preparación de los filtros de muestreo

Al menos una hora antes del ensayo, se introducirá cada filtro en una cápsula de Petri que esté protegida de la contaminación por polvo y permita el intercambio de aire, y se colocará en una cámara de pesaje para su estabilización. Al finalizar el período de estabilización, se pesará cada filtro y se anotará el peso. A continuación se guardará el filtro en una cápsula de Petri cerrada o en un portafiltros precintado hasta que se precise para el ensayo. Los filtros se utilizarán en el plazo de ocho horas después de que se extraigan de la cámara de pesaje. Se registrará la tara.

4.5.2. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según sea necesario. El tubo de escape se conectará al sistema de dilución de flujo total, si lo hubiere.

4.5.3. Puesta en marcha del sistema de dilución

Se pondrá en marcha el sistema de dilución. El total del flujo de gases de escape diluidos a través de un sistema de dilución de flujo total o el caudal de gases de escape diluidos a través de un sistema de dilución de flujo parcial se fijará de manera que elimine la condensación del agua en el sistema y se obtenga una temperatura en la superficie frontal del filtro situada entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C).

4.5.4. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha en derivación. El nivel de partículas de fondo del aire de dilución podrá determinarse tomando muestras del aire de dilución antes de la entrada de los gases de escape en el túnel de dilución. La muestra de partículas de fondo se recogerá de preferencia durante el ciclo transitorio si se dispone de otro sistema de muestreo de partículas. Si no, el sistema de muestreo de partículas se podrá utilizar para recoger las partículas del ciclo transitorio. Si se utiliza aire de dilución filtrado, podrá efectuarse una medición antes o después del ensayo. Si el aire de dilución no se filtra, las mediciones deberán efectuarse antes del principio y después del final del ciclo y se calculará el promedio de los valores obtenidos.

4.5.5. Comprobación de los analizadores

Los analizadores de emisiones se pondrán a cero y se calibrarán. Si se utilizan bolsas de muestreo, habrá que evacuarlas.

4.5.6. Requisitos relativos al enfriamiento

Puede aplicarse un procedimiento de enfriamiento natural o forzado. Respecto del enfriamiento forzado, se aplicarán buenas prácticas técnicas para el establecimiento de sistemas a fin de enviar aire refrigerante al motor, enviar aceite frío al sistema de lubricación del motor, extraer el calor del refrigerante mediante el sistema refrigerante 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 enfriamiento que dé lugar a emisiones no representativas.

El ensayo de emisiones de escape del ciclo de arranque en frío solo podrá empezar después de un enfriamiento cuando las temperaturas del aceite y del refrigerante del motor y del sistema de postratamiento se hayan estabilizado entre los 20 °C y los 30 °C durante un mínimo de 15 minutos.

4.5.7. Realización del ciclo

4.5.7.1. Ciclo de arranque en frío

La secuencia de ensayo comenzará con el ciclo de arranque en frío al término del enfriamiento cuando se cumplan todos los requisitos especificados en el apartado 4.5.6.

El motor se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque bien el dinamómetro.

En cuanto se haya determinado que el motor ha arrancado, se pondrá en marcha un cronómetro de «ralentí libre». Se dejará que el motor funcione al ralentí libremente sin carga durante 23 ± 1 s. El ciclo de transición del motor se iniciará de forma que el primer registro del ciclo en el que el motor no esté al ralentí tenga lugar a los 23 ± 1 s. El tiempo en el que el motor funcione al ralentí libremente está incluido en los 23 ± 1 s.

El ensayo se realizará con arreglo al ciclo de referencia establecido en el anexo 5. Los puntos de consigna del régimen del motor y del mando del par se configurarán a una frecuencia de 5 Hz o mayor (se recomienda a 10 Hz). Los puntos de consigna se calcularán mediante interpolación lineal entre los puntos de consigna de 1 Hz del ciclo de referencia. El par y el régimen de retorno del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo, y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

4.5.7.2. Respuesta de los analizadores

Al poner en marcha el motor, se pondrá en marcha el equipo de medición y, simultáneamente:

- a) Se empezará a recoger o analizar el aire de dilución, si se utiliza un sistema de dilución de flujo total;
- b) Se empezará a recoger o analizar el gas de escape sin diluir o diluido, en función del método utilizado;
- c) Se empezarán a medir la cantidad de gas de escape diluido y las temperaturas y presiones requeridas;
- d) Se empezará a registrar el caudal másico del gas de escape, si se opta por el análisis del gas de escape sin diluir;
- e) Se empezarán a registrar los datos de retorno del régimen y del par del dinamómetro.

Si se realiza la medición de los gases de escape sin diluir, se medirán constantemente las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO_x) y el caudal másico de los gases de escape y se almacenarán con una frecuencia mínima de 2 Hz en un sistema informático. Todos los demás datos se registrarán con una frecuencia de muestreo mínima de 1 Hz. En el caso de los analizadores analógicos, se registrará la reacción y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los mismos.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, los HC y NO_x se medirán de forma continua en el túnel de dilución con una frecuencia mínima de 2 Hz. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de ensayo. El tiempo de respuesta del sistema no será mayor que 20 s, y estará coordinado con las fluctuaciones de flujo de CVS y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de ensayo, si es preciso. El CO y el CO₂ se determinarán integrando o analizando las concentraciones de la bolsa de muestreo recogidas a lo largo del ciclo. Las concentraciones de los gases contaminantes en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. El resto de los parámetros que deban medirse se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

4.5.7.3. Muestreo de partículas

Al poner en marcha el motor, el sistema de muestreo de partículas pasará de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo parcial, las bombas de muestreo se ajustarán de manera que el caudal a través de la sonda o tubo de transferencia para muestreo de partículas sea proporcional al caudal másico de gases de escape.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, las bombas de muestreo se ajustarán de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen del $\pm 5\%$ respecto del caudal establecido. Si se aplica una compensación del flujo (es decir, un control proporcional del flujo de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el flujo del túnel principal y el flujo de muestreo de partículas no varía en más del $\pm 5\%$ respecto de su valor establecido (excepto durante los primeros 10 s de muestreo).

Nota: En el funcionamiento con doble dilución, se entenderá por flujo de muestreo la diferencia neta entre el caudal que pasa por los filtros de muestreo y el caudal del aire de dilución secundario.

Se registrará la temperatura media y la presión en la entrada del o de los medidores de gas o instrumentos indicadores de flujo. Si el caudal preestablecido no se puede mantener durante todo el ciclo (con una desviación máxima del $\pm 5\%$) debido a la carga elevada de partículas en el filtro, se invalidará el ensayo. Este volverá a efectuarse utilizando un caudal menor y/o un filtro de diámetro mayor.

4.5.7.4. Paro del motor durante el ciclo de ensayo de arranque en frío

Si el motor se para en algún momento del ciclo de ensayo de arranque en frío, se preacondicionará y se repetirá en procedimiento de enfriamiento. Finalmente se arrancará de nuevo y se repetirá el ensayo. Si cualquiera de los equipos que se precisan para el ensayo sufre una avería durante el ciclo de ensayo, este se invalidará.

4.5.7.5. Operaciones posteriores al ciclo de arranque en frío

Una vez finalizado el ciclo de ensayo de arranque en frío, se detendrá la medición del caudal másico de gases de escape, el volumen de los gases de escape diluidos, el flujo de gases hacia el interior de las bolsas de recogida y la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis por integración, el muestreo proseguirá hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de recogida, en caso de que se utilicen, se analizarán lo antes posible y en cualquier caso antes de que transcurran 20 minutos tras finalizar el ciclo de ensayo.

Después del ensayo de emisiones, se utilizará un gas de puesta a cero y el mismo gas patrón para verificar de nuevo los analizadores. El ensayo se considerará aceptable si la diferencia entre los resultados previos y posteriores al ensayo es inferior a un 2 % del valor del gas patrón.

Los filtros de partículas se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje antes de que transcurra una hora de la finalización del ensayo. Se pondrán dentro de una cápsula de Petri, que los proteja de la contaminación por polvo y permita el intercambio de aire, durante al menos una hora y a continuación se pesarán. Se registrará el peso sin diluir de los filtros.

4.5.7.6. Parada en caliente

Inmediatamente después de apagar el motor, se apagarán los ventiladores de refrigeración del motor, en caso de que se utilicen, así como el soplador del CVS (o se desconectará el sistema de escape del CVS), en caso de que se utilice.

Se dejará que la temperatura del motor se establezca durante 20 ± 1 minutos. El motor y el dinamómetro se prepararán para el ensayo de arranque en caliente. Se conectarán bolsas de muestreo evacuadas a los sistemas de muestreo de gas de escape diluido y de aire de dilución. Se pondrá en marcha el CVS (en caso de utilizarse o de que aún no esté en marcha) o se conectará el sistema de escape al CVS (si está desconectado). Las bombas de muestreo (excepto las bombas de muestreo de partículas), los ventiladores de refrigeración del motor y el sistema de recogida de datos se pondrán en marcha.

El intercambiador de calor del sistema de muestreo de volumen constante (en caso de utilizarse) y los componentes calentados de cualquier sistema o sistemas de muestreo continua (en su caso) se calentarán previamente a sus temperaturas de funcionamiento designadas antes de que el ensayo empiece.

Los caudales de muestreo se ajustarán al caudal deseado y los dispositivos de medición del flujo de gases del CVS se pondrán a cero. Se instalará cuidadosamente un filtro de partículas limpio en cada portafiltras y se instalarán portafiltras montados en el conducto del flujo de muestreo.

4.5.7.7. Ciclo de arranque en caliente

En cuanto se haya determinado que el motor ha arrancado, se pondrá en marcha un cronómetro de «ralentí libre». Se dejará que el motor funcione al ralentí libremente sin carga durante 23 ± 1 s. Se iniciará el ciclo de transición del motor de forma que el primer registro del ciclo en el que el motor no esté al ralentí tenga lugar a los 23 ± 1 s. El tiempo en el que el motor funciona al ralentí libremente está incluido en los 23 ± 1 s.

El ensayo se realizará con arreglo al ciclo de referencia establecido en el anexo 5. Los puntos de consigna del régimen del motor y del mando del par se configurarán a una frecuencia de 5 Hz o mayor (se recomienda a 10 Hz). Los puntos de consigna se calcularán mediante interpolación lineal entre los puntos de consigna de 1 Hz del ciclo de referencia. El par y el régimen de retorno del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo, y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

A continuación se repetirá el procedimiento descrito en los apartados 4.5.7.2 y 4.5.7.3 anteriores.

4.5.7.8. Paro del motor durante el ciclo de arranque en caliente

Si el motor se para en algún momento del ciclo de arranque en caliente, se podrá apagar y su temperatura se podrá estabilizar de nuevo durante 20 minutos. Entonces podrá volverse a efectuar el ciclo de arranque en caliente. Solo se permite volver a estabilizar la temperatura en caliente y a empezar el ciclo de arranque en caliente una vez.

4.5.7.9. Operaciones posteriores al ciclo de arranque en caliente

Una vez finalizado el ciclo de arranque en caliente, se detendrá la medición del caudal máxico de gases de escape, el volumen de los gases de escape diluidos, el flujo de gases hacia el interior de las bolsas de recogida y la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis por integración, el muestreo proseguirá hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de recogida, en caso de que se utilicen, se analizarán lo antes posible y en cualquier caso antes de que transcurran 20 minutos tras finalizar el ciclo de ensayo.

Después del ensayo de emisiones, se utilizará un gas de puesta a cero y el mismo gas patrón para verificar de nuevo los analizadores. El ensayo se considerará aceptable si la diferencia entre los resultados previos y posteriores al ensayo es inferior a un 2 % del valor del gas patrón.

Los filtros de partículas se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje antes de que transcurra una hora de la finalización del ensayo. Se pondrán dentro de una cápsula de Petri, que los proteja de la contaminación por polvo y permita el intercambio de aire, durante al menos una hora y a continuación se pesarán. Se registrará el peso sin diluir de los filtros.

4.6. Verificación del ensayo

4.6.1. Desplazamiento de datos

Para minimizar el efecto distorsionante del desfase temporal entre los valores de retorno y del ciclo de referencia, la secuencia completa de la señal de retorno del par y del régimen del motor podrá adelantarse o retrasarse con respecto a la secuencia de referencia del régimen y del par. Si se desplazan las señales de retorno, el régimen y el par deberán desplazarse en igual medida en el mismo sentido.

4.6.2. Cálculo del trabajo del ciclo

El trabajo efectivo producido durante el ciclo, W_{act} [kWh], se calculará utilizando todos los pares de valores registrados de retorno de régimen y de par. El trabajo efectivo producido durante el ciclo W_{act} se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia W_{ref} y calcular las emisiones específicas del freno. La misma metodología se utilizará para integrar la potencia de referencia y la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar los valores existentes entre valores de referencia adyacentes o valores medidos adyacentes, se empleará la interpolación lineal.

Al integrar el trabajo de referencia y el trabajo efectivo producido durante el ciclo, todos los valores de par negativos se igualarán a cero y se incluirán. Si la integración se efectúa a una frecuencia inferior a 5 Hz, y si, durante un segmento de tiempo determinado, el valor del par pasa de positivo a negativo o de negativo a positivo, se calculará la porción negativa y se igualará a cero. La porción positiva se incluirá en el valor integrado.

W_{act} se situará entre el -15 % y el +5 % de W_{ref} .

4.6.3. Estadísticas de validación del ciclo de ensayo

Se efectuarán regresiones lineales de los valores de retorno sobre los valores de referencia para el régimen, el par y la potencia. Ello tendrá lugar después del desplazamiento de los datos de retorno, en caso de que se seleccione esta opción. Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación de ajuste óptimo tendrá la forma:

$$y = mx + b$$

donde:

y = valor (efectivo) de retorno de régimen [min^{-1}], par [N·m], o potencia [kW]

m = pendiente de la línea de regresión

x = valor de referencia de régimen [min^{-1}], par [$\text{N}\cdot\text{m}$], o potencia [kW]

b = ordenada en el origen de la línea de regresión

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SE) de y sobre x y el coeficiente de determinación (r^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 1.

Cuadro 1

Tolerancias de la línea de regresión

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SEE) de y sobre x	máx. de 100 min^{-1}	máx. 13 % del par máximo del motor de la cartografía de la potencia	máx. 8 % de la potencia máxima del motor de la cartografía de la potencia
Pendiente de la línea de regresión, m	de 0,95 a 1,03	de 0,83 a 1,03	de 0,89 a 1,03
Coeficiente de determinación, r^2	mín. 0,9700	mín. 0,8800	mín. 0,9100
Ordenada en el origen de la línea de regresión, b	$\pm 50 \text{ min}^{-1}$	$\pm 20 \text{ Nm}$ o $\pm 2 \%$ del par máximo, el valor que sea mayor	$\pm 4 \text{ kW}$ o $\pm 2 \%$ de la potencia máxima, el valor que sea mayor

Únicamente a efectos de regresión, antes de efectuar el cálculo de regresión podrán eliminarse los puntos que figuran en el cuadro 2. Sin embargo, esos puntos no se borrarán para el cálculo del 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 podrá aplicarse a todo el ciclo o a cualquier parte del mismo.

Cuadro 2

Puntos que se permite eliminar del análisis de regresión (los puntos que se eliminen se han de especificar)

Condición	Puntos de régimen, par y potencia que pueden eliminarse cumpliendo las condiciones enumeradas en la columna de la izquierda
Primeros 24 (± 1) segundos y 25 segundos finales	Régimen, par y potencia
Mariposa totalmente abierta y retorno del par < 95 % del par de referencia	Par y/o potencia
Mariposa totalmente abierta y régimen < 95 % del régimen de referencia	Régimen y/o potencia
Mariposa cerrada, retorno del régimen > régimen de ralentí + 50 min^{-1} y retorno del par > 105 % del par de referencia	Par y/o potencia
Mariposa cerrada, retorno del régimen $\leq$ régimen de ralentí + 50 min^{-1} y retorno del par = par de ralentí definido o medido por el fabricante $\pm 2 \%$ del par máximo	Régimen y/o potencia
Mariposa cerrada y retorno del régimen > 105 % del régimen de referencia	Régimen y/o potencia

Apéndice 1

Procedimientos de medición y de muestreo (NRSC, NRTC)**1. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y DE MUESTREO (ENSAYO NRSC)**

Los gases y partículas emitidos por el motor sometido a ensayo se medirán por los métodos descritos en el anexo 4A, apéndice 4. Los métodos del anexo 4A, apéndice 4, describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones gaseosas (apartado 1.1) y los sistemas recomendados para la dilución y el muestreo de partículas (apartado 1.2).

A petición del fabricante, y de acuerdo con el organismo de homologación, los métodos descritos en el anexo 4B, apartado 9, se podrán usar como alternativa a los previstos en el apartado 1 del presente apéndice.

1.1. Características del dinamómetro

Se utilizará un dinamómetro para motores con características adecuadas para realizar el ciclo de ensayo descrito en el anexo 4A, apartado 3.7.1. Los instrumentos de medida del par y de régimen deberán permitir la medición de la potencia dentro de los límites señalados. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales. La precisión del equipo de medida será tal que no se sobrepasen las tolerancias máximas de las cifras indicadas en el apartado 1.3.

1.2. Flujo de gases de escape

El flujo de gases de escape se determinará por uno de los métodos indicados en los apartados 1.2.1 a 1.2.4.

1.2.1. Método de medición directa

Medición directa del flujo de escape mediante tobera o sistema de medida equivalente (para más detalles, véase la norma ISO 5167:2000).

Nota: La medición directa de flujos de gas es una tarea difícil. Deberán tomarse precauciones para evitar errores de medición que influyan en los errores de los valores de emisión.

1.2.2. Método de medición de aire y combustible

Medición del flujo de aire y del flujo de combustible.

Se utilizarán caudalímetros de aire y caudalímetros de combustible con la precisión definida en el apartado 1.3.

El cálculo del flujo de gases de escape se realiza como sigue:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \text{ (masa de escape húmeda)}$$

1.2.3. Método del balance de carbono

Cálculo de la masa de escape a partir del consumo de combustible y de las concentraciones de los gases de escape siguiendo el método del balance de carbono (anexo 4A, apéndice 3).

1.2.4. Método de medición con gas trazador

Este método consiste en medir la concentración de gas trazador en el gas de escape. Se inyectará en el flujo del gas de escape una cantidad conocida de un gas inerte (por ejemplo, helio puro) que servirá de gas trazador. El gas de escape mezclará y diluirá el gas trazador, pero este no producirá una reacción en el tubo de escape. Se medirá entonces la concentración de este gas en la muestra de gas de escape.

Para garantizar una mezcla total del gas trazador, la sonda de muestreo del gas de escape se colocará como mínimo un metro después del punto de inyección del gas trazador o a una distancia de dicho punto equivalente a treinta veces el diámetro del tubo de escape si esta es superior a un metro. La sonda de muestreo podrá estar situada más cerca del punto de inyección si se comprueba que la mezcla es total comparando la concentración del gas trazador con la concentración de referencia cuando el gas trazador se inyecta antes del motor.

El caudal del gas trazador se fijará de manera que, con el motor al ralentí, la concentración de este gas después de mezclarse sea inferior al fondo de escala del analizador del gas trazador.

El cálculo del flujo de gases de escape se realiza como sigue:

$$G_{\text{EXHW}} = \frac{G_T \cdot \rho_{\text{EXH}}}{60 \cdot (\text{conc}_{\text{mix}} - \text{conc}_a)}$$

donde:

G_{EXHW} = caudal másico instantáneo de gas de escape [kg/s]

G_T = flujo de gas trazador [cm^3/min]

conc_{mix} = concentración instantánea de gas trazador después de la muestra [ppm]

ρ_{EXH} = densidad del gas de escape [kg/m^3]

conc_a = concentración de fondo del gas trazador en el aire de admisión [ppm]

La concentración de fondo del gas trazador, conc_a , 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, conc_{mix} , a un flujo de escape máximo.

Todo el sistema deberá respetar las especificaciones de precisión relativas al flujo del gas de escape y estar calibrado de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1.11.2 del apéndice 2.

1.2.5. Método de medición del caudal de aire y de la relación de la mezcla aire/combustible

Consiste en el cálculo de la masa de gas de escape a partir del flujo de aire y de la relación aire/combustible. El cálculo del caudal másico instantáneo del gas de escape se realiza de la manera siguiente:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \cdot \lambda} \right)$$

donde $A/F_{\text{st}} = 14,5$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4}}{2} - \text{conc}_{\text{HC}} \cdot 10^{-4} \right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot \text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot \text{conc}_{\text{CO}_2}}}{1 + \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot \text{conc}_{\text{CO}_2}}} \right) \cdot (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4})}{6,9078 \cdot (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4} + \text{conc}_{\text{HC}} \cdot 10^{-4})}$$

donde:

A/F_{st} = relación estequiométrica aire/combustible [kg/kg]

λ = relación relativa de la mezcla aire/combustible

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$ = concentración en base seca de CO_2 [%]

conc_{CO} = concentración en base seca de CO [ppm]

conc_{HC} = concentración de HC [ppm]

Nota: El cálculo se refiere a un combustible diésel con una relación H/C igual a 1,8.

El caudalímetro de aire cumplirá las especificaciones de precisión del cuadro 3, el analizador de CO_2 utilizado cumplirá las especificaciones del apartado 1.4.1 y todo el sistema cumplirá las especificaciones de precisión relativas al flujo de gas de escape.

De manera opcional, se podrá utilizar un equipo de medición de la relación aire/combustible, por ejemplo, un sensor de tipo Zirconia, para medir la relación relativa de la mezcla aire/combustible de acuerdo con las especificaciones establecidas en el apartado 1.4.4.

1.2.6. Flujo total de gases de escape diluidos

Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total, se medirá el flujo total de gas de escape diluido (G_{TOTW}) con una PDP, un CFV o un SSV (anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.2). La precisión deberá cumplir las prescripciones del anexo 4A, apéndice 2, apartado 2.2.

1.3. Precisión

La calibración de todos los instrumentos de medida deberá ser conforme con las normas nacionales o internacionales y cumplir los requisitos que se enumeran en el cuadro 3.

Cuadro 3

Precisión de los instrumentos de medición

Nº	Instrumento de medición	Precisión
1	Régimen del motor	El $\pm 2\%$ del valor medido o el $\pm 1\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
2	Par	El $\pm 2\%$ del valor medido o el $\pm 1\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
3	Consumo de combustible	El $\pm 2\%$ del valor máximo del motor
4	Consumo de aire	El $\pm 2\%$ del valor medido o el $\pm 1\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
5	Flujo de gas de escape	El $\pm 2,5\%$ del valor medido o el $\pm 1,5\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
6	Temperaturas ≤ 600 K	± 2 K absolutos
7	Temperaturas > 600 K	$\pm 1\%$ del valor medido
8	Presión de los gases de escape	$\pm 0,2$ kPa absolutos
9	Depresión del aire de admisión	$\pm 0,05$ kPa absolutos
10	Presión atmosférica	$\pm 0,1$ kPa absolutos
11	Otras presiones	$\pm 0,1$ kPa absolutos
12	Humedad absoluta	$\pm 5\%$ del valor medido
13	Flujo de aire de dilución	$\pm 2\%$ del valor medido
14	Flujo de gas de escape diluido	$\pm 2\%$ del valor medido

1.4. Determinación de los componentes gaseosos

1.4.1. Características generales del analizador

Los analizadores deberán tener un campo de medición compatible con la precisión requerida para la medición de las concentraciones de los componentes de los gases de escape (apartado 1.4.1.1). Se recomienda utilizar los analizadores de manera que la concentración medida se encuentre entre el 15 % y el 100 % del fondo de escala.

Si el fondo de escala es igual o inferior a 155 ppm (o ppm C) o se utilizan sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) que ofrezcan suficiente precisión y resolución por debajo del 15 % del fondo de escala, serán también admisibles concentraciones inferiores al 15 % del fondo de escala. En este caso deberán realizarse calibraciones adicionales para garantizar la precisión de las curvas de calibración (anexo 4A, apéndice 2, apartado 1.5.5.2).

La compatibilidad electromagnética (CEM) del equipo deberá ser de un nivel que reduzca al mínimo los errores adicionales.

1.4.1.1. Error de medición

El analizador no se desviará del punto de calibración nominal en más del $\pm 2\%$ del valor medido o del $\pm 0,3\%$ del fondo de escala, el que sea superior.

Nota: A efectos del presente Reglamento, se entenderá por precisión la desviación de los valores medidos por el analizador respecto de los valores nominales de calibración utilizando un gas de calibración (= valor real).

1.4.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, definida como 2,5 veces la desviación estándar de 10 respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o gas patrón, no deberá ser superior al $\pm 1\%$ de la concentración del fondo de escala para cada intervalo utilizado superior a 155 ppm (o ppm C) o a un $\pm 2\%$ de cada intervalo utilizado inferior a 155 ppm (o ppm C).

1.4.1.3. Ruido

La respuesta de pico a pico del analizador al gas de cero y al gas de calibración o gas patrón durante cualquier periodo de 10 s no excederá de un 2% del fondo de escala en cada uno de los intervalos utilizados.

1.4.1.4. Desviación de cero

La desviación de cero durante un período de una hora será inferior al 2% del fondo de escala en el intervalo más bajo utilizado. La respuesta de cero se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas de cero durante un intervalo de 30 s.

1.4.1.5. Desviación de ajuste

La desviación de ajuste durante un período de una hora será inferior al 2% del fondo de escala en el rango más bajo utilizado. El ajuste se define como la diferencia entre la respuesta de ajuste y la respuesta de cero. La respuesta de ajuste se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas patrón durante un intervalo de 30 s.

1.4.2. Secado de los gases

El dispositivo opcional de secado de gases deberá tener un efecto mínimo en la concentración de los gases medidos. Los desecantes químicos no son un método aceptable de eliminación del contenido en agua de la muestra.

1.4.3. Analizadores

En los apartados 1.4.3.1 a 1.4.3.5 del presente apéndice se describen los principios de medición que deberán utilizarse. En el anexo 4A, apéndice 4, figura una descripción detallada de los sistemas de medición.

Los gases que deban medirse se analizarán con los siguientes instrumentos. En el caso de los analizadores no lineales se permite la utilización de circuitos linealizadores.

1.4.3.1. Análisis del monóxido de carbono (CO)

El analizador de monóxido de carbono será del tipo de absorción de infrarrojos no dispersivo (NDIR).

1.4.3.2. Análisis del dióxido de carbono (CO₂)

El analizador de dióxido de carbono será del tipo de absorción de infrarrojos no dispersivo (NDIR).

1.4.3.3. Análisis de los hidrocarburos (HC)

El analizador de hidrocarburos será del tipo de detector de ionización de llama calentado (HFID), con el detector, las válvulas, las tuberías, etc., calentados para mantener los gases a una temperatura de 463 K (190 °C) ± 10 K.

1.4.3.4. Análisis de los óxidos de nitrógeno (NO_x)

El analizador de óxidos de nitrógeno deberá ser del tipo de detector quimioluminiscente (CLD) o de detector quimioluminiscente calentado (HCLD) con un convertidor NO₂-NO si la medición se realiza en base seca. Si la medición se efectúa en base húmeda, se utilizará un HCLD con convertidor mantenido a una temperatura superior a 328 K (55 °C), siempre que se compruebe la amortiguación por agua (anexo 4A, apéndice 2, apartado 1.9.2.2).

Tanto con el CLD como con el HCLD, el circuito de muestreo se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K (55 °C) a 473 K (200 °C) hasta el convertidor en el caso de la medición en base seca, y hasta el analizador en el caso de la medición en base húmeda.

1.4.4. Medición de la relación aire/combustible

El equipo de medición de la relación aire/combustible utilizado para determinar el flujo de gas de escape según se especifica en el apartado 1.2.5 será un sensor de la relación aire/combustible de gama amplia o un sensor lambda de tipo Zirconia.

El sensor se instalará directamente en el tubo de escape, en un punto en el que la temperatura del gas de escape sea suficientemente elevada para eliminar la condensación de agua.

La precisión del sensor con dispositivos electrónicos incorporados será de:

$\pm 3 \%$ del valor medido ($\lambda < 2$)

$\pm 5 \%$ del valor medido ($2 \leq \lambda < 5$)

$\pm 10 \%$ del valor medido ($5 \leq \lambda$)

Para alcanzar la precisión indicada, se calibrará el sensor de acuerdo con las instrucciones del fabricante del instrumento.

1.4.5. Muestreo de emisiones gaseosas

Las sondas de muestreo de emisiones gaseosas se colocarán como mínimo a 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape, el mayor de estos dos valores, antes de la salida del sistema de escape, en la medida en que esto sea posible, y lo bastante cerca del motor para asegurarse de que la temperatura de los gases de escape en la sonda sea de 343 K (70 °C) como mínimo.

En el caso de un motor pluricilíndrico con colector de escape ramificado, la entrada de la sonda se situará suficientemente alejada en la dirección del caudal de escape para garantizar que la muestra sea representativa de las emisiones de escape medias de todos los cilindros. En el caso de los motores pluricilíndricos con grupos de colectores separados, como, por ejemplo, en un motor de configuración en «V», es admisible tomar una muestra de cada grupo individualmente y calcular el valor medio de las emisiones de escape. También podrán utilizarse otros métodos si se ha demostrado que son equivalentes a los anteriores. Para el cálculo de las emisiones de escape se utilizará el caudal másico de escape total del motor.

Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total para la determinación de las partículas, podrán determinarse también las emisiones gaseosas en los gases de escape diluidos. Las sondas de muestreo deberán situarse cerca de la sonda de muestreo de partículas en el túnel de dilución (DT en el anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.2 y PSP en el anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.2). El CO y el CO₂ podrán determinarse opcionalmente mediante la recogida de la muestra en una bolsa y la posterior medición de la concentración en la bolsa de muestra.

1.5. Determinación de las partículas

Para determinar las partículas se precisa un sistema de dilución. La dilución puede efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o uno de flujo total. La capacidad de flujo del sistema de dilución deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo y mantener la temperatura de los gases de escape diluidos entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltros. Si la humedad del aire es elevada, se permitirá la deshumidificación del aire de dilución antes de su entrada en el sistema de dilución. Si la temperatura ambiente es inferior a 293 K (20 °C), se recomienda precalentar el aire de dilución por encima del límite de temperatura de 303 K (30 °C). No obstante, la temperatura del aire diluido no excederá de 325 K (52 °C) antes de la introducción de los gases de escape en el túnel de dilución.

Nota: Para las bandas de potencia hasta la K, incluida, que utilicen ciclos de modo discreto, la temperatura de los filtros se mantendrá a un valor máximo de 325 K (52 °C) y no será necesario respetar el intervalo de temperaturas de 42 °C a 52 °C.

En el caso de un sistema de dilución de flujo parcial, la sonda de muestreo de partículas se colocará cerca y antes de la sonda de emisiones gaseosas, tal como se define en el apartado 4.4 y de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.1, figuras 4-12 EP y SP.

El diseño del sistema de dilución de flujo total debe permitir la división de la corriente de escape en dos fracciones, la menor de las cuales se diluye con aire y se emplea posteriormente para la medición de partículas. Por ello es esencial determinar la relación de dilución con gran precisión. Pueden utilizarse diferentes métodos de división, y los procedimientos de muestreo y el equipo que hayan de utilizarse dependen en gran medida del tipo de método de división empleado (anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.1.).

Para determinar la masa de partículas se requiere un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza graduada en microgramos y una cámara de pesaje de temperatura y humedad controladas.

Para el muestreo de partículas se pueden aplicar dos métodos:

- a) El método de filtro único, en el que se utiliza un solo par de filtros (véase el apartado 1.5.1.3 del presente apéndice) para todos los modos del ciclo de ensayo. Se prestará gran atención a los tiempos y flujos de muestreo durante la fase de muestreo del ensayo. No obstante, solo se requiere un par de filtros para el ciclo de ensayo.
- b) El método de múltiples filtros, en el que se utiliza un par de filtros (véase el apartado 1.5.1.3 del presente apéndice) para cada modo del ciclo de ensayo. Este método permite emplear procedimientos de muestreo menos rigurosos, pero exige utilizar más filtros.

1.5.1. Filtros de muestreo de partículas

1.5.1.1. Características de los filtros

Para los ensayos de certificación se requieren filtros de fibra de vidrio revestida con fluorocarbono o filtros de membrana a base de fluorocarbono. Para aplicaciones especiales pueden utilizarse filtros de materiales diferentes. Todos los tipos de filtro deberán tener una eficacia de recogida de DOP (ftalato de dioctilo) de 0,3 µm de al menos un 99 %, con una velocidad de entrada del gas comprendida entre 35 y 100 cm/s. Cuando se realicen ensayos de correlación entre laboratorios o entre un fabricante y un organismo de homologación, se utilizarán filtros de idéntica calidad.

1.5.1.2. Tamaño de los filtros

Los filtros de partículas tendrán un diámetro de 47 mm (superficie eficaz de 37 mm de diámetro) como mínimo. Pueden utilizarse filtros de mayor diámetro (apartado 1.5.1.5).

1.5.1.3. Filtros primarios y filtros auxiliares

El muestreo de gas de escape diluido se realizará con un par de filtros acoplados en serie (un filtro primario y uno auxiliar) durante la secuencia de ensayo. El filtro auxiliar estará a una distancia máxima de 100 mm en la dirección del caudal respecto del filtro principal, con el que no deberá estar en contacto. Los filtros podrán pesarse por separado o conjuntamente; en este último caso las dos caras filtrantes se deberán colocar una contra otra.

1.5.1.4. Velocidad de caudal en el filtro

Se precisa una velocidad de caudal del gas a través del filtro de 35 a 100 cm/s. El incremento de la caída de presión entre el comienzo y el final del ensayo no será superior a 25 kPa.

1.5.1.5. Carga de los filtros

En el cuadro siguiente se muestran las cargas mínimas recomendadas para los filtros de los tamaños más comunes. Para tamaños de filtro mayores, la carga mínima será de 0,065 mg/1 000 mm² de superficie de filtro.

Diámetro del filtro [mm]	Diámetro recomendado de la superficie eficaz [mm]	Carga mínima recomendada [mg]
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

En el método de múltiples filtros, la carga mínima recomendada para la suma de todos los filtros será el producto del valor correspondiente de la tabla anterior por la raíz cuadrada del número total de modos.

1.5.2. Características de la cámara de pesaje y de la balanza analítica

1.5.2.1. Condiciones de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionen y pesen los filtros de partículas deberá mantenerse a 295 K (22 °C), con una tolerancia de ± 3 K, durante el acondicionamiento y pesaje de todos los filtros. La humedad deberá mantenerse a un punto de rocío de 282,5 K (9,5 °C) ± 3 K y una humedad relativa de 45 ± 8 %.

1.5.2.2. Pesaje de los filtros de referencia

El aire ambiente de la cámara (o sala) deberá estar libre de contaminantes ambientales (por ejemplo, polvo) que puedan depositarse en los filtros de partículas durante su estabilización. Se permitirán las alteraciones de las especificaciones de la sala de pesaje descritas en el apartado 1.5.2.1 si su duración no supera 30 minutos. La sala de pesaje deberá cumplir las condiciones requeridas antes de la entrada del personal en la sala. Se pesarán como mínimo dos filtros o dos pares de filtros, nuevos, no más de cuatro horas antes del pesaje de los filtros (o pares de filtros) de muestra pero preferiblemente al mismo tiempo que estos. Estos filtros de referencia serán del mismo tamaño y material que los filtros de muestreo.

Si el peso medio de los filtros de referencia (o pares de filtros de referencia) cambia entre distintos pesajes del filtro de muestreo en más de 10 µg, se desecharán todos los filtros de muestreo y se repetirá el ensayo de emisiones.

Si no se cumplen los criterios de estabilidad de la sala de pesaje señalados en el apartado 1.5.2.1 pero el pesaje del filtro (o par de filtros) de referencia satisface los criterios indicados, el fabricante del motor podrá elegir entre aceptar los pesos de los filtros de muestra o anular los ensayos, acondicionar el sistema de control de la sala de pesaje y repetir el ensayo.

1.5.2.3. Balanza analítica

La balanza analítica que se emplea para determinar los pesos de todos los filtros tendrá una precisión (desviación estándar) de 2 µg y una resolución de 1 µg (1 dígito = 1 µg) especificada por el fabricante de la balanza.

1.5.2.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

Para eliminar los efectos de la electricidad estática se deberán neutralizar los filtros antes del pesaje, por ejemplo con un neutralizador Polonium o un dispositivo de efecto análogo.

1.5.3. Prescripciones adicionales para la medición de partículas

Todos los elementos del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el portafiltros, 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 o alteración de las partículas. Todos los elementos estarán fabricados con materiales conductores de la electricidad que no reaccionen con los componentes del gas de escape, y estarán conectados a tierra para evitar efectos electrostáticos.

2. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y DE MUESTREO (ENSAYO NRTC)

2.1. Introducción

Los gases y partículas emitidos por el motor sometido a ensayo se medirán por los métodos descritos en el anexo 4A, apéndice 4. Los métodos del anexo 4A, apéndice 4, describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones gaseosas (apartado 1.1) y los sistemas recomendados para la dilución y el muestreo de partículas (apartado 1.2).

2.2. Dinamómetro y equipamiento de la celda de ensayo

En los ensayos de emisión de motores en dinamómetros se empleará el equipamiento siguiente.

2.2.1. Dinamómetro para motores

Se utilizará un dinamómetro para motores que posea las características adecuadas para efectuar los ciclos de ensayo descritos en el apéndice 4 del presente anexo. Los instrumentos de medida del par y el régimen deberán permitir la medición de la potencia dentro de los límites señalados. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales. La precisión del equipo de medida será tal que no se sobrepasen las tolerancias máximas de las cifras indicadas en el cuadro 4.

2.2.2. Otros instrumentos

Se emplearán los instrumentos que se precisen para medir el consumo de combustible, el consumo de aire, la temperatura del refrigerante y del lubricante, la presión del gas de escape y la depresión del colector de admisión, la temperatura de los gases de escape, la temperatura de admisión de aire, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura del combustible. Estos instrumentos deberán cumplir los requisitos indicados en el cuadro 4:

Cuadro 4

Precisión de los instrumentos de medición

Nº	Instrumento de medición	Precisión
1	Régimen del motor	El $\pm 2\%$ del valor medido o el $\pm 1\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
2	Par	El $\pm 2\%$ del valor medido o el $\pm 1\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
3	Consumo de combustible	El $\pm 2\%$ del valor máximo del motor
4	Consumo de aire	El $\pm 2\%$ del valor medido o el $\pm 1\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
5	Flujo de gas de escape	El $\pm 2,5\%$ del valor medido o el $\pm 1,5\%$ del valor máximo del motor, el que sea superior
6	Temperaturas ≤ 600 K	± 2 K absolutos

Nº	Instrumento de medición	Precisión
7	Temperaturas > 600 K	± 1 % del valor medido
8	Presión de los gases de escape	± 0,2 kPa absolutos
9	Depresión del aire de admisión	± 0,05 kPa absolutos
10	Presión atmosférica	± 0,1 kPa absolutos
11	Otras presiones	± 0,1 kPa absolutos
12	Humedad absoluta	± 5 % del valor medido
13	Flujo de aire de dilución	± 2 % del valor medido
14	Flujo de gas de escape diluido	± 2 % del valor medido

2.2.3. Flujo de gas de escape sin diluir

Para calcular las emisiones en el gas de escape sin diluir y controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesario conocer el caudal másico del gas de escape. Para determinar el caudal másico del gas de escape podrá utilizarse cualquiera de los métodos descritos a continuación.

Para calcular las emisiones, el tiempo de respuesta de cualquiera de los métodos descritos a continuación será igual o inferior al tiempo de respuesta exigido para el analizador, definido en el apéndice 2, apartado 1.11.1.

Para controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesaria una respuesta más rápida. En los sistemas de dilución de flujo parcial con control en línea se exige un tiempo de respuesta $\leq 0,3$ s. En los sistemas de dilución de flujo parcial con control previo basado en un ensayo pregrabado, se requiere un tiempo de respuesta del sistema de medición del flujo de escape ≤ 5 s con un tiempo de subida ≤ 1 s. El fabricante del instrumento especificará el tiempo de respuesta del sistema. Los requisitos combinados de tiempo de respuesta para el flujo de gas de escape y el sistema de dilución de flujo parcial se indican en el apartado 2.4.

Método de medición directa

La medición directa del flujo instantáneo de gas de escape podrá efectuarse con un sistema como el descrito a continuación:

- a) Dispositivos de diferencial de presión, como las toberas medidoras de caudal (véanse los detalles en la norma ISO 5167: 2000);
- b) Un caudalímetro ultrasónico;
- c) Un caudalímetro vortex.

Deberán tomarse precauciones para evitar errores de medición, que influirían en los errores de los valores de emisión. Entre ellas se incluye la minuciosa instalación del dispositivo en el sistema de escape del motor, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y con las buenas prácticas técnicas. En particular, ni las prestaciones del motor ni las emisiones deberán verse afectadas por la instalación del dispositivo.

Los caudalímetros deberán cumplir las especificaciones de precisión indicadas en el cuadro 3.

Método de medición de aire y combustible

Consiste en la medición del flujo de aire y del flujo de combustible con caudalímetros adecuados. El cálculo del flujo instantáneo de gas de escape se realiza como sigue: $G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}}$ (masa de escape húmeda)

Los caudalímetros cumplirán las especificaciones de precisión del cuadro 3, pero también tendrán la precisión suficiente para cumplir las especificaciones de precisión del flujo del gas de escape.

Método de medición con gas trazador

Este método consiste en medir la concentración de un gas trazador en el gas de escape.

Se inyectará en el flujo de gas de escape una cantidad conocida de un gas inerte (por ejemplo, helio puro) que servirá de gas trazador. El gas de escape mezclará y diluirá el gas trazador, pero este no producirá una reacción en el tubo de escape. Se medirá entonces la concentración de este gas en la muestra de gas de escape.

Para garantizar una mezcla total del gas trazador, la sonda de muestreo del gas de escape se colocará como mínimo un metro después del punto de inyección del gas trazador o a una distancia de dicho punto equivalente a treinta veces el diámetro del tubo de escape si esta es superior a un metro. La sonda de muestreo podrá estar situada más cerca del punto de inyección si se comprueba que la mezcla es total comparando la concentración del gas trazador con la concentración de referencia cuando el gas trazador se inyecta antes del motor.

El caudal de gas trazador se fijará de manera que, con el motor al ralentí, la concentración de este gas después de mezclarse sea inferior al fondo de escala del analizador del gas trazador.

El cálculo del flujo de gas de escape se realiza como sigue:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \cdot \lambda} \right)$$

donde $A/F_{\text{st}} = 14,5$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4}}{2} - \text{conc}_{\text{HC}} \cdot 10^{-4} \right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot \text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot \text{conc}_{\text{CO}_2}}}{1 + \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot \text{conc}_{\text{CO}_2}}} \right) \cdot (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4})}{6,9078 \cdot (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \cdot 10^{-4} + \text{conc}_{\text{HC}} \cdot 10^{-4})}$$

donde:

A/F_{st} = relación estequiométrica aire/combustible [kg/kg]

λ = relación relativa de la mezcla aire/combustible

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$ = concentración en base seca de CO_2 [%]

conc_{CO} = concentración en base seca de CO [%]

conc_{HC} = concentración de HC [ppm]

Nota: El cálculo se refiere a un combustible diésel con una relación H/C igual a 1,8.

El caudalímetro de aire cumplirá las especificaciones de precisión del cuadro 3, el analizador de CO_2 utilizado cumplirá las especificaciones del apartado 2.3.1 y todo el sistema cumplirá las especificaciones de precisión relativas al flujo de gas de escape.

De manera opcional, se podrá utilizar un equipo de medición de la relación aire/combustible, por ejemplo, un sensor de tipo Zirconia, para medir el coeficiente de exceso de aire de acuerdo con las especificaciones establecidas en el apartado 2.3.4.

2.2.4. Flujo de gas de escape diluido

Para calcular las emisiones de gas de escape diluido, es preciso conocer el caudal másico del gas de escape diluido. El flujo total de gas de escape diluido durante el ciclo [kg/ensayo] se calculará a partir de los valores medidos a lo largo del ciclo y de los correspondientes datos de calibrado del caudalímetro (V_0 para PDP, K_V para CFV, C_d para SSV): se seguirán los métodos correspondientes descritos en el apéndice 3, apartado 2.2.1. Si la masa total de muestreo de gases y partículas contaminantes es superior a un 0,5 % del flujo total del CVS, el flujo del CVS se corregirá o el flujo de muestreo de partículas se dirigirá de nuevo al CVS antes de pasar por el caudalímetro.

2.3. Determinación de los componentes gaseosos

2.3.1. Características generales del analizador

Los analizadores deberán tener un campo de medición compatible con la precisión requerida para la medición de las concentraciones de los componentes de los gases de escape (apartado 1.4.1.1). Se recomienda utilizar los analizadores de manera que la concentración medida se encuentre entre el 15 % y el 100 % del fondo de escala.

Si el fondo de escala es igual o inferior a 155 ppm (o ppm C) o se utilizan sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) que ofrezcan suficiente precisión y resolución por debajo del 15 % del fondo de escala, serán también admisibles concentraciones inferiores al 15 % del fondo de escala. En este caso deberán realizarse calibraciones adicionales para garantizar la precisión de las curvas de calibración (anexo 4A, apéndice 2, apartado 1.5.5.2).

La compatibilidad electromagnética (CEM) del equipo deberá ser de un nivel que reduzca al mínimo los errores adicionales.

2.3.1.1. Error de medición

El analizador no se desviará del punto de calibración nominal en más del $\pm 2\%$ del valor medido o del $\pm 0,3\%$ del fondo de escala (el que sea superior).

Nota: A efectos del presente Reglamento, se entenderá por precisión la desviación de los valores medidos por el analizador respecto de los valores nominales de calibración utilizando un gas de calibración (= valor real).

2.3.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, definida como 2,5 veces la desviación estándar de 10 respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o gas patrón, no deberá ser superior al $\pm 1\%$ de la concentración del fondo de escala para cada intervalo utilizado superior a 155 ppm (o ppm C) o a un $\pm 2\%$ para cada intervalo utilizado inferior a 155 ppm (o ppm C).

2.3.1.3. Ruido

La respuesta de pico a pico del analizador al gas de cero y al gas de calibración o gas patrón durante cualquier periodo de 10 s no excederá de un 2% del fondo de escala en cada uno de los intervalos utilizados.

2.3.1.4. Desviación de cero

La desviación de cero durante un período de una hora será inferior al 2% del fondo de escala en el intervalo más bajo utilizado. La respuesta de cero se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas de cero durante un intervalo de 30 s.

2.3.1.5. Desviación de ajuste

La desviación de ajuste durante un período de una hora será inferior al 2% del fondo de escala en el intervalo más bajo utilizado. El ajuste se define como la diferencia entre la respuesta de ajuste y la respuesta a cero. La respuesta de ajuste se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas patrón durante un intervalo de 30 s.

2.3.1.6. Tiempo de subida

En el caso del análisis de gases de escape sin diluir, el tiempo de subida del analizador instalado en el sistema de medición no será superior a 2,5 s.

Nota: La evaluación del tiempo de respuesta del analizador no basta por sí sola para establecer claramente la adecuación de todo el sistema para la realización de ensayos transitorios. Los volúmenes y, en particular, los volúmenes muertos que pasan por el sistema no solo afectarán al tiempo de transporte desde la sonda hasta el analizador, sino también al tiempo de subida. Los tiempos de transporte en el interior de un analizador, como el convertidor o las trampas de agua en los analizadores de NO_x , se definirán también como tiempo de respuesta del analizador. El cálculo del tiempo de respuesta total del sistema se describe en el apéndice 2, apartado 1.11.1.

2.3.2. Secado de los gases

Son de aplicación las mismas especificaciones que en el ciclo de ensayos NRSC (apartado 1.4.2), descritas a continuación.

El dispositivo opcional de secado del gas deberá tener un efecto mínimo en la concentración de los gases medidos. Los desecantes químicos no son un método aceptable de eliminación del contenido de agua de la muestra.

2.3.3. Analizadores

Son de aplicación las mismas especificaciones que en el ciclo de ensayos NRSC (apartado 1.4.3), descritas a continuación.

Los gases que se deban medir se analizarán con los siguientes instrumentos. En el caso de los analizadores no lineales se permite la utilización de circuitos linealizadores.

2.3.3.1. Análisis del monóxido de carbono (CO)

El analizador de monóxido de carbono será del tipo de absorción de infrarrojos no dispersivo (NDIR).

2.3.3.2. Análisis del dióxido de carbono (CO₂)

El analizador de monóxido de carbono será del tipo de absorción de infrarrojos no dispersivo (NDIR).

2.3.3.3. Análisis de los hidrocarburos (HC)

El analizador de hidrocarburos deberá ser del tipo de detector de ionización de llama calentado (HFID), con el detector, válvulas, tuberías, etc., calentados para mantener los gases a una temperatura de 463 K (190 °C) $\pm$ 10 K.

2.3.3.4. Análisis de los óxidos de nitrógeno (NO_x)

El analizador de óxidos de nitrógeno deberá ser del tipo de detector quimioluminiscente (CLD) o de detector quimioluminiscente calentado (HCLD) con un convertidor NO₂-NO si la medición se realiza en seco. Si la medición se efectúa en húmedo, se utilizará un HCLD con convertidor mantenido a una temperatura superior a 328 K (55 °C), siempre que se compruebe la amortiguación por agua (anexo 4A, apéndice 2, apartado 1.9.2.2.).

Tanto con el CLD como con el HCLD, el circuito de muestreo se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K (55 °C) a 473 K (200 °C) hasta el convertidor en el caso de la medición en base seca, y hasta el analizador en el caso de la medición en base húmeda.

2.3.4. Medición de la relación aire/combustible

El equipo de medición de la relación aire/combustible utilizado para determinar el flujo de gas de escape según se especifica en el apartado 2.2.3 será un sensor de la relación aire/combustible de gama amplia o un sensor lambda de tipo Zirconia.

El sensor se instalará directamente en el tubo de escape, en un punto en el que la temperatura del gas de escape sea suficientemente elevada para eliminar la condensación de agua.

La precisión del sensor con dispositivos electrónicos incorporados será de:

$\pm$ 3 % del valor medido ($\lambda < 2$)

$\pm$ 5 % del valor medido ($2 \leq \lambda < 5$)

$\pm$ 10 % del valor medido ($5 \leq \lambda$)

Para alcanzar la precisión indicada, se calibrará el sensor de acuerdo con las instrucciones del fabricante del instrumento.

2.3.5. Muestreo de emisiones gaseosas

2.3.5.1. Flujo de gas de escape sin diluir

Para calcular las emisiones en el gas de escape sin diluir son de aplicación las mismas especificaciones que en el ciclo de ensayo NRSC (apartado 1.4.4), descritas a continuación.

Las sondas de muestreo de emisiones gaseosas se colocarán como mínimo a 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape, el mayor de estos dos valores, antes de la salida del sistema de escape, en la medida en que esto sea posible, y lo bastante cerca del motor para asegurarse de que la temperatura de los gases de escape en la sonda sea de 343 K (70 °C) como mínimo.

En el caso de un motor pluricilíndrico con colector de escape ramificado, la entrada de la sonda se situará suficientemente alejada en la dirección del caudal de escape para garantizar que la muestra sea representativa de las emisiones de escape medias de todos los cilindros. En el caso de los motores pluricilíndricos con grupos de colectores separados, como, por ejemplo, en un motor de configuración en «V», es admisible tomar una muestra de cada grupo individualmente y calcular el valor medio de las emisiones de escape. También podrán utilizarse otros métodos si se ha demostrado que son equivalentes a los anteriores. Para el cálculo de las emisiones de escape se utilizará el caudal másico de escape total del motor.

2.3.5.2. Flujo de gas de escape diluido

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, serán de aplicación las especificaciones que siguen.

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá ser conforme a los requisitos del anexo 4A, apéndice 4.

Las sondas de muestreo para emisiones gaseosas se instalarán en el túnel de dilución en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados, y cerca de la sonda de muestreo de partículas.

Generalmente, el muestreo puede efectuarse de dos maneras:

- Los contaminantes se recogen en una bolsa de muestreo durante el ciclo y se miden tras finalizar el ensayo.
- Los contaminantes se recogen en una bolsa de muestreo de forma continua y se integran a lo largo del ciclo. Este método es obligatorio para los HC y los NO_x.

Las muestras de las concentraciones de fondo se tomarán antes del túnel de dilución en una bolsa de muestreo y se restarán de la concentración de emisiones de acuerdo con lo dispuesto en el apéndice 3, apartado 2.2.3.

2.4. Determinación de las partículas

Para determinar las partículas se precisa un sistema de dilución. La dilución puede efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o uno de flujo total. La capacidad de flujo del sistema de dilución deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo y mantener la temperatura de los gases de escape diluidos entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltros. Si la humedad del aire es elevada, se permitirá la deshumidificación del aire de dilución antes de su entrada en el sistema de dilución. Si la temperatura ambiente es inferior a 293 K (20 °C), se recomienda precalentar el aire de dilución por encima del límite de temperatura de 303 K (30 °C). No obstante, la temperatura del aire diluido no excederá de 325 K (52 °C) antes de la introducción de los gases de escape en el túnel de dilución.

La sonda de muestreo de partículas se instalará a muy poca distancia de la sonda de muestreo de emisiones de gases, y la instalación será conforme a lo dispuesto en el apartado 2.3.5.

Para determinar la masa de partículas se requiere un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza graduada en microgramos y una cámara de pesaje de temperatura y humedad controladas.

Requisitos del sistema de dilución de flujo parcial

El diseño del sistema de dilución de flujo parcial debe permitir la división de la corriente de escape en dos fracciones, la menor de las cuales se diluye con aire y se emplea posteriormente para la medición de partículas. Para ello es esencial que la relación de dilución se determine con gran precisión. Pueden utilizarse diferentes métodos de división, y los procedimientos de muestreo y el equipo que hayan de utilizarse dependen en gran medida del tipo de método de división empleado (anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.1.).

Para controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesaria una respuesta rápida del sistema. El tiempo de transformación del sistema se determinará mediante el procedimiento descrito en el apéndice 2, apartado 1.11.1.

Si el tiempo combinado de transformación de la medición del flujo de escape (véase el apartado anterior) y el sistema de flujo parcial es inferior a 0,3 s, podrá utilizarse 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 pregrabado. En ese caso, el tiempo de subida será ≤ 1 s y el tiempo de retraso de la combinación ≤ 10 s.

La respuesta total del sistema estará determinada de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas, G_{SE} , proporcional al caudal máxico de las emisiones de escape. Para determinar la proporcionalidad, se realizará un análisis de regresión de G_{SE} en función de G_{EXHW} a una frecuencia mínima de adquisición de datos de 5 Hz y se cumplirán los criterios siguientes:

- El coeficiente de correlación r de la regresión lineal entre G_{SE} y G_{EXHW} no será inferior a 0,95.
- El error típico de estimación de G_{SE} sobre G_{EXHW} no será superior a un 5 % del valor máximo de G_{SE} .
- La intersección de la línea de regresión con G_{SE} no será superior al ± 2 % del valor máximo de G_{SE} .

Existe la opción de realizar un ensayo previo y utilizar la señal del caudal máxico de escape de dicho ensayo para controlar el flujo de muestreo que penetra en el sistema de muestreo de partículas (control previo). Este procedimiento deberá aplicarse si el tiempo de transformación del sistema de muestreo de partículas, $t_{50,P}$, o el tiempo de transformación de la señal de caudal máxico de gas de escape, $t_{50,F}$, o ambos, superan 0,3 s. Se consigue un control correcto del sistema de dilución de flujo parcial si la curva del tiempo de $G_{EXHW,pre}$ del ensayo previo, que controla G_{SE} , es desplazada un tiempo anticipado de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Para establecer la correlación entre G_{SE} y G_{EXHW} , se utilizarán los datos registrados durante el ensayo efectivo, con una alineación del tiempo de G_{EXHW} mediante $t_{50,F}$ respecto de G_{SE} ($t_{50,P}$ no contribuye a la alineación del tiempo). La diferencia de tiempo entre G_{EXHW} y G_{SE} equivale, pues, a la diferencia entre sus tiempos de transformación determinados de acuerdo con lo dispuesto en el apéndice 2, apartado 2.6.

Para los sistemas de dilución de flujo parcial, reviste especial importancia la precisión del flujo de muestreo G_{SE} , si este no se mide directamente sino que se determina mediante medición diferencial del flujo:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

En ese caso, no bastará una precisión de G_{TOTW} y G_{DILW} del ± 2 % para garantizar precisiones aceptables de G_{SE} . Si el flujo de gas se determina mediante medición diferencial del flujo, el error máximo de la diferencia será tal que la precisión de G_{SE} sea del ± 5 % cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

Para obtener unas precisiones admisibles de G_{SE} , podrá utilizarse cualquiera de los métodos siguientes:

- Las precisiones absolutas de G_{TOTW} y G_{DILW} son del $\pm 0,2 \%$, lo que garantiza una precisión de $G_{SE} \leq 5 \%$ con una relación de dilución de 15. No obstante, si la relación de dilución es superior se producirán errores mayores.
- La calibración de G_{DILW} en relación con G_{TOTW} se realiza de manera que se obtengan las precisiones de G_{SE} indicadas en la letra a). En el apéndice 2, apartado 2.6, se ofrecen los detalles al respecto.
- La precisión de G_{SE} se determina indirectamente a partir de la precisión de la relación de dilución determinada mediante un gas trazador, por ejemplo el CO_2 . Una vez más, se requieren precisiones de G_{SE} equivalentes a las del método de la letra a).
- La precisión absoluta de G_{TOTW} y de G_{DILW} es del $\pm 2 \%$ del fondo de escala, el error máximo de la diferencia entre G_{TOTW} y G_{DILW} no supera el $0,2 \%$ y el error de linealidad es del $\pm 0,2 \%$ del valor más elevado de G_{TOTW} observado durante el ensayo.

2.4.1. Filtros de muestreo de partículas

2.4.1.1. Características de los filtros

Para los ensayos de certificación se requieren filtros de fibra de vidrio revestida con fluorocarbono o filtros de membrana a base de fluorocarbono. Para aplicaciones especiales pueden utilizarse filtros de materiales diferentes. Todos los tipos de filtro deberán tener una eficacia de recogida de DOP (ftalato de dioctilo) de $0,3 \mu m$ de al menos un 99% , con una velocidad de entrada del gas comprendida entre 35 y 100 cm/s. Cuando se realicen ensayos de correlación entre laboratorios o entre un fabricante y un organismo de homologación, se utilizarán filtros de idéntica calidad.

2.4.1.2. Tamaño de los filtros

Los filtros de partículas tendrán un diámetro de 47 mm (superficie eficaz de 37 mm de diámetro) como mínimo. Pueden utilizarse filtros de mayor diámetro (apartado 2.4.1.5).

2.4.1.3. Filtros primarios y filtros auxiliares

El muestreo de gas de escape diluido se realizará con un par de filtros acoplados en serie (un filtro primario y uno auxiliar) durante la secuencia de ensayo. El filtro auxiliar estará a una distancia máxima de 100 mm en la dirección del caudal respecto del filtro principal, con el que no deberá estar en contacto. Los filtros podrán pesarse por separado o conjuntamente; en este último caso las dos caras filtrantes se deberán colocar una contra otra.

2.4.1.4. Velocidad de caudal en el filtro

Se precisa una velocidad de caudal del gas a través del filtro de 35 a 100 cm/s. El incremento de la caída de presión entre el comienzo y el final del ensayo no será superior a 25 kPa.

2.4.1.5. Carga de los filtros

En el cuadro siguiente se muestran las cargas mínimas recomendadas para los filtros de los tamaños más comunes. Para tamaños de filtro mayores, la carga mínima será de $0,065 \text{ mg}/1\,000 \text{ mm}^2$ de superficie de filtro.

Diámetro del filtro [mm]	Diámetro recomendado de la superficie eficaz [mm]	Carga mínima recomendada [mg]
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

2.4.2. Características de la cámara de pesaje y de la balanza analítica

2.4.2.1. Condiciones de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionen y pesen los filtros de partículas deberá mantenerse a 295 K (22°C) con una tolerancia de $\pm 3 \text{ K}$ durante el acondicionamiento y pesaje de todos los filtros. La humedad deberá mantenerse a un punto de rocío de 282,5 K ($9,5^\circ\text{C} \pm 3 \text{ K}$) y a una humedad relativa de $45 \pm 8 \%$.

2.4.2.2. Pesaje de los filtros de referencia

El aire ambiente de la cámara (o sala) deberá estar libre de contaminantes ambientales (por ejemplo, polvo) que puedan depositarse en los filtros de partículas durante su estabilización. Se permitirán las alteraciones de las especificaciones de la sala de pesaje descritas en el apartado 2.4.2.1 si su duración no supera 30 minutos. La sala de pesaje deberá cumplir las condiciones requeridas antes de la entrada del personal en la sala. Se pesarán como mínimo dos filtros o dos pares de filtros, nuevos, no más de cuatro horas antes del pesaje de los filtros (o pares de filtros) de muestra pero preferiblemente al mismo tiempo que estos. Estos filtros de referencia serán del mismo tamaño y material que los filtros de muestreo.

Si el peso medio de los filtros de referencia cambia entre distintos pesajes del filtro de muestreo en más de 10 µg, se desecharán todos los filtros de muestreo y se repetirá el ensayo de emisiones.

Si no se cumplen los criterios de estabilidad de la sala de pesaje señalados en el apartado 2.4.2.1 pero el pesaje del filtro (o par de filtros) de referencia satisface los criterios indicados, el fabricante del motor podrá elegir entre aceptar los pesos de los filtros de muestra o anular los ensayos, acondicionar el sistema de control de la sala de pesaje y repetir el ensayo.

2.4.2.3. Balanza analítica

La balanza analítica que se emplea para determinar los pesos de todos los filtros tendrá una precisión (desviación estándar) de 2 µg y una resolución de 1 µg (1 dígito = 1 µg) especificada por el fabricante de la balanza.

2.4.2.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

Para eliminar los efectos de la electricidad estática se deberán neutralizar los filtros antes del pesaje, por ejemplo con un neutralizador Polonium o un dispositivo de efecto análogo.

2.4.3. Prescripciones adicionales para la medición de partículas

Todos los elementos del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el portafiltros, 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 o alteración 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.

Apéndice 2

Procedimiento de calibración (NRSC, NRTC ⁽¹⁾)**1. CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ANALÍTICOS****1.1. Introducción**

Cada analizador se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que deberá utilizarse para los analizadores indicados en el apéndice 1, apartado 1.4.3.

A petición del fabricante, y de acuerdo con el organismo de homologación, los métodos descritos en el anexo 4B, apartados 8.1 y 8.2, se podrán usar como alternativa a los previstos en el apartado 1 del presente apéndice.

1.2. Gases de calibración

Se respetará la vida útil de todos los gases de calibración.

Se anotará la fecha de caducidad de los gases de calibración indicada por el fabricante.

1.2.1. Gases puros

La pureza requerida para los gases está determinada por los límites de contaminación que se indican seguidamente. Deberá disponerse de los gases que se indican a continuación:

a) Nitrógeno purificado

(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

b) Oxígeno purificado

(pureza $> 99,5$ % vol. O₂)

c) Mezcla hidrógeno-helio

(40 ± 2 % de hidrógeno, y el resto de helio)

(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO₂)

d) Aire sintético purificado

(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(contenido de oxígeno entre el 18 % y el 21 % vol.)

1.2.2. Gases de calibración y patrón

Se dispondrá de mezclas de gases que posean las siguientes composiciones químicas:

a) C₃H₈ y aire sintético purificado (véase el apartado 1.2.1.);**b) CO y nitrógeno purificado;****c) NO y nitrógeno purificado (la cantidad de NO₂ contenida en este gas de calibración no deberá superar un 5 % del contenido de NO);****d) O₂ y nitrógeno purificado;****e) CO₂ y nitrógeno purificado;****f) CH₄ y aire sintético purificado;****g) C₂H₆ y aire sintético purificado.**

Nota: Se admiten otras combinaciones siempre que los gases no reaccionen entre sí.

La concentración real de un gas de calibración y de un gas patrón deberá encontrarse dentro de un margen del ± 2 % del valor nominal. Todas las concentraciones de gas de calibración se indicarán en base al volumen [% volumen o ppm de volumen].

Los gases empleados para calibración y ajuste de la sensibilidad también podrán obtenerse mediante un separador de gases, en dilución con N₂ purificado o con aire sintético purificado. La precisión del mezclador será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración diluidos dentro de un margen del ± 2 %.

⁽¹⁾ El método de calibración es común para los ensayos NRSC y NRTC, con la excepción de los requisitos especificados en los apartados 1.11 y 2.6.

Esta precisión implica el conocimiento de que los gases primarios utilizados en la mezcla tienen una precisión mínima del $\pm 1\%$ de acuerdo con las normas nacionales e internacionales sobre gases. La verificación se realizará a un valor entre el 15 % y el 50 % del fondo de escala para cada calibración que incorpore un mezclador. Si la primera verificación no da resultado, se podrá efectuar una verificación adicional utilizando otro gas de calibración.

Otra posibilidad es verificar el mezclador con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo, utilizando gas NO con un detector quimioluminiscente. El fondo de escala del instrumento se ajustará con el gas patrón directamente conectado al mismo. El mezclador se verificará en las posiciones de ajuste que se hayan utilizado y el valor nominal se comparará con la concentración medida del instrumento. La diferencia en cada punto deberá encontrarse dentro de un margen del $\pm 1\%$ del valor nominal.

Se podrán utilizar otros métodos basados en buenas prácticas técnicas con el consentimiento previo de las partes interesadas.

Nota: Se recomienda un separador de gases cuya precisión sea del $\pm 1\%$ para establecer la curva exacta de calibración del analizador. El fabricante del instrumento calibrará el separador de gases.

1.3. Procedimiento operativo para los analizadores y el sistema de muestreo

El procedimiento seguido para la utilización de los analizadores se ajustará a las instrucciones de puesta en marcha y de utilización facilitadas por el fabricante de los aparatos. Deberán respetarse también los requisitos mínimos indicados en los apartados 1.4 a 1.9.

1.4. Ensayo de estanqueidad

Se efectuará un ensayo de estanqueidad del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obturará su extremo. La bomba del analizador se pondrá entonces en marcha. Tras un período de estabilización inicial, todos los caudalímetros deberán indicar cero. En caso contrario, se revisarán los tubos de muestreo y se corregirá la anomalía. El índice de fuga máximo admisible en el lado del vacío será de un 0,5 % del índice del caudal utilizado en la porción del sistema que se esté verificando. Para un cálculo estimativo de los caudales utilizados se podrán emplear los flujos de los analizadores y los flujos en derivación.

Otro método consiste en introducir una variación brusca en la concentración al principio del conducto de muestreo, pasando de gas de puesta a cero a gas patrón.

Si, transcurrido un período adecuado, el valor medido muestra una concentración más baja en comparación con la concentración introducida, significa que hay problemas de calibración o de estanqueidad.

1.5. Procedimiento de calibración

1.5.1. Instrumental

El instrumental se calibrará y las curvas de calibración se compararán con gases normalizados. Se emplearán los mismos caudales de gas que para tomar muestras de los gases de escape.

1.5.2. Tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento deberá estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si no está especificado, se recomienda un período de calentamiento de los analizadores de dos horas como mínimo.

1.5.3. Analizador NDIR y HFID

Se pondrá a punto el analizador NDIR según se requiera y se optimizará la llama de combustión del analizador HFID (apartado 1.8.1).

1.5.4. Calibración

Se calibrarán todas las escalas de funcionamiento que se empleen normalmente.

Los analizadores de CO, CO₂, NO_x, HC y O₂ se ajustarán a cero utilizando aire sintético (o nitrógeno) purificado.

Se introducirán en los analizadores los gases de calibración adecuados, se anotarán los valores correspondientes y se determinará la curva de calibración de acuerdo con el apartado 1.5.6.

Se verificará de nuevo la puesta a cero y, si es preciso, se repetirá el procedimiento de calibración.

1.5.5. Determinación de la curva de calibración

1.5.5.1. Reglas generales

La curva de calibración del analizador se determina con seis puntos de calibración como mínimo (excluyendo el cero), espaciados lo más uniformemente posible. La mayor concentración nominal no deberá ser inferior al 90 % del fondo de escala.

La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados. Si el grado del polinomio resultante es superior a tres, el número de puntos de calibración (incluido el cero) será como mínimo igual al grado del polinomio más dos.

La curva de calibración no presentará una diferencia superior al $\pm 2\%$ con respecto al valor nominal de cada punto de calibración y superior al $\pm 0,3\%$ del fondo de escala en cero.

A partir de la curva de calibración y de los puntos de calibración, se podrá verificar si esta se ha efectuado correctamente. Se indicarán los diversos parámetros característicos del analizador, y en particular los siguientes:

- a) El campo de medición;
- b) La sensibilidad;
- c) La fecha en que se efectuó la calibración.

1.5.5.2. Calibración por debajo del 15 % del fondo de escala

La curva de calibración del analizador se determina con un mínimo de diez puntos de calibración (excluido el cero) espaciados de manera que el 50 % de los puntos de calibración esté situado por debajo del 10 % del fondo de escala.

La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados.

La curva de calibración no presentará una diferencia superior al $\pm 4\%$ con respecto al valor nominal de cada punto de calibración y superior al $\pm 0,3\%$ del fondo de escala en cero.

1.5.5.3. Métodos alternativos

Si puede demostrarse que es posible conseguir una precisión equivalente mediante una tecnología alternativa (por ejemplo, ordenador, selector de escala controlado electrónicamente, etc.), podrán aplicarse estos métodos alternativos.

1.6. Verificación de la calibración

Antes de proceder al análisis, se verificará, según el procedimiento siguiente, cada una de las escalas de funcionamiento normalmente empleadas.

Se verifica la calibración utilizando un gas de cero y un gas patrón cuyo valor nominal sea superior al 80 % del fondo de escala del campo de medición.

Si el valor determinado para los dos puntos considerados no difiere del valor de referencia declarado en más del $\pm 4\%$ del fondo de escala, podrán modificarse los parámetros de ajuste. En caso contrario, se establecerá una nueva curva de calibración de conformidad con el apartado 1.5.4.

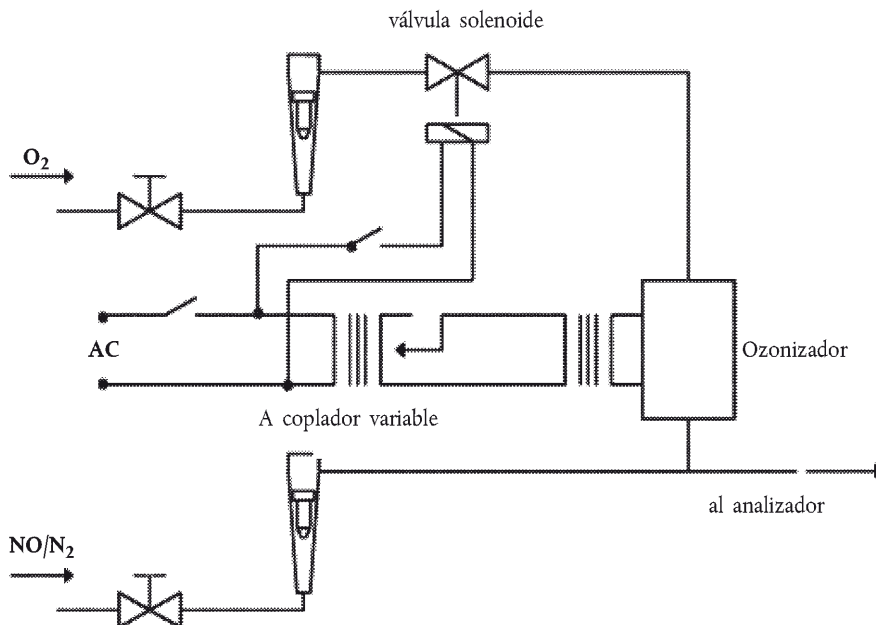
1.7. Ensayo de eficacia del convertidor de NO_x

La eficacia del convertidor utilizado para la conversión de NO_2 en NO se comprobará como se indica en los apartados 1.7.1 a 1.7.8. (Figura 1).

1.7.1. Preparación del ensayo

Utilizando el montaje de ensayo representado en la figura 1 (véase también el apéndice 1, apartado 1.4.3.5) y siguiendo el procedimiento indicado a continuación, podrá comprobarse la eficacia de los convertidores por medio de un ozonizador.

Figura 1

Esquema del dispositivo de comprobación de la eficacia del convertidor de NO₂**1.7.2. Calibración**

El CLD y el HCLD se calibrarán en el intervalo de funcionamiento más común, según las especificaciones del fabricante, utilizando gas de cero y gas patrón (su contenido de NO deberá equivaler aproximadamente a un 80 % del intervalo de funcionamiento, y la concentración de NO₂ de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO_x deberá encontrarse en modo NO, de manera que el gas patrón no pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada.

1.7.3. Cálculo

La eficiencia del convertidor de NO₂ se calculará de la manera siguiente:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \cdot 100$$

donde:

a = concentración de NO_x según el apartado 1.7.6.

b = concentración de NO_x según el apartado 1.7.7.

c = concentración de NO según el apartado 1.7.4.

d = concentración de NO según el apartado 1.7.5.

1.7.4. Adición de oxígeno

Mediante un conector en T se añadirá oxígeno o aire cero de manera continua al flujo de gas hasta que la concentración indicada sea aproximadamente un 20 % inferior a la concentración de calibración indicada en el apartado 1.7.2. (El analizador estará en modo NO).

Se registrará la concentración indicada, c . Durante todo el proceso se mantendrá desactivado el ozonizador.

1.7.5. Activación del ozonizador

Se activará el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO a aproximadamente un 20 % (mínimo un 10 %) de la concentración de calibración indicada en el apartado 1.7.2. Se registrará la concentración indicada, d . (El analizador estará en modo NO.)

1.7.6. Modo NO_x

El analizador de NO se conmutará luego al modo NO_x, con lo cual la mezcla de gases (constituida por NO, NO₂, O₂ y N₂) pasará a través del convertidor. Deberá registrarse la concentración indicada, a . (El analizador está en modo NO_x.)

1.7.7. Desactivación del ozonizador

A continuación se desactivará el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el apartado 1.7.6 pasará al detector a través del convertidor. Se registrará la concentración indicada, *b*. (El analizador estará en modo NO_x.)

1.7.8. Modo NO

Al cambiar al modo NO con el ozonizador desactivado, también se corta el flujo de oxígeno o aire sintético. La medida de NO_x indicada por el analizador no deberá diferir en más del $\pm 5\%$ del valor medido con arreglo al apartado 1.7.2. (El analizador estará en modo NO.)

1.7.9. Intervalo de ensayo

Antes de cada calibración del analizador de NO_x se comprobará la eficacia del convertidor.

1.7.10. Eficacia requerida

La eficacia del convertidor no deberá ser inferior al 90 %, aunque se recomienda encarecidamente una eficacia del 95 %.

Nota: Si, estando el analizador en el intervalo de funcionamiento más común, el ozonizador no logra una reducción del 80 % al 20 % según lo indicado en el apartado 1.7.5, se utilizará el intervalo superior de funcionamiento que permita esa reducción.

1.8. Ajuste del FID

1.8.1. Optimización de la respuesta del detector

El HFID se ajustará en la forma prescrita por el fabricante del instrumento. Se utilizará un gas patrón de propano en aire para optimizar la respuesta en el campo operativo más común.

Tras seleccionar el caudal de combustible y de aire que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón de 350 ± 75 ppm C. La respuesta con un determinado flujo de combustible se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas de cero. El flujo de combustible se ajustará de manera progresiva por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrará la respuesta de ajuste y la respuesta a cero para estos flujos de combustible. Se trazará una gráfica de la diferencia entre la respuesta de ajuste y de cero y se ajustará el flujo de combustible al lado rico de la curva.

1.8.2. Factores de respuesta a los hidrocarburos

El analizador se calibrará utilizando propano en aire y aire sintético purificado, tal como se indica en el apartado 1.5.

Los factores de respuesta se determinarán al poner un analizador en servicio y después de largos intervalos de servicio. El factor de respuesta (R_f) para una determinada variedad de hidrocarburo es la relación entre el valor medido de C1 del FID y la concentración de gases en el cilindro expresada en ppm C1.

Se utilizará la concentración del gas de ensayo que proporcione una respuesta de aproximadamente un 80 % del fondo de escala. La concentración deberá conocerse con una precisión del $\pm 2\%$ en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, el cilindro de gas se preacondicionará durante 24 horas a una temperatura de 298 K (25 °C) ± 5 K.

A continuación se indican los gases de ensayo que se han de utilizar y los correspondientes intervalos recomendados de los factores de respuesta:

Metano y aire sintético purificado: $1,00 \leq R_f \leq 1,15$

Propileno y aire sintético purificado: $0,90 \leq R_f \leq 1,1$

Tolueno y aire sintético purificado: $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Estos valores se refieren al factor de respuesta (R_f) de 1,00 para propano y aire sintético purificado.

1.8.3. Comprobación de la interferencia de oxígeno

La interferencia de oxígeno se comprobará al poner un analizador en servicio y después de largos intervalos de utilización.

Se escogerá un intervalo en el que los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno caigan en el 50 % superior. El ensayo se realizará con el horno a la temperatura necesaria.

1.8.3.1. Gases de comprobación de la interferencia de oxígeno

Los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno contendrán propano con $350 \text{ ppm C} \pm 75 \text{ ppm C}$ de hidrocarburos. El valor de concentración se determinará con arreglo a las tolerancias del gas de calibración mediante análisis cromatográfico del total de hidrocarburos más las impurezas o mediante mezcla dinámica. El nitrógeno será el diluyente predominante, y el resto será oxígeno. Las mezclas exigidas en los ensayos de los motores diésel son las siguientes:

Concentración de O_2	Equilibrio
21 (de 20 a 22)	Nitrógeno
10 (de 9 a 11)	Nitrógeno
5 (de 4 a 6)	Nitrógeno

1.8.3.2. Procedimiento

- Se pone el analizador a cero.
- Se calibra el analizador con la mezcla del 21 % de oxígeno.
- Se vuelve a comprobar la respuesta cero. Si ha cambiado más de un 0,5 % del fondo de escala, se repiten las etapas a) y b).
- Se introducen los gases de comprobación del 5 % y el 10 % de interferencia de oxígeno.
- Se vuelve a comprobar la respuesta cero. Si ha cambiado en más de $\pm 1 \%$ del fondo de escala, se repite el ensayo.
- Se calcula la interferencia de oxígeno [% O_2I] para cada mezcla de la letra d) de la manera siguiente:

$$\% \text{O}_2 \text{ I} = \frac{(B - C)}{B} \cdot 100$$

A = concentración de hidrocarburo [ppmC] del gas patrón utilizado en b)

B = concentración de hidrocarburo [ppmC] de los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno utilizados en d)

C = respuesta del analizador

$$(\text{ppmC}) = \frac{A}{D}$$

D = porcentaje de la respuesta del analizador en el fondo de escala debido a A.

- El porcentaje de interferencia de oxígeno [% O_2I] antes del ensayo será inferior al $\pm 3,0 \%$ en todos los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno requeridos.
- Si la interferencia de oxígeno es superior a un $\pm 3 \%$, se ajustará el flujo de aire de modo incremental por encima y por debajo de las prescripciones del fabricante, repitiendo el apartado 1.8.1 para cada flujo.
- Si la interferencia de oxígeno es superior a un $\pm 3 \%$, después de ajustar el flujo de aire, deberá variarse el flujo de combustible y después el flujo de muestreo y se repetirá la optimización del apartado 1.8.1 para cada nuevo ajuste.
- Si la interferencia por oxígeno sigue siendo superior a un $\pm 3 \%$, se reparará o reemplazará el analizador, el combustible FID o el aire del quemador antes del ensayo. Después se repetirá esta operación tras reparar o sustituir el equipo o los gases.

1.9. Efectos de interferencia con los analizadores NDIR y CLD

Los gases de escape, aparte del que se analiza, pueden interferir con el valor medido de distintas formas. Se produce una interferencia positiva en los instrumentos NDIR cuando el gas interferente produce el mismo efecto que el gas medido pero en menor grado. En los analizadores NDIR se produce una interferencia negativa cuando el gas interferente aumenta la banda de absorción del gas medido, y en los detectores CLD, cuando el gas interferente reduce la radiación. Las comprobaciones de interferencia señaladas en los apartados 1.9.1 y 1.9.2 deberán realizarse antes de la puesta en servicio inicial de analizador y después de largos intervalos de utilización.

1.9.1. Comprobación de la interferencia en el analizador de CO

El agua y el CO₂ pueden interferir con el rendimiento del analizador de CO. En consecuencia, se tomará gas patrón de CO₂ con una concentración del 80 % al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento máximo utilizado durante el ensayo, se hará borbotear dicho gas en agua a la temperatura ambiente y se registrará la respuesta del analizador. La respuesta del analizador no deberá superar el 1 % del fondo de escala para intervalos iguales o superiores a 300 ppm, o bien 3 ppm para intervalos inferiores a 300 ppm.

1.9.2. Comprobaciones de la amortiguación del analizador de NO_x

Los dos gases que pueden interferir en los analizadores CLD (y HCLD) son el CO₂ y el vapor de agua. Las respuestas de amortiguación de estos gases son proporcionales a sus concentraciones. Por lo tanto, se requieren técnicas de ensayo para determinar la amortiguación a los máximos niveles de concentración que se espera encontrar durante los ensayos.

1.9.2.1. Comprobación de la amortiguación por CO₂

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas patrón de CO₂ con una concentración del 80 % al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento máximo, y el valor de CO₂ se registrará como A. Entonces se diluirá aproximadamente al 50 % con gas patrón de NO y se hará pasar por el NDIR y el (H)CLD, y se registrarán los valores de CO₂ y de NO como B y C, respectivamente. Después se cortará el CO₂ de manera que solo pase gas patrón de NO por el (H)CLD y se registrará el valor de NO como D.

La amortiguación se calculará de la manera siguiente:

$$\%CO_2 \text{ Quench} = \left[1 - \left(\frac{C \cdot A}{(D \cdot A) - (D \cdot B)} \right) \right] \cdot 100$$

y no deberá ser superior al 3 % del fondo de escala.

donde:

A = porcentaje de la concentración de CO₂ sin diluir medida con NDIR

B = porcentaje de la concentración de CO₂ diluido medida con NDIR

C = concentración de NO diluido medida con CLD en ppm

D = concentración de NO sin diluir medida con CLD en ppm

1.9.2.2. Comprobación de la amortiguación por agua

Esta comprobación se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas húmedo. El cálculo de la amortiguación del agua debe tener en cuenta la dilución del gas patrón de NO con vapor de agua y la adaptación de la concentración de vapor de agua de la mezcla a la esperada durante el ensayo. Se hará pasar por el analizador (H)CLD un gas patrón de NO con una concentración del 80 % al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento normal, y el valor de NO se registrará como D. El gas NO se hará borbotear en agua a la temperatura ambiente y se hará pasar por el analizador (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor C. Se determinará la temperatura del agua y se registrará como F. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura F del agua borboteante y se registrará como G. La concentración de vapor de agua [%] de la mezcla se calculará de la manera siguiente:

$$H = 100 \cdot \left(\frac{G}{P_B} \right)$$

y se registrará como H. La concentración esperada del gas patrón de NO diluido (en vapor de agua) se calculará de la manera siguiente:

$$De = D \cdot \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

y se registrará como De. Para el escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua de escape [%] que se espera obtener durante el ensayo, suponiendo una relación atómica H/C del combustible de 1,8 a 1,0, a partir de la concentración de gas patrón de CO₂ sin diluir (A, medida según el apartado 1.9.2.1), de la manera siguiente:

$$Hm = (0,9 \cdot A)$$

y se registrará como Hm.

La amortiguación por agua se calculará de la manera siguiente:

$$\%H_2O_{\text{ Quench}} = 100 \cdot \left(\frac{De - C}{De} \right) \cdot \left(\frac{Hm}{H} \right)$$

y no deberá ser superior al 3 % del fondo de escala.

De = concentración esperada de NO diluido [ppm]

C = concentración de NO diluido [ppm]

Hm = concentración máxima de vapor de agua [%]

H = concentración real de vapor de agua [%]

Nota: Para esta comprobación es importante que el gas patrón de NO contenga una concentración mínima de NO_2 , dado que la absorción de NO_2 en agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos de amortiguación.

1.10. Intervalos de calibración

Los analizadores se calibrarán de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1.5 cada tres meses como mínimo o cada vez que se efectúe en el sistema una reparación o una modificación que puedan influir en la calibración.

1.11. Requisitos adicionales de calibración para las mediciones de gases de escape sin diluir en los ensayos NRTC

1.11.1. Verificación del tiempo de respuesta del sistema analítico

Los ajustes del sistema para la evaluación del tiempo de respuesta serán exactamente los mismos que durante la medición en el periodo de ensayo (es decir, presión, caudales, ajustes de los filtros en los analizadores y todos los demás elementos que influyen en el tiempo de respuesta). El tiempo de respuesta se determinará cambiando el gas directamente en la entrada de la sonda de muestreo. El cambio de gas se realizará 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, como mínimo.

Se registrará la curva de la concentración de cada uno de los componentes del gas. El tiempo de respuesta se define como el intervalo de tiempo que transcurre entre el cambio de gas y el cambio correspondiente de la concentración registrada. El tiempo de respuesta del sistema (t_{90}) equivale al tiempo de retraso del detector de medición y el tiempo de subida del detector. Por tiempo de retraso se entiende el intervalo de tiempo que transcurre desde el cambio (t_0) hasta que la respuesta alcance el 10 % del valor medido final (t_{10}). Por tiempo de subida se entiende el que transcurre entre la respuesta al 10 % y al 90 % del valor medido final ($t_{90} - t_{10}$).

Para la alineación del tiempo del analizador y las señales del flujo de escape en caso de medición del gas de escape sin diluir, se entenderá por tiempo de transformación el que transcurre desde el cambio (t_0) hasta que la respuesta alcanza un 50 % del valor medido final (t_{50}).

El tiempo de respuesta del sistema será ≤ 10 s, con un tiempo de subida $\leq 2,5$ s para todos los componentes limitados (CO , NO_x , HC) y todos los intervalos utilizados.

1.11.2. Calibración del analizador de gas trazador para la medición del flujo de escape

Si la concentración del gas trazador se mide con un analizador, para calibrarlo se utilizará el gas estándar.

Se determinará la curva de calibración en al menos diez puntos de calibración (excepto el cero) separados de modo que la mitad de los puntos de calibración queden entre el 4 % y el 20 % del fondo de escala del analizador, y el resto quede entre el 20 % y el 100 % del fondo de escala. La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados.

La curva de calibración no diferirá en más del ± 1 % del fondo de escala del valor nominal de cada punto de calibración, en la gama del 20 % al 100 % del fondo de escala. Tampoco diferirá en más de un ± 2 % de la medición del valor nominal en la gama del 4 % al 20 % del fondo de escala.

El analizador se pondrá a cero y se ajustará antes de la realización del ensayo utilizando un gas de cero y un gas patrón cuyo valor nominal sea superior al 80 % del fondo de escala del analizador.

2. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS

2.1. Introducción

Cada componente se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe utilizarse para los componentes indicados en el anexo 4A, apéndice 1, apartado 1.5, y apéndice 4.

A petición del fabricante, y de acuerdo con el organismo de homologación, los métodos descritos en el anexo 4B, apartados 8.1 y 8.2, se podrán usar como alternativa a los previstos en el apartado 2 del presente apéndice.

2.2. Medición del flujo

La calibración de los caudalímetros de gas o instrumentos de medición de flujos deberá realizarse de conformidad con las normas nacionales y/o internacionales pertinentes.

El error máximo del valor medido no diferirá en más del $\pm 2 \%$ del valor medido.

Para los sistemas de dilución de flujo parcial, reviste especial importancia la precisión del flujo de muestreo G_{SE} , si este no se mide directamente sino que se determina mediante medición diferencial del flujo:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

En ese caso, no bastará una precisión de G_{TOTW} y G_{DILW} del $\pm 2 \%$ para garantizar unas precisiones aceptables de G_{SE} . Si el flujo de gas se determina mediante medición diferencial del flujo, el error máximo de la diferencia será tal que la precisión de G_{SE} sea del $\pm 5 \%$ cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

2.3. Comprobación de la relación de dilución

Cuando se utilicen sistemas de muestreo de partículas sin EGA (anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.1), se comprobará la relación de dilución para cada motor nuevo con el motor en funcionamiento y utilizando las mediciones de concentración de CO_2 o NO_x en el escape sin diluir y diluido.

La relación de dilución medida deberá estar dentro de la tolerancia del $\pm 10 \%$ de la relación de dilución calculada a partir de la medición de concentración de CO_2 o NO_x .

2.4. Comprobación de las condiciones de flujo parcial

Se comprobarán y ajustarán los límites de velocidad de los gases de escape y las oscilaciones de presión de acuerdo con las prescripciones de EP del anexo 4A, apéndice 4, apartado 1.2.1.1.

2.5. Intervalos de calibración

Los instrumentos de medición de flujos se calibrarán cada tres meses como mínimo o cada vez que se introduzca en el sistema una modificación que pueda influir en la calibración.

2.6. Requisitos adicionales de calibración para los sistemas de dilución de flujo parcial

2.6.1. Calibración periódica

Si el flujo de gas de muestra se determina mediante medición de las diferencias de flujo, el caudalímetro o los instrumentos de medición de flujos se calibrarán siguiendo uno de los procedimientos que se describen a continuación, de modo que el flujo de la sonda G_{SE} en el túnel cumpla los requisitos de precisión del anexo 4A, apéndice 1, apartado 2.4.:

El caudalímetro de G_{DILW} se conecta en serie al caudalímetro de G_{TOTW} . La diferencia entre ambos caudalímetros se calibra como mínimo en cinco puntos de consigna con valores de flujo uniformemente espaciados entre el valor G_{DILW} más bajo utilizado en el ensayo y el valor de G_{TOTW} utilizado en el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.

Se conecta en serie un dispositivo calibrado de caudal másico al caudalímetro de G_{TOTW} y se verifica su precisión para el valor utilizado en el ensayo. A continuación, el dispositivo calibrado de caudal másico se conectará en serie al caudalímetro de G_{DILW} y se verificará su precisión en al menos cinco posiciones de ajuste correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 50, en relación con el valor G_{TOTW} utilizado durante el ensayo.

Se desconecta del escape el tubo de transferencia TT y se conecta a este un dispositivo calibrado de medición de flujo con un intervalo adecuado para medir G_{SE} . A continuación se regula G_{TOTW} según el valor utilizado durante el ensayo, y se ajusta consecutivamente G_{DILW} a un mínimo de cinco valores correspondientes a las relaciones de dilución q entre 3 y 50. Como alternativa, se podrá aportar un recorrido especial de calibración del flujo que circunvale el túnel, pero de manera que el aire total y el diluido pasen a través de los medidores correspondientes como en el ensayo efectivo.

Se introduce un gas trazador en el tubo de transferencia TT. Dicho gas podrá ser un componente del gas de escape, por ejemplo, CO_2 o NO_x . Tras su dilución en el túnel se medirá el gas trazador. Esta operación se realizará para cinco relaciones de dilución entre 3 y 50. La precisión del flujo de muestreo se determinará a partir de la relación de dilución q :

$$G_{SE} = G_{TOTW}/q$$

Para garantizar la precisión de G_{SE} se tendrán en cuenta las precisiones de los analizadores de gas.

2.6.2. Verificación del flujo de carbono

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 se hará funcionar al par y régimen máximos o de cualquier otro modo de estado constante que genere al menos un 5 % de CO₂. El sistema de muestreo de flujo parcial funcionará con un factor de dilución de aproximadamente 15 a 1.

2.6.3. Verificación previa al ensayo

En las dos horas previas a la realización del ensayo se procederá a una verificación de la manera siguiente:

La precisión de los caudalímetros se verificará en al menos dos puntos siguiendo el mismo método utilizado para la calibración, incluyendo los valores de flujo de G_{DILW} que correspondan a relaciones de dilución de entre 5 y 15 para el valor de G_{TOTW} utilizado durante el ensayo.

Si puede demostrarse, mediante los registros del procedimiento de calibración descrito más arriba, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

2.6.4. 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 se determinará mediante el método siguiente:

Se instalará en serie, estrechamente acoplado a la sonda, un caudalímetro de referencia independiente con un intervalo de medición adecuado para el flujo 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 para no afectar a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial y 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 previo en los ensayos reales. El estímulo escalonado del flujo 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 del valor de G_{SE} del sistema de dilución de flujo parcial y de la señal del valor de G_{EXHW} del caudalímetro de escape. Estas señales se utilizan en las verificaciones de regresión que se realizan después de cada ensayo (anexo 4A, apéndice 1, apartado 2.4).

Se repetirá el cálculo para al menos cinco estímulos de subida y bajada y se calculará la media de los resultados. Se restará de este valor el tiempo de transformación interna (< 100 ms) del caudalímetro de referencia. Este será el «valor anticipado» del sistema de dilución de flujo parcial, que se aplicará de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4A, apéndice 1, apartado 2.4.

3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO DE VOLUMEN CONSTANTE (CVS)

3.1. Aspectos generales

El sistema de muestreo de volumen constante (CVS) se calibrará utilizando un caudalímetro preciso y medios para modificar las condiciones de funcionamiento.

Se medirá el flujo que circula por el sistema para distintos valores de flujo, y los parámetros de control del sistema se medirán y se pondrán en relación con el flujo.

Podrán utilizarse distintos tipos de caudalímetros, por ejemplo un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbinímetro calibrado.

A petición del fabricante, y de acuerdo con el organismo de homologación, los métodos descritos en el anexo 4B, apartados 8.1 y 8.2, se podrán usar como alternativa a los previstos en el apartado 3 del presente apéndice.

3.2. Calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán junto con los parámetros relacionados con el venturi de calibración conectado en serie a la bomba. El caudal calculado [m³/min] en la entrada de la bomba, para una presión y temperatura absolutas se representará gráficamente según una función correlacional que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el flujo de la bomba y la función de correlación. Si un sistema CVS posee un accionamiento de varios regímenes, se efectuará la calibración para cada una de las escalas utilizadas.

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 flujo más bajo (restricción más elevada y régimen de la PDP más bajo).

3.2.1. Análisis de los datos

El caudal de aire (Q_s) para cada posición del limitador (mínimo 6 posiciones) se calculará en m³/min (condiciones estándar) a partir de los datos del caudalímetro, siguiendo el método prescrito por el fabricante. A continuación se convertirá el caudal de aire a flujo de la bomba (V_0) [m³/rev] a una temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \cdot \frac{T}{273} \cdot \frac{101,3}{P_A}$$

donde:

Q_s = caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K) [m³/s]

T = temperatura en la entrada de la bomba [K]

P_A = presión absoluta en la entrada de la bomba ($p_B - p_1$) [kPa]

n = régimen de la bomba [rev/s]

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y la pérdida de la bomba, se calculará la función correlacional, X_0 , entre el régimen de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{P_A}}$$

donde:

Δp_p = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba [kPa]

P_A = presión absoluta en la salida de la bomba [kPa].

Se realizará un ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados a fin de generar la ecuación de calibración, como sigue:

$$V_0 = D_0 - m \cdot (X_0)$$

D_0 y m son las constantes de intersección y de pendiente, respectivamente, que describen las líneas de regresión.

Para un sistema CVS que disponga de varias velocidades, las curvas de calibración generadas para los distintos flujos de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección, D_0 , aumentarán de manera inversamente proporcional al flujo de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación deberán encontrarse dentro de un margen del $\pm 0,5$ % respecto del valor medido de V_0 . Los valores de m variarán de una bomba a otra. Con el tiempo, el flujo 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 cualquier operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema (apartado 3.5) indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

3.3. Calibración del venturi de flujo crítico (CFV)

La calibración del CFV se basa en la ecuación del flujo para un venturi crítico. El flujo de gas es una función de la presión y la temperatura de entrada, como se indica a continuación:

$$Q_s = \frac{K_v \cdot p_A}{\sqrt{T}}$$

donde:

K_v = coeficiente de calibración

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T = temperatura en la entrada del venturi [K]

3.3.1. Análisis de los datos

El caudal de aire, Q_s , para cada posición del limitador (mínimo 8 posiciones) se calculará en m³/min (condiciones estándar) a partir de los datos del caudalímetro, siguiendo el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$K_v = \frac{Q_s \cdot \sqrt{T}}{p_A}$$

donde:

Q_s = caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K) [m³/s]

T = temperatura en la entrada del venturi [K]

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

Para determinar el margen de flujo crítico, K_v se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del venturi. Para el flujo crítico (de estrangulación), K_v tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuya la presión (y aumente el vacío), el venturi quedará menos estrangulado y K_v disminuirá, lo que indica que el CFV funciona fuera del margen admisible.

Para un mínimo de ocho puntos en la región de flujo crítico, se calcularán el K_v medio y la desviación estándar. La desviación estándar no superará el $\pm 0,3$ % del K_v medio.

3.4. Calibración del venturi subsónico (SSV)

La calibración del SSV se basa en la ecuación del flujo para un venturi subsónico. El flujo de gas es una 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 se muestra a continuación:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

donde:

A_0 = conjunto de constantes y conversiones de unidades =

$$0,006111 \text{ en unidades del SI} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) \left(\frac{\text{K}^{\frac{1}{2}}}{\text{kPa}} \right) \left(\frac{1}{\text{mm}^2} \right)$$

d = diámetro del cuello del SSV [m]

C_d = coeficiente de descarga del SSV

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T = temperatura en la entrada del venturi [K]

r = relación entre el cuello del SSV y la presión estática absoluta de entrada = $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = relación entre el diámetro del cuello del SSV, d , y el diámetro interior del tubo de entrada = $\frac{d}{D}$

3.4.1. Análisis de los datos

El flujo de aire (Q_{SSV}) para cada posición del limitador (mínimo 16 posiciones) se calculará en m³/min (condiciones estándar) a partir de los datos del caudalímetro, siguiendo el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibración para cada ajuste, de la manera siguiente:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{A_0 d^2 P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}}$$

donde:

Q_{SSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K) [m^3/s]

T = temperatura en la entrada del venturi [K],

d = diámetro del cuello del SSV [m]

r = relación entre el cuello del SSV y la presión estática absoluta de entrada $= 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = relación entre el diámetro del cuello del SSV, d , y el diámetro interior del tubo de entrada $= \frac{d}{D}$

Para determinar el intervalo de flujo subsónico, se representará gráficamente C_d como función del número de Reynolds en el cuello del SSV. El Re en el cuello del SSV se calculará mediante la fórmula siguiente:

$$Re = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

donde:

A_1 = conjunto de constantes y conversiones de unidades $25,55152 \left(\frac{1}{m^3}\right) \left(\frac{min}{s}\right) \left(\frac{mm}{m}\right)$

Q_{SSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K) [m^3/s]

d = diámetro del cuello del SSV [m]

μ = viscosidad absoluta o dinámica del gas calculada mediante la ecuación siguiente:

$$\mu = \frac{bT^{3/2}}{S + T} = \frac{bT^{1/2}}{1 + \frac{T}{S}} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

donde:

b = constante empírica $= 1,458 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{msK}^{3/2}}$

S = constante empírica $= 104,4 \text{ K}$

Como Q_{SSV} es un dato introducido en la ecuación de Re , los cálculos deben comenzar con un valor inicial supuesto de Q_{SSV} o C_d del venturi de calibración y repetirse hasta que Q_{SSV} converja. El método de convergencia deberá tener una precisión mínima del 0,1 %.

Para un mínimo de dieciséis puntos en la región de flujo subsónico, los valores de C_d calculados a partir de la ecuación que se ajusta a la curva de calibración resultante no variarán más del $\pm 0,5 \%$ del C_d medido en cada punto de calibración.

3.5. Verificación de todo el sistema

La precisión total del sistema de muestro CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras este funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 3, apartado 2.4.1, excepto en el caso del propano, para el que se utilizará un factor de 0,000472 en lugar del factor 0,000479 empleado para los hidrocarburos. Se aplicará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

3.5.1. Medición con un orificio de flujo crítico

Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (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. La masa determinada deberá encontrarse dentro de un margen del $\pm 3 \%$ respecto de la masa conocida del gas inyectado.

3.5.2. Medición por medio de una técnica gravimétrica

Se determinará el peso de un pequeño cilindro lleno de propano con una precisión de $\pm 0,01 \text{ g}$. 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 introducido 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. La masa determinada deberá encontrarse dentro de un margen del $\pm 3 \%$ respecto de la masa conocida del gas inyectado.

Apéndice 3

Evaluación de los datos y cálculos

1. EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y CÁLCULOS – ENSAYO NRSC

1.1. Evaluación de los datos sobre emisiones gaseosas

Para evaluar las emisiones gaseosas deberá promediarse el valor medido del registro gráfico de los últimos 60 s de cada modo y, si se utiliza el método del balance de carbono, durante cada modo se deberán determinar las concentraciones medias ($conc$) de HC, CO, NO_x y CO₂ a partir de las medias de los valores medidos del gráfico y de los correspondientes datos de calibración. Podrá utilizarse un tipo distinto de registro si se garantiza una adquisición de datos equivalente.

Las concentraciones de fondo medias ($conc_d$) podrán determinarse a partir de los valores medidos del aire de dilución obtenidos en las bolsas o de los valores medidos de fondo continuos (no en bolsa) y los datos de calibración correspondientes.

Si se utilizan los ciclos modales con aumentos del anexo 5, letras a) o b) del apartado 1.2, respectivamente, serán de aplicación los procedimientos de evaluación y cálculo de los datos del anexo 4B, apartado 7.8.2.2, y las secciones aplicables de los apartados A.8.2, A.8.3 y A.8.4. Los resultados finales del ensayo se calcularán con las ecuaciones A.8-60 y A.8-61 o A.7-49 y A.7-50, respectivamente.

1.2. Emisiones de partículas

En la evaluación de las partículas, se registrarán para cada modo las masas totales de muestreo, $M_{SAM,i}$, que pasan a través de los filtros. Los filtros se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje y se acondicionarán durante un mínimo de una hora y un máximo de 80 horas, tras lo cual se pesarán. Se anotará el peso sin diluir de los filtros y se restará la tara (véase el anexo 4A, apartado 3.1). La masa de partículas (M_f en el método de filtro único; M_{fi} en el método de múltiples filtros) es la suma de las masas de las partículas recogidas en los filtros primarios y auxiliares. Si es preciso aplicar una corrección de fondo, se registrarán la masa de aire de dilución, M_{DIL} , que pasa por los filtros y la masa de partículas, M_d . En caso de que se haya efectuado más de una medición, se calculará el cociente M_d/M_{DIL} para cada una de las mediciones y se promediarán los valores.

Si se utilizan los ciclos modales con aumentos del anexo 5, letras a) o b) del apartado 1.2, respectivamente, serán de aplicación los procedimientos de evaluación y cálculo de los datos del anexo 4B, apartado 7.8.2.2 y las secciones correspondientes de los apartados A.8.2, A.8.3 y A.8.4. Los resultados finales del ensayo se calcularán con las ecuaciones A.8-64 y A.7-53, respectivamente.

1.3. Cálculo de las emisiones gaseosas

Los resultados finales del ensayo que habrán de incluirse en el informe se determinarán mediante los pasos que se indican seguidamente:

1.3.1. Determinación del flujo de gas de escape

Se determinará el flujo de gas de escape, $G_{EXHW,i}$, para cada modo, de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 1, apartados 1.2.1 a 1.2.3.

Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total, se determinará el caudal total de gases de escape diluidos, $G_{TOTW,i}$, para cada modo de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 1, apartado 1.2.4.

1.3.2. Corrección base seca/base húmeda

Se determinará la corrección base seca/base húmeda ($G_{EXHW,i}$) para cada modo, de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 1, apartados 1.2.1 a 1.2.3.

Al aplicar G_{EXHW} , la concentración medida se convertirá a base húmeda mediante las ecuaciones siguientes, si no se ha medido ya por vía húmeda:

$$conc_{wet} = K_w \cdot conc_{dry}$$

Para el gas de escape sin diluir:

$$K_{w,r} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \cdot 0,005 \cdot (\%CO[dyr] + \%CO_2[dyr])} \right) - K_{w1}$$

$$K_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,22 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

Para el gas de escape diluido:

$$K_{w,e,1} = \left(1 - \frac{1,88 \cdot CO_2\%(wet)}{200} \right) - K_{w2}$$

o:

$$K_{w,e,2} = \left(1 + \frac{1 - K_{w2}}{1 + \frac{1,88 \cdot CO_2\%(dry)}{200}} \right)$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}$$

Para el aire de dilución:

$$K_{w,d} = 1 - K_{w3}$$

$$K_{w3} = \frac{1,608 \cdot H_d}{1\,000 + (1,608 \cdot H_d)}$$

$$H_d = \frac{6,22 \cdot R_d \cdot p_d}{p_B - p_d \cdot R_d \cdot 10^{-2}}$$

Para el aire de admisión (si difiere del aire de dilución):

$$K_{w,a} = 1 - K_{w2}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,22 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

H_a = humedad absoluta del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

H_d = humedad absoluta del aire de dilución [g H₂O/kg aire seco]

R_d = humedad relativa del aire de dilución [%]

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_d = presión de vapor de saturación del aire de dilución [kPa]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a y H_d podrán derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

1.3.3. Corrección de la humedad para NO_x

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, se deberá corregir la concentración de NO_x en función de la temperatura y la humedad del aire ambiente utilizando los factores K_H determinados según la fórmula siguiente:

$$K_H = \frac{1}{1 + A(H_a - 10,71) + B(T_a - 298)}$$

donde:

$$A = 0,309 \cdot G_{\text{Fuel}}/G_{\text{AIRD}} - 0,0266$$

$$B = -0,209 \cdot G_{\text{Fuel}}/G_{\text{AIRD}} + 0,00954$$

$$\frac{G_{\text{FUEL}}}{G_{\text{AIRD}}} = \text{Fuel air ratio (dry air basis)}$$

T_a = temperaturas del aire [K]

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg de aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

1.3.4. Cálculo de los caudales máscicos de emisiones

Los caudales máscicos de emisiones de cada modo se calcularán como sigue:

a) Para el gas de escape sin diluir ⁽¹⁾:

$$Gas_{\text{mass}} = u \cdot \text{conc} \cdot G_{\text{EXHW}}$$

b) Para el gas de escape diluido ⁽²⁾:

$$Gas_{\text{mass}} = u \cdot \text{conc}_c \cdot G_{\text{TOTW}}$$

donde:

conc_c es la concentración de fondo corregida

$$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_d \cdot (1 - (1/DF))$$

$$DF = 13,4 / (\text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4})$$

o:

$$DF = 13,4 / \text{conc}_{\text{CO}_2}$$

Los coeficientes u – húmedo se utilizarán de acuerdo con el cuadro 5:

⁽¹⁾ En el caso del NO_x, la concentración de NO_x (NO_xconc o NO_xconc_c) se ha de multiplicar por K_{HNO_x} (factor de corrección de la humedad de NO_x indicado en el apartado 1.3.3) como sigue: K_{HNO_x} · conc o bien K_{HNO_x} · conc_c.

⁽²⁾ En el caso del NO_x, la concentración de NO_x (NO_xconc o NO_xconc_c) se ha de multiplicar por K_{HNO_x} (factor de corrección de la humedad de NO_x indicado en el apartado 1.3.3) como sigue: K_{HNO_x} · conc o bien K_{HNO_x} · conc_c.

Cuadro 5

Valores del coeficiente u – húmedo para diferentes componentes de los gases de escape

Gas	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	%

La densidad de HC se basa en una relación media de carbono a hidrógeno de 1:1,85.

1.3.5. Cálculo de las emisiones específicas

Se calculará la emisión específica [g/kWh] de cada uno de los componentes utilizando la ecuación siguiente:

$$Gas_{individual} = \frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass_i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

donde $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

Los factores de ponderación y el número de modos utilizados en el cálculo anterior, n , están de acuerdo con lo señalado en el anexo 4A, apartado 3.7.1.

1.4. Cálculo de la emisión de partículas

La emisión de partículas se calculará de la manera siguiente:

1.4.1. Factor de corrección de humedad para partículas

Dado que la emisión de partículas en los motores diésel depende de las condiciones del aire ambiente, el caudal másico de partículas se corregirá en función de la humedad del aire ambiente aplicando el factor K_p determinado por medio de la fórmula siguiente:

$$K_p = 1/(1 + 0,0133 \cdot (H_a - 10,71))$$

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

1.4.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Los resultados finales del ensayo que habrán de incluirse en el informe se determinarán mediante los pasos que se indican seguidamente. Dado que pueden utilizarse diferentes tipos de control del caudal de dilución, existen diferentes métodos aplicables para el cálculo del caudal másico de gases de escape diluidos, G_{EDF} . Todos los cálculos se basarán en los valores medios de los distintos modos, i , obtenidos durante el período de muestreo.

1.4.2.1. Sistemas isocinéticos

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} \cdot r)}{(G_{EXHW,i} \cdot r)}$$

donde r corresponde a la relación entre las superficies transversales de la sonda isocinética, A_p , y del tubo de escape, A_T :

$$r = \frac{A_p}{A_T}$$

1.4.2.2. Sistemas con medición de la concentración de CO_2 o NO_x

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{Conc_{E,i} - Conc_{A,i}}{Conc_{D,i} - Conc_{A,i}}$$

donde:

$Conc_E$ = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape sin diluir

$Conc_D$ = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape diluido

$Conc_A$ = concentración en base húmeda del gas trazador en el aire de dilución

Las concentraciones medidas en base seca deberán convertirse a base húmeda de acuerdo con el apartado 1.3.2.

1.4.2.3. Sistemas con medición de CO_2 y método del balance de carbono

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,6 \cdot G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

donde:

CO_{2D} = concentración de CO_2 del gas de escape diluido

CO_{2A} = concentración de CO_2 del aire de dilución

(concentraciones en % volumen en base húmeda)

Esta ecuación se basa en el supuesto del balance de carbono (los átomos de carbono suministrados al motor se emiten en forma de CO_2) y se determina por medio de los pasos siguientes:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \cdot q_i$$

y:

$$q_i = \frac{206,6 \cdot G_{FUEL,i}}{G_{EXHW,i} \cdot (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

1.4.2.4. Sistemas con medición de flujo

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

1.4.3. Sistema de dilución de flujo total

Los resultados finales del ensayo que habrán de incluirse en el informe se determinarán mediante los pasos que se indican seguidamente.

Todos los cálculos se basarán en los valores medios de los distintos modos, i , obtenidos durante el período de muestreo.

$$G_{EDFW,i} = G_{TOTW,i}$$

1.4.4. Cálculo del caudal másico de partículas

El caudal másico de partículas se calculará de la manera siguiente:

En el caso del método de filtro único:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f \cdot (G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM}} \cdot 1\,000}$$

donde:

A lo largo del ciclo de ensayo, $(G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}$ se determinará sumando los valores medios de los distintos modos obtenidos durante el período de muestreo:

$$(G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}} = \sum_{i=1}^n G_{\text{EDFW},i} \cdot WF_i$$

$$M_{\text{SAM}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{SAM},i}$$

siendo $i = 1, \dots, n$

En el caso del método de múltiples filtros:

$$PT_{\text{mass},i} = \frac{M_{f,i} \cdot (G_{\text{EDFW},i})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM},i} \cdot 1\,000}$$

siendo $i = 1, \dots, n$

Podrá efectuarse una corrección de fondo del caudal másico de partículas de la manera siguiente:

En el caso del método de filtro único:

$$PT_{\text{mass}} = \left[\frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left(\frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) \cdot WF_i \right) \right) \right] \cdot \frac{(G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}}{1\,000}$$

Si se efectúa más de una medición, (M_d/M_{DIL}) se sustituirá por $(M_d/M_{\text{DIL}})_{\text{aver}}$.

$$DF = \frac{13,4}{\text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4}}$$

o bien:

$$DF = 13,4 / \text{conc}_{\text{CO}_2}$$

En el caso del método de múltiples filtros:

$$PT_{\text{mass},i} = \left[\frac{M_{f,i}}{M_{\text{SAM},i}} - \left(\frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \cdot \left[\frac{G_{\text{EDFW},i}}{1\,000} \right]$$

Si se efectúa más de una medición, (M_d/M_{DIL}) se sustituirá por $(M_d/M_{\text{DIL}})_{\text{aver}}$

$$DF = \frac{13,4}{\text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4}}$$

o bien:

$$DF = 13,4 / \text{conc}_{\text{CO}_2}$$

1.4.5. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión específica de partículas, PT [g/kWh], se calculará de la manera siguiente ⁽¹⁾:

En el caso del método de filtro único:

$$PT = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

En el caso del método de múltiples filtros:

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^n PT_{\text{mass},i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

1.4.6. Factor de ponderación eficaz

En el método de filtro único, el factor de ponderación eficaz $WF_{E,i}$ de cada modo se calculará de la manera siguiente:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{\text{SAM},i} \cdot (G_{\text{EDF}})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM}} \cdot (G_{\text{EDFW},i})}$$

siendo $i = 1, \dots, n$.

El valor de los factores de ponderación eficaces deberá coincidir con el de los factores de ponderación enumerados en el anexo 4A, apartado 3.7.1, con una tolerancia de $\pm 0,005$ (valor absoluto).

2. EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y CÁLCULOS (ENSAYO NRTC)

En este apartado se describen los dos principios de medición que se pueden utilizar para evaluar las emisiones de contaminantes en el ciclo NRTC:

- a) Los componentes gaseosos se miden en el gas de escape sin diluir en tiempo real y las partículas se determinan mediante un sistema de dilución de flujo parcial.
- b) Los componentes gaseosos y las partículas se determinan mediante un sistema de dilución de flujo total (sistema CVS).

2.1. Cálculo de las emisiones gaseosas del gas de escape sin diluir y de las emisiones de partículas con un sistema de dilución de flujo parcial

2.1.1. Introducción

Las señales de la concentración instantánea de los componentes gaseosos se utilizan para el cálculo de las emisiones máscas multiplicándolas por el caudal máscico instantáneo del gas de escape. El caudal máscico de los gases de escape se puede medir directamente o bien calcularse mediante uno de los métodos descritos en el anexo 4A, apéndice 1, apartado 2.2.3 (medición del aire de admisión y el flujo de combustible, método del gas trazador, medición del aire de admisión y la relación aire/combustible). Se prestará especial atención a los tiempos de respuesta de los diferentes instrumentos. Estas diferencias se tendrán en cuenta alineando el tiempo de las señales.

En el caso de las partículas, las señales del caudal máscico del gas de escape se utilizarán para controlar el sistema de dilución de flujo parcial y tomar una muestra proporcional al caudal máscico del gas de escape. La calidad de la proporcionalidad se verifica mediante un análisis de regresión entre la muestra y el flujo de gas de escape como se describe en el anexo 4A, apéndice 1, apartado 2.4.

2.1.2. Determinación de los componentes gaseosos

2.1.2.1. Cálculo de la emisión máscica

La masa de los contaminantes, M_{gas} [g/ensayo], se determinará calculando las emisiones máscicas instantáneas de las concentraciones brutas de los contaminantes, los valores u del cuadro 6 (véase también el apartado 1.3.4) y el caudal máscico de los gases de escape, alineado con el tiempo de transformación e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Preferiblemente, las concentraciones se medirán en base húmeda. Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará a los valores de concentración instantánea la corrección seco/húmedo que se describe a continuación.

⁽¹⁾ El caudal máscico de partículas PT_{mass} se multiplicará por K_p (factor de corrección de humedad para partículas indicado en el apartado 1.4.1).

Cuadro 6

Valores del coeficiente u – húmedo para diferentes componentes de los gases de escape

Gas	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	%

La densidad de HC se basa en una relación media de carbono a hidrógeno de 1:1,85.

Se aplicarán las ecuaciones siguientes:

$$M_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n u \cdot \text{conc}_i \cdot G_{\text{EXHW},i} \cdot \frac{1}{f} \text{ [g/ensayo]}$$

donde:

u = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del gas de escape

conc_i = concentración instantánea del componente respectivo en el gas de escape sin diluir [ppm]

$G_{\text{EXHW}, i}$ = caudal másico instantáneo de gas de escape [kg/s]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

n = número de mediciones

Para el cálculo de NO_x se utilizará el factor de corrección de la humedad k_H descrito a continuación.

La concentración medida instantáneamente se calculará en base húmeda como se indica a continuación, si no se ha medido ya en base húmeda.

2.1.2.2. Corrección base seca/base húmeda

Si la concentración medida instantáneamente se mide en base seca, se calculará la concentración en base húmeda mediante las fórmulas indicadas a continuación:

$$\text{conc}_{\text{wet}} = K_W \cdot \text{conc}_{\text{dry}}$$

donde:

$$K_{W,r} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \cdot 0,005 \cdot (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{CO}_2})} \right) - K_{W2}$$

donde:

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

donde:

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$ = concentración en base seca de CO₂ [%]

conc_{CO} = concentración en base seca de CO [%]

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

2.1.2.3. Corrección de NO_x en función de la humedad y la temperatura

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, se deberá corregir la concentración de NO_x en función de la temperatura y la humedad del aire ambiente utilizando los factores determinados según la fórmula siguiente:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (H_a - 10,71) + 0,0045 \cdot (T_a - 298)}$$

donde:

T_a = temperatura del aire de admisión [K]

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

2.1.2.4. Cálculo de las emisiones específicas

Se calculará la emisión específica [g/kWh] de cada uno de los componentes utilizando la ecuación siguiente:

$$Gas\ individual = \frac{(1/10)M_{gas,cold} + (9/10)M_{gas,hot}}{(1/10)W_{gas,cold} + (9/10)W_{gas,hot}}$$

donde:

$M_{gas,cold}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en frío [g]

$M_{gas,hot}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en caliente [g]

$W_{act,cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

$W_{act,hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2. [kWh]

2.1.3. Determinación de las partículas

2.1.3.1. Cálculo de la emisión másica

Las masas de las partículas $M_{PT,cold}$ y $M_{PT,hot}$ [g/ensayo] se calcularán aplicando uno de los métodos siguientes:

$$a) M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \cdot \frac{M_{EDFW}}{1\ 000}$$

donde:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

M_{EDFW} = masa de gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo [kg]

M_{SAM} = masa de gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

La masa total del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo se determinará de la siguiente manera:

$$M_{EDFW} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW,i} \cdot \frac{1}{f}$$

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{G_{TOTW,i} - G_{DILW,i}}$$

donde:

$G_{EDFW,i}$ = caudal másico instantáneo equivalente de gas de escape diluido [kg/s]

$G_{EXHW,i}$ = caudal másico instantáneo de gas de escape [kg/s]

q_i = relación de dilución instantánea

$G_{TOTW,i}$ = caudal másico instantáneo de gas de escape diluido a través del túnel de dilución [kg/s]

$G_{DILW,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de dilución [kg/s]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

n = número de mediciones

$$b) M_{PT} = \frac{M_f}{r_s \cdot 1\,000}$$

donde:

$M_{PT} = M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

$M_{PT} = M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

r_s = relación media de la muestra a lo largo del ciclo de ensayo

donde:

$$r_s = \frac{M_{SE}}{M_{EXHW}} \cdot \frac{M_{SAM}}{M_{TOTW}}$$

M_{SE} = masa de escape de la muestra a lo largo del ciclo [kg]

M_{EXHW} = total del caudal másico de gas de escape a lo largo del ciclo [kg]

M_{SAM} = masa de gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

M_{TOTW} = masa de gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución [kg]

Nota: En un sistema de muestreo total, M_{SAM} y M_{TOTW} son idénticos.

2.1.3.2. Factor de corrección de humedad para partículas

Dado que la emisión de partículas en los motores diésel depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de partículas se corregirá en función de la humedad del aire ambiente aplicando el factor k_p determinado por medio de la fórmula siguiente:

$$k_p = \frac{1}{(1 + 0,0133 \cdot (H_a - 10,71))}$$

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

2.1.3.3. Cálculo de las emisiones específicas

Las emisiones específicas [g/kWh] se calcularán utilizando la ecuación siguiente:

$$PT = \frac{(1/10)K_{p,cold} \cdot M_{PT,cold} + (9/10)K_{p,hot} \cdot M_{PT,hot}}{(1/10)W_{act,cold} + (9/10)W_{act,hot}}$$

donde:

$M_{PT,cold}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío [g/ensayo]

$M_{PT,hot}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente [g/ensayo]

$K_{p,cold}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío

$K_{p,hot}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente

$W_{act,cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

$W_{act,hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

2.2. Determinación de los gases y partículas con un sistema de dilución de flujo total

Para calcular las emisiones del gas de escape diluido, es preciso conocer el caudal másico del gas de escape diluido. El flujo total de gas de escape diluido durante el ciclo M_{TOTW} [kg/ensayo] se calculará a partir de los valores medidos a lo largo del ciclo y de los correspondientes datos de calibrado del caudalímetro (V_0 para PDP, K_V para CFV, C_d para SSV): se seguirán los métodos correspondientes descritos en el apartado 2.2.1. Si la masa total de muestreo de gases y partículas contaminantes, M_{SAM} , es superior a un 0,5 % del flujo total del CVS, M_{TOTW} , el flujo del CVS se corregirá para M_{SAM} o el flujo de muestreo de partículas se dirigirá de nuevo al CVS antes de pasar por el caudalímetro.

2.2.1. Determinación del flujo de gas de escape diluido

Sistema PDP-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 6 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del caudal másico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_P \cdot (p_B - p_1) \cdot 273/(101,3 \cdot T)$$

donde:

M_{TOTW} = masa del gas de escape diluido en base húmeda durante el ciclo

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

p_B = presión atmosférica en la celda de ensayo [kPa]

p_1 = presión inferior a la atmosférica en la entrada de la bomba del PDP [kPa]

T = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba a lo largo del ciclo [K]

En caso de utilizar un sistema con compensación de flujo (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones instantáneas de masa se calcularán e integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_{P,i} \cdot (p_B - p_1) \cdot 273/(101,3 \cdot T)$$

donde:

$N_{P,i}$ = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

Sistema CFV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del caudal másico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW} = 1,293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_A / T^{0,5}$$

donde:

M_{TOTW} = masa del gas de escape diluido en base húmeda a lo largo del ciclo [kg]

t = duración del ciclo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de flujo crítico en condiciones estándar,

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

En caso de utilizar un sistema con compensación de flujo (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones instantáneas de masa se calcularán e integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_A / T^{0,5}$$

donde:

Δt_i = intervalo de tiempo [s]

Sistema SSV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del caudal másico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t$$

donde:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \cdot \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

A_0 = conjunto de constantes y conversiones de unidades

$$= 0,006111 \text{ en unidades del SI } \left(\frac{m^3}{\min} \right) \left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$$

d = diámetro del cuello del SSV [m]

C_d = coeficiente de descarga del SSV

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T = temperatura en la entrada del venturi [K]

r = relación entre el cuello del SSV y la presión estática absoluta de entrada $= 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = relación entre el diámetro del cuello del SSV, d , y el diámetro interior del tubo de entrada interior del tubo de entrada $= \frac{d}{D}$

En caso de utilizar un sistema con compensación de flujo (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones instantáneas de masa se calcularán e integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t_i$$

donde:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

Δt_i = intervalo de tiempo [s]

El cálculo en tiempo real se inicializará con un valor razonable de C_d , por ejemplo, 0,98, o con un valor razonable de Q_{SSV} . Si el cálculo se inicializa con Q_{SSV} , se utilizará el valor inicial de Q_{SSV} para evaluar Re .

Durante todos los ensayos de emisiones, el número de Reynolds en el cuello del SSV deberá situarse dentro del intervalo de números de Reynolds utilizados para derivar la curva de calibración especificada en el apéndice 2, apartado 3.2.

2.2.2. Corrección de NO_x en función de la humedad

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, se deberá corregir la concentración de NO_x en función de la humedad del aire ambiente utilizando los factores determinados según las fórmulas siguientes:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (H_a - 10,71) + 0,0045 \cdot (T_a - 298)}$$

donde:

T_a = temperatura del aire [K]

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

2.2.3. Cálculo del caudal másico de emisiones

2.2.3.1. Sistemas con caudal másico constante

Para sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes, M_{GAS} [g/ensayo], se determinará mediante la ecuación siguiente:

$$M_{gas} = u \cdot conc \cdot M_{TOTW}$$

donde:

u = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del gas de escape diluido, como se indica en el cuadro 6, apartado 2.1.2.1.

$conc$ = concentraciones medias con corrección de fondo a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatorio para NO_x y HC) o medición con bolsas [ppm]

M_{TOTW} = masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo, como se indica en el apartado 2.2.1 [kg]

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x se corregirá en función de la humedad del aire ambiente utilizando el factor k_H como se describe en el apartado 2.2.2.

Las concentraciones medidas en base seca deberán convertirse a base húmeda de acuerdo con el apartado 1.3.2.

2.2.3.1.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

La concentración media de fondo de los gases contaminantes en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas al objeto de obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo se pueden determinar mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se aplicará la fórmula siguiente:

$$conc = conc_e - conc_d \cdot (1 - (1/DF))$$

donde:

$conc$ = concentración del respectivo contaminante en el gas de escape diluido, corregida por la cantidad del respectivo contaminante contenida en el aire de dilución [ppm]

$conc_e$ = concentración del respectivo contaminante medida en el gas de escape diluido [ppm]

$conc_d$ = concentración del respectivo contaminante medida en el aire de dilución [ppm]

DF = factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$DF = \frac{13,4}{conc_{eCO_2} + (conc_{eHC} + conc_{eCO}) \cdot 10^{-4}}$$

2.2.3.2. Sistemas con compensación de flujo

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes M_{GAS} [g/ensayo] se determinará calculando las emisiones instantáneas de masa e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de concentración instantáneo. Se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$M_{GAS} = \sum_{i=1}^n \left((M_{TOTW,i} \cdot conc_{e,i} \cdot u) - \left(M_{TOTW} \cdot conc_d \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \cdot u \right) \right)$$

donde:

$conc_{e,i}$ = concentración instantánea del respectivo contaminante medida en el gas de escape diluido [ppm]

$conc_d$ = concentración del respectivo contaminante medida en el aire de dilución [ppm]

u = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del gas de escape diluido, como se indica en el cuadro 6, apartado 2.1.2.1

$M_{TOTW,i}$ = masa instantánea del gas de escape diluido (apartado 2.2.1) [kg]

M_{TOTW} = masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo, como se indica en el apartado 2.2.1 [kg]

DF = factor de dilución según lo determinado en el apartado 2.2.3.1.1.

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x se corregirá en función de la humedad del aire ambiente utilizando el factor k_H como se describe en el apartado 2.2.2.

2.2.4. Cálculo de las emisiones específicas

Se calcularán las emisiones específicas [g/kWh] de cada uno de los componentes utilizando la ecuación siguiente:

$$Individual\ Gas = \frac{(1/10)M_{gas,cold} + (9/10)M_{gas,hot}}{(1/10)W_{gas,cold} + (9/10)W_{gas,hot}}$$

donde:

$M_{gas,cold}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en frío [g]

$M_{gas,hot}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en caliente [g]

$W_{act, cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

$W_{act, hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

2.2.5. Cálculo de la emisión de partículas

2.2.5.1. Cálculo del caudal másico

Las masas de las partículas $M_{PT,cold}$ y $M_{PT,hot}$ [g/ensayo] se calcularán aplicando las ecuaciones siguientes:

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \cdot \frac{M_{TOTW}}{1\ 000}$$

donde:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

M_{TOTW} = masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo, como se indica en el apartado 2.2.1. [kg]

M_{SAM} = masa de gas de escape diluido tomada en el túnel de dilución para recoger partículas [kg]

y

$M_f = M_{f,p} + M_{f,b}$, si se pesan por separado [mg]

$M_{f,p}$ = masa de partículas recogida en el filtro principal [mg]

$M_{f,b}$ = masa de partículas recogida en el filtro secundario [mg]

Si se utiliza un sistema de doble dilución, la masa del aire de dilución secundario deberá restarse de la masa total de gas de escape doblemente diluido que ha pasado por los filtros de partículas.

$$M_{SAM} = M_{TOT} - M_{SEC}$$

donde:

M_{TOT} = masa del gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas [kg]

M_{SEC} = masa del aire de dilución secundario [kg]

Si el nivel de partículas de fondo del aire de dilución se determina de conformidad con el apartado 4.4.4 del anexo 4A, se podrá aplicar la corrección de fondo a la masa de partículas. En este caso, las masas de partículas $M_{PT,cold}$ y $M_{PT,hot}$ [g/ensayo] se calcularán como sigue:

$$M_{PT} = \left(\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right) \cdot \frac{M_{TOTW}}{1\,000}$$

donde:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f , M_{SAM} , M_{TOTW} = véase más arriba

M_{DIL} = masa del aire de dilución principal recogido con el muestreador de partículas de fondo [kg]

M_d = masa de las partículas de fondo recogidas en el aire de dilución principal [mg]

DF = factor de dilución según lo determinado en el apartado 2.2.3.1.1.

2.2.5.2. Factor de corrección de humedad para partículas

Dado que la emisión de partículas en los motores diésel depende de las condiciones del aire ambiente, el caudal másico de partículas se corregirá en función de la humedad del aire ambiente aplicando el factor k_p determinado por medio de la fórmula siguiente:

$$k_p = \frac{1}{(1 + 0,0133 \cdot (H_a - 10,71))}$$

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

donde:

R_a = humedad relativa del aire de admisión [%]

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión [kPa]

p_B = presión barométrica total [kPa].

Nota: H_a podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, como se describe más arriba, o del punto de rocío, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

2.2.5.3. Cálculo de las emisiones específicas

Las emisiones específicas [g/kWh] se calcularán utilizando la ecuación siguiente:

$$PT = \frac{(1/10)K_{p,cold} \cdot M_{PT,cold} + (9/10)K_{p,hot} \cdot M_{PT,hot}}{(1/10)W_{act,cold} + (9/10)W_{act,hot}}$$

donde:

$M_{PT,cold}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío del NRTC [g/ensayo]

$M_{PT,hot}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente del NRTC [g/ensayo]

$K_{p, cold}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío

$K_{p, hot}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente

$W_{act, cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

$W_{act, hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo 4A, apartado 4.6.2 [kWh]

Apéndice 4

Sistema de análisis y muestreo

1. SISTEMAS DE MUESTREO DE GASES Y PARTÍCULAS

Figura número	Descripción
2	Sistema de análisis del gas de escape para gases de escape sin diluir
3	Sistema de análisis del gas de escape para gases de escape diluidos
4	Flujo parcial, flujo isocinético, control del aspirador, muestreo fraccionado
5	Flujo parcial, flujo isocinético, control del ventilador centrífugo, muestreo fraccionado
6	Flujo parcial, control de CO ₂ o NO _x , muestreo fraccionado
7	Flujo parcial, balance de CO ₂ o carbono, muestreo total
8	Flujo parcial, venturi sencillo y medición de concentración, muestreo fraccionado
9	Flujo parcial, venturi u orificio doble y medición de concentración, muestreo fraccionado
10	Flujo parcial, división en tubos múltiples y medición de concentración, muestreo fraccionado
11	Flujo parcial, control del flujo, muestreo total
12	Flujo parcial, control del flujo, muestreo fraccionado
13	Flujo total, bomba de desplazamiento positivo o venturi de flujo crítico, muestreo fraccionado
14	Sistema de muestreo de partículas
15	Sistema de dilución para el sistema de flujo total

1.1. Cálculo de las emisiones gaseosas

El apartado 1.1.1 y las figuras 2 y 3 contienen descripciones detalladas de los sistemas recomendados de muestreo y de análisis. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no es preciso seguir exactamente los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse componentes adicionales, tales como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas y conmutadores, para obtener información adicional y coordinar las funciones de los sistemas componentes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, siempre que dicha exclusión se base en la buena práctica técnica.

1.1.1. Componentes de las emisiones gaseosas de escape de CO, CO₂, HC, NO_x

Se describe un sistema de análisis para la determinación de las emisiones gaseosas en los gases de escape sin diluir o diluidos, basado en la utilización de los instrumentos siguientes:

- Un analizador HFID para la medición de los hidrocarburos;
- Analizadores NDIR para la medición del monóxido y el dióxido de carbono;
- Un analizador HCLD o equivalente para la medición del óxido de nitrógeno.

En lo relativo a los gases de escape sin diluir (véase la figura 2), la muestra de todos los componentes podrá tomarse con una sola sonda de muestreo o con dos sondas situadas en puntos muy próximos entre sí y divididas internamente en función de los diferentes analizadores. Se procurará que no se produzca condensación de los componentes de escape (incluidos el agua y el ácido sulfúrico) en ningún punto del sistema de análisis.

En lo relativo al gas de escape diluido (figura 3), la muestra de hidrocarburos se tomará con una sonda distinta de la utilizada para tomar las muestras de los restantes componentes. Se procurará que no se produzca condensación de los componentes de escape (incluidos el agua y el ácido sulfúrico) en ningún punto del sistema de análisis.

Figura 2

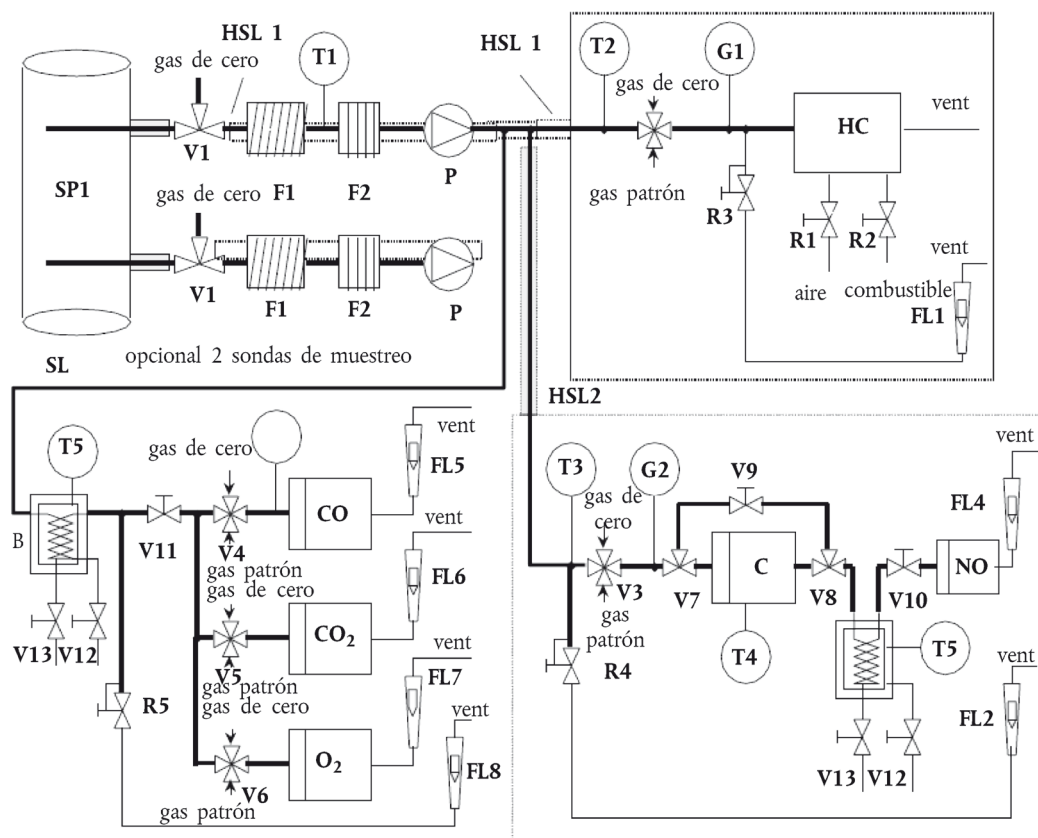
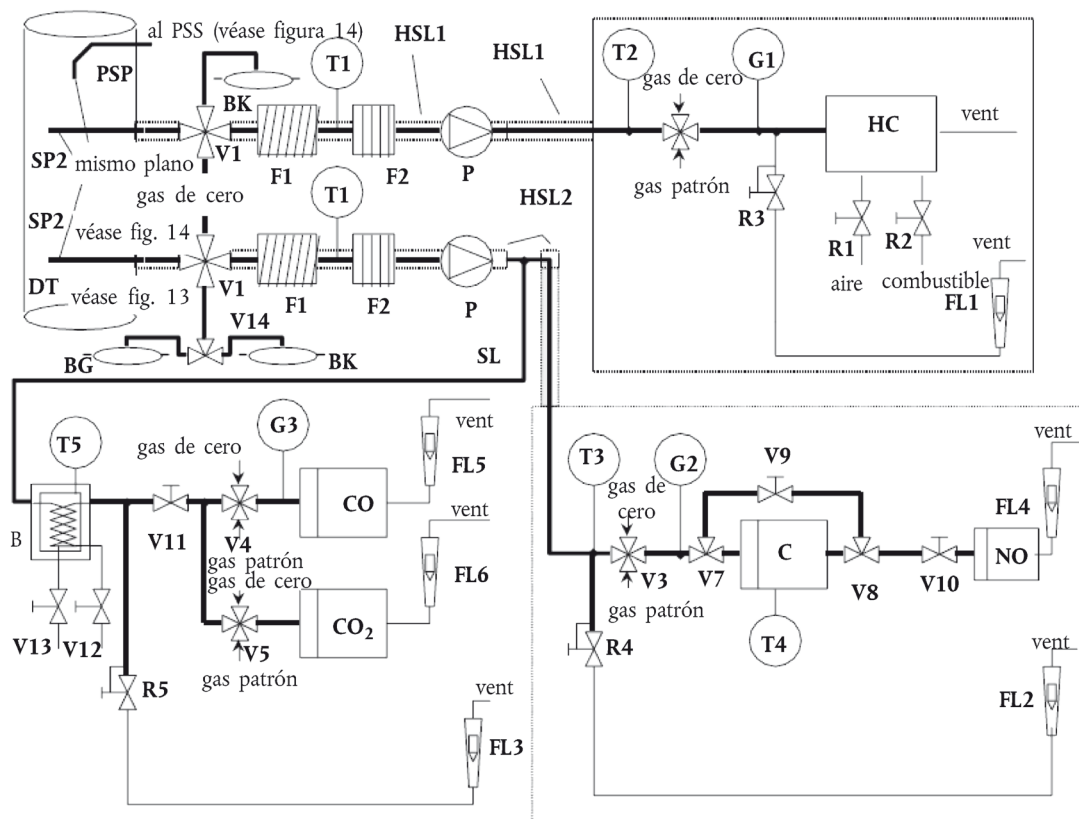
Diagrama del sistema de análisis del gas de escape para CO, NO_x y HC

Figura 3

Diagrama del sistema de análisis del gas de escape para CO, CO₂, NO_x y HC

Descripciones — Figuras 2 y 3

Condición general:

Todos los componentes del circuito de muestreo de gases se mantendrán a la temperatura prescrita para los respectivos sistemas.

— Sonda SP1 de muestreo de gases de escape sin diluir (figura 2 únicamente)

Se recomienda utilizar una sonda de acero inoxidable recta, cerrada por el extremo y con múltiples orificios. El diámetro interior no deberá ser superior al del conducto de muestreo. El grosor de la pared de la sonda no será superior a 1 mm. Deberá haber un mínimo de tres orificios en tres planos radiales diferentes dimensionados para muestrear aproximadamente el mismo flujo. La sonda ocupará al menos un 80 % del diámetro del tubo de escape.

— Sonda SP2 de muestreo de HC de gases de escape diluidos (figura 3 únicamente)

La sonda:

— Se definirá como los primeros 254 mm a 762 mm del conducto de muestreo de hidrocarburos (HSL3);

— Tendrá un diámetro interior mínimo de 5 mm;

— Se instalará en el túnel de dilución DT (apartado 1.2.1.2) en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados (es decir, aproximadamente a una profundidad de 10 diámetros de túnel después del punto donde los gases de escape penetran en el túnel de dilución);

— Se encontrará a suficiente distancia (radialmente) del resto de las sondas y de la pared del túnel, de modo que no se vea afectada por estelas o turbulencias;

— Se calentará a fin de aumentar la temperatura de la corriente de gas hasta 463 K (190 °C) ± 10 K a la salida de la sonda.

- Sonda SP3 de muestreo de CO, CO₂, NO_x de los gases de escape diluidos (figura 3 únicamente)

La sonda:

- Estará en el mismo plano que la sonda SP2;
- Se encontrará a suficiente distancia (radialmente) del resto de las sondas y de la pared del túnel, de modo que no se vea afectada por estelas o turbulencias;
- Estará calentada y aislada en toda su longitud, debiéndose mantener a una temperatura mínima de 328 K (55 °C) para evitar la condensación de agua.

- Conducto de muestreo calentado HSL1

El conducto de muestreo permite enviar muestras desde una sola sonda hasta el punto o puntos de división y el analizador de HC.

El conducto de muestreo:

- Tendrá un diámetro interior de 5 mm como mínimo y 13,5 mm como máximo;
- Será de acero inoxidable o de PTFE;
- Mantendrá una temperatura de pared de 463 K (190 °C) ± 10 K medidos en cada una de las secciones calentadas controladas por separado, si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es inferior o igual a 463 K (190 °C);
- Mantendrá una temperatura de pared superior a 453 K (180 °C), si la temperatura de los gases de escape en la sonda de muestreo es superior a 463 K (190 °C);
- Mantendrá una temperatura del gas de 463 K (190 °C) ± 10 K, medida inmediatamente antes del filtro calentado F2 y del HFID.

- Conducto de muestreo calentado para NO_x HSL2

El conducto de muestreo:

- Mantendrá una temperatura de pared de 328 a 473 K (55 a 200 °C) en todo el tramo que va hasta el convertidor, cuando se utilice un baño refrigerante, y hasta el analizador, cuando no se utilice dicho baño;
- Será de acero inoxidable o de PTFE.

Puesto que solo es necesario caldear el conducto de muestreo para evitar la condensación de agua y ácido sulfúrico, la temperatura del conducto de muestreo dependerá del contenido en azufre del combustible.

- Conducto de muestreo SL para CO (CO₂)

Deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá estar calentado o no.

- Bolsa de fondo BK (opcional; figura 3 exclusivamente)

Para medir las concentraciones de fondo.

- Bolsa de muestreo BG (opcional; figura 3 para CO y CO₂ exclusivamente)

Para medir las concentraciones de muestra.

- Prefiltro calentado F1 (opcional)

Se mantendrá a la misma temperatura que el HSL1.

- Filtro calentado F2

Mediante este filtro se extraerán las partículas sólidas que contenga la muestra de gas antes de entrar en el analizador. Se mantendrá a la misma temperatura que el HSL1 y se cambiará cuando sea necesario.

- Bomba de muestreo calentada P

La bomba se calentará a la misma temperatura que el HSL1.

- HC

Detector de ionización de llama calentado (HFID) para determinar los hidrocarburos. La temperatura se mantendrá entre 453 (180 °C) K y 473 K (200 °C).

- CO, CO₂

Analizadores NDIR para determinar el monóxido y el dióxido de carbono.

— NO₂

Analizador (H)CLD para determinar los óxidos de nitrógeno. Si se utiliza un HCLD, se mantendrá a una temperatura entre 328 K (55 °C) y 473 K y (200 °C).

— Convertidor C

Se utilizará un convertidor para la reducción catalítica de NO₂-NO previa al análisis en el CLD o el HCLD.

— Baño refrigerante B

Para refrigerar y condensar el agua contenida en la muestra de gases de escape. El baño se mantendrá a una temperatura de 273 K (0 °C) a 277 K (4 °C) mediante hielo u otro sistema de refrigeración. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias motivadas por el vapor de agua, descritas en el anexo 4A, apéndice 2, apartados 1.9.1 y 1.9.2.

No se permite la utilización de desecantes químicos para eliminar el agua de la muestra.

— Sensores de temperatura T1, T2, T3

Para controlar la temperatura de la corriente de gas.

— Sensor de temperatura T4

Para controlar la temperatura del convertidor NO₂-NO.

— Sensor de temperatura T5

Para controlar la temperatura del baño refrigerante.

— Manómetros G1, G2, G3

Para medir la presión en los conductos de muestreo.

— Reguladores de presión R1, R2

Para controlar la presión del aire y el combustible, respectivamente, en el HFID.

— Reguladores de presión R3, R4, R5

Para controlar la presión en los conductos de muestreo y el flujo que llega a los analizadores.

— Caudalímetros FL1, FL2, FL3

Para controlar el flujo de derivación de la muestra.

— Caudalímetros (opcionales) FL4 a FL7

Para controlar el flujo que circula por los analizadores.

— Válvulas selectoras V1 a V6

Sistema de válvulas adecuadas para dirigir al analizador el flujo de gas de muestra, gas patrón o gas de cero.

— Válvulas solenoides V7, V8

Para situar en derivación el convertidor NO₂-NO.

— Válvula de aguja V9

Para equilibrar el flujo que pasa por el convertidor NO₂-NO y el caudal de derivación.

— Válvulas de aguja V10, V11

Para regular los flujos que llegan a los analizadores.

— Válvulas basculantes V12, V13

Para purgar el condensado del baño B.

— Válvula selectora V14

Para seleccionar la bolsa de muestra o la de fondo.

1.2. Determinación de las partículas

Los apartados 1.2.1 y 1.2.2 y las figuras 4 a 15 contienen descripciones detalladas de los sistemas recomendados de dilución y muestreo. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no es preciso seguir exactamente los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse componentes adicionales, tales como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas y conmutadores, para obtener información adicional y coordinar las funciones de los sistemas componentes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, siempre que dicha exclusión se base en la buena práctica técnica.

1.2.1. Sistema de dilución

1.2.1.1. Sistema de dilución de flujo parcial (figuras 4 a 12) ⁽¹⁾

Se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte de la corriente de gases de escape. La separación de la corriente de gases de escape y el proceso de dilución posterior pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la recogida de partículas subsiguiente puede hacerse pasar la totalidad de los gases de escape diluidos o solo una porción de esos gases al sistema de muestras de partículas (apartado 1.2.2, figura 14). El primer método se denomina «muestreo conjunto» y el segundo, «muestreo fraccionado».

El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado.

Se recomiendan los siguientes tipos:

— Sistemas isocinéticos (figuras 4 y 5)

Con estos sistemas, el flujo que llega al tubo de transferencia se equipara al caudal volumétrico de escape en lo que se refiere a velocidad y/o presión del gas, de modo que por la sonda de muestreo tiene que circular un flujo de gases de escape invariable y uniforme. Para tal fin se suelen emplear un resonador y un tubo de aproximación directa situado antes del punto de muestreo. A continuación se calcula la relación de separación a partir de valores fácilmente mensurables, como los diámetros de los tubos. Conviene señalar que la isocinética se utiliza exclusivamente para equiparar las condiciones de flujo, y no para equiparar la distribución en cuanto al tamaño. Normalmente, esto último no es necesario, dado que las partículas son lo suficientemente pequeñas para seguir las líneas de flujo del fluido.

— Sistemas de flujo controlado con medición de la concentración (figuras 6 a 10)

Con estos sistemas se toma una muestra de la corriente de escape general ajustando el caudal de aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de las concentraciones de los gases trazadores, tales como el CO₂ o el NO_x, presentes de modo natural en el escape del motor. Se miden las concentraciones en los gases de escape diluidos y en el aire de dilución, en tanto que la concentración en los gases de escape sin diluir puede medirse directamente o determinarse a partir del flujo de combustible y de la ecuación de balance de carbono si se conoce la composición del combustible. Los sistemas pueden estar controlados por la relación de dilución calculada (figuras 6 y 7) o por el flujo que llega al tubo de transferencia (figuras 8, 9 y 10).

— Sistemas de flujo controlado con medición del flujo (figuras 11 y 12)

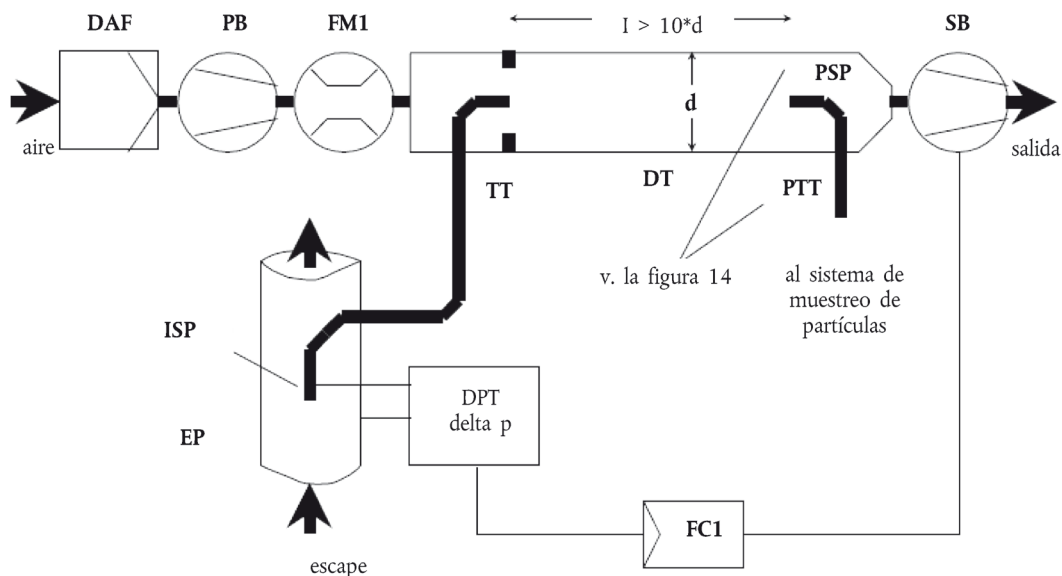
Con estos sistemas se toma una muestra de la corriente de escape general ajustando el flujo de aire de dilución y el flujo total de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de la diferencia entre ambos caudales. Es necesaria una gran precisión recíproca en la calibración de los caudalímetros, dado que la magnitud relativa de los dos caudales puede conducir a errores considerables cuando las relaciones de dilución son elevadas. El flujo se controla muy fácilmente manteniendo constante el caudal de escape diluido y variando el caudal de aire de dilución si es necesario.

Para conseguir las ventajas de los sistemas de dilución de flujo parcial, se tomarán precauciones a fin de evitar los posibles problemas de la pérdida de partículas en el tubo de transferencia, asegurándose de que se tome una muestra representativa del escape del motor, y se determinará la relación de separación.

Los sistemas descritos tienen en cuenta estos aspectos críticos.

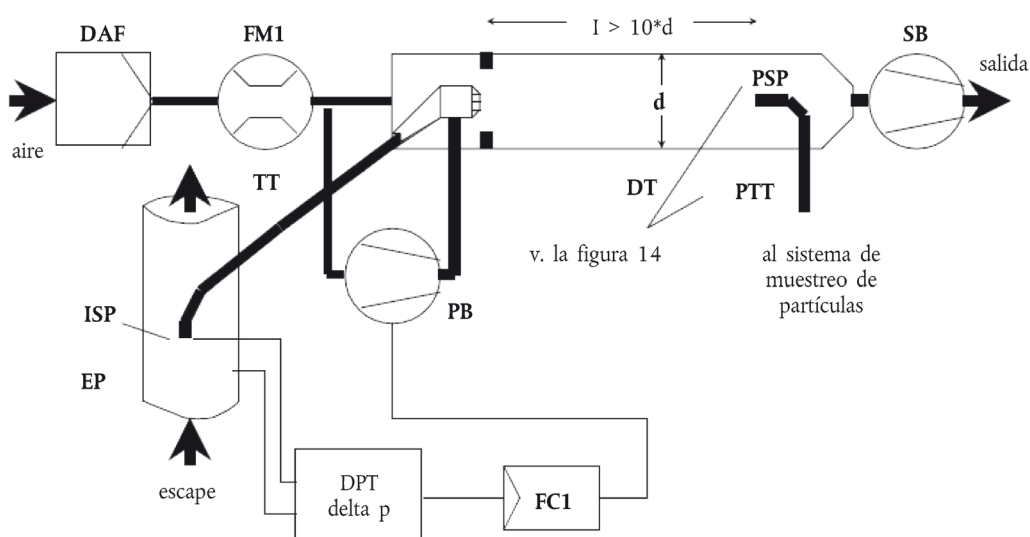
⁽¹⁾ Las figuras 4 a 12 muestran muchos tipos de sistemas de dilución de flujo parcial que pueden usarse normalmente en el ensayo en estado continuo (NRSC). Sin embargo, debido a las estrictas restricciones de los ensayos transitorios, solo se aceptan en estos (NRTC) los sistemas de dilución de flujo parcial (figuras 4 a 12) que cumplen todos los requisitos citados en la sección sobre las características de los sistemas de dilución de flujo parcial del apartado 2.4. del apéndice 1, anexo 4A.

Figura 4

Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con SB)

La sonda de muestreo isocinética ISP transfiere los gases de escape sin diluir desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de flujo FC1 que controla el aspirador SB para mantener una diferencia de presión igual a cero en el extremo de la sonda. En estas condiciones el gas de escape se desplaza a la misma velocidad en el EP y en la ISP, y el flujo que circula por la ISP y el TT es una fracción constante (división) del flujo de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las secciones transversales del EP y la ISP. El caudal de aire de dilución se mide con el dispositivo FM1. La relación de dilución se calcula a partir del caudal de aire de dilución y de la relación de separación.

Figura 5

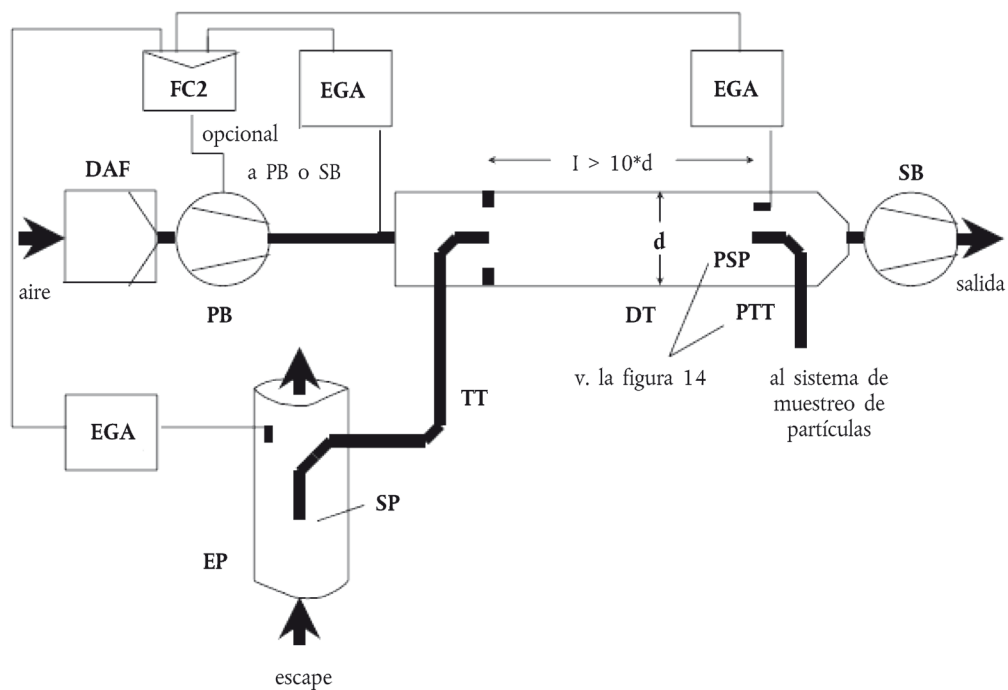
Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con PB)

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de flujo FC1 que controla el aspirador SB para mantener una diferencia de presión igual a cero en el extremo de la sonda. Esto se lleva a cabo tomando una pequeña fracción del aire de dilución cuyo caudal se ha medido ya con el caudalímetro FM1 y enviándola a TT por medio de un orificio neumático. En estas condiciones el gas de escape se desplaza a la misma velocidad en el EP y en la ISP, y el flujo que circula por la

ISP y el TT es una fracción constante (división) del flujo de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las secciones transversales del EP y la ISP. El aire de dilución es aspirado a través del DT por el ventilador aspirante SB y el caudal se mide con FM1 en la entrada al DT. La relación de dilución se calcula a partir del caudal de aire de dilución y de la relación de separación.

Figura 6

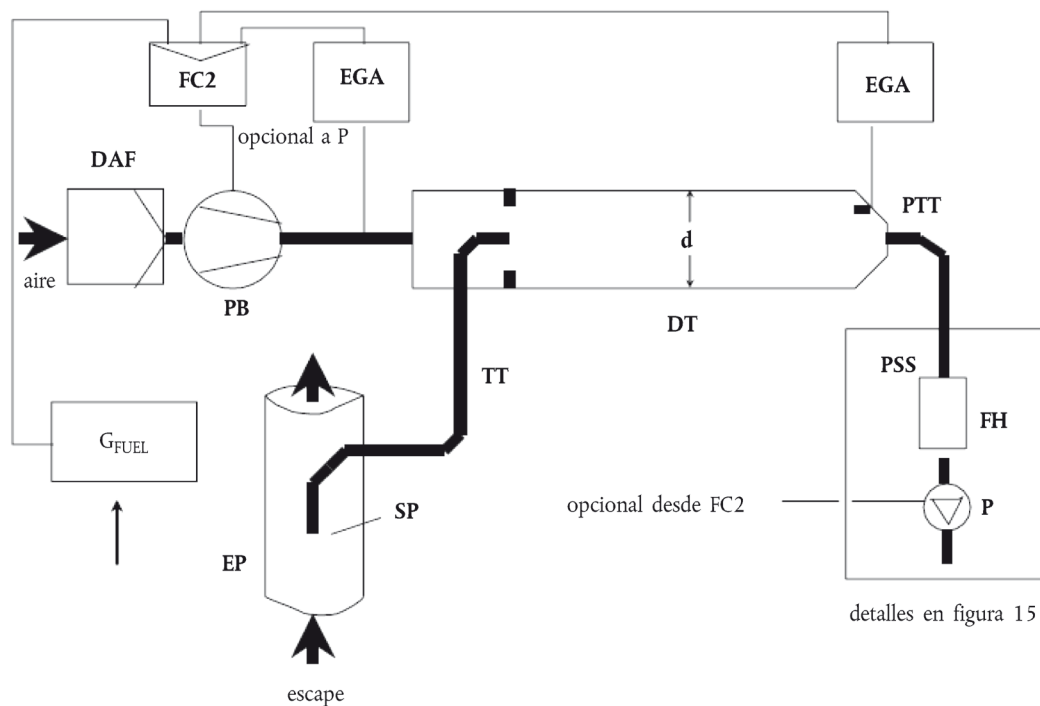
Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO₂ o de NO_x y muestreo fraccionado



El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT. Con los analizadores de gas de escape EGA se miden las concentraciones de un gas trazador (CO₂ o NO_x) en el gas de escape diluido y sin diluir, y en el aire de dilución. Estas señales se transmiten al regulador de flujo FC2 que controla el ventilador centrífugo PB o bien el aspirador SB, al objeto de mantener la separación deseada del gas de escape y la relación de dilución en el DT. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de gas trazador presentes en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución.

Figura 7

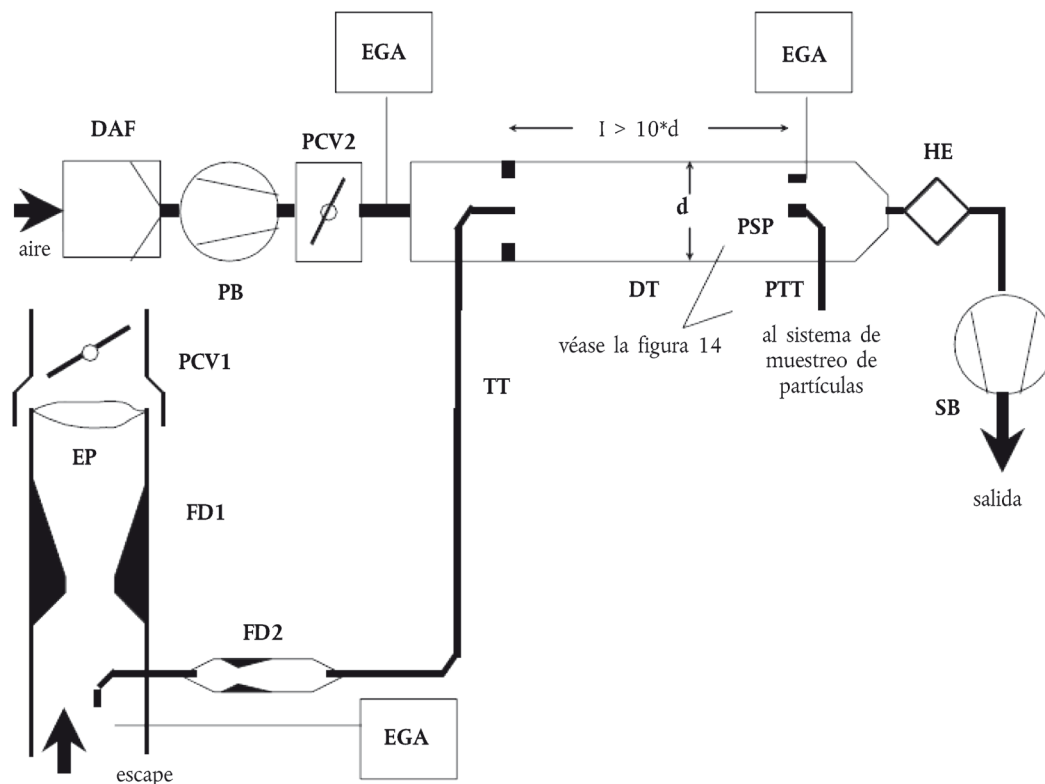
Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO₂, balance de carbono y muestreo conjunto



El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT. Se miden las concentraciones de CO₂ en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con los analizadores de gas de escape EGA. Las señales de flujo de CO₂ y de combustible G_{FUEL} se transmiten al regulador de flujo FC2, o bien al regulador de flujo FC3 del sistema de muestreo de partículas (figura 14). El FC2 controla el ventilador centrífugo PB, y el FC3 controla el sistema de muestreo de partículas (figura 14), con lo que se regulan los flujos de entrada y salida del sistema a fin de mantener la separación deseada del gas de escape y la relación de dilución en el DT. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de CO₂ y del caudal de combustible G_{FUEL} , utilizando la hipótesis de balance de carbono.

Figura 9

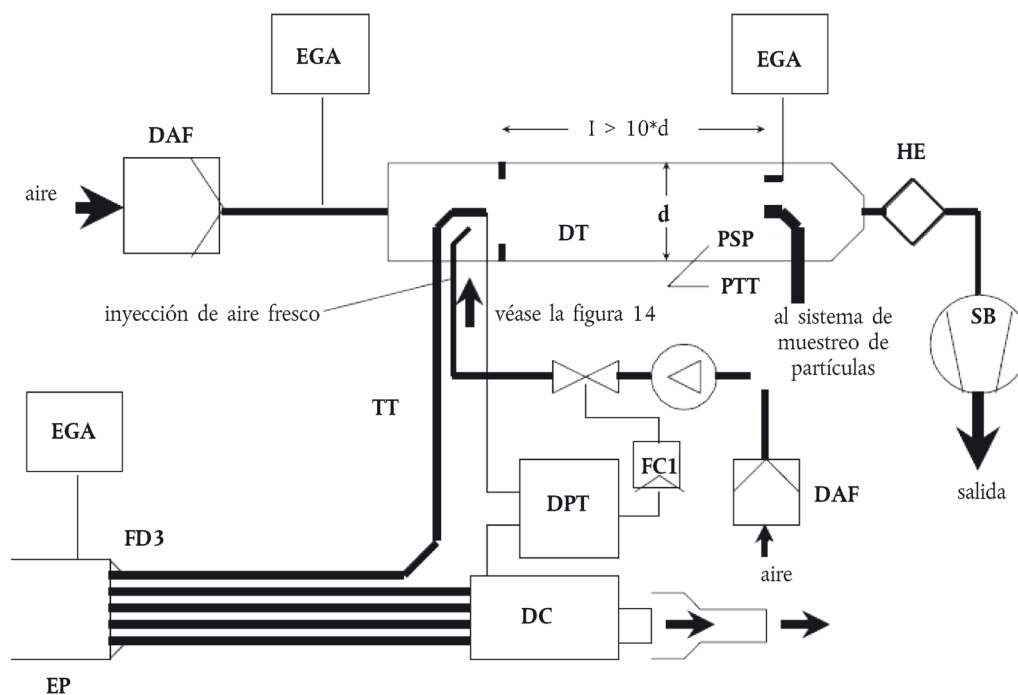
Sistema de dilución de flujo parcial con doble venturi o doble orificio, medición de la concentración y muestreo fraccionado



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT mediante un divisor de flujo que contiene un conjunto de orificios o venturis. El primer divisor del caudal, FD1, se encuentra en el EP, y el segundo, FD2, en el TT. Además de ello se precisan dos válvulas reguladoras de presión, PCV1 y PCV2, para mantener una separación constante del gas de escape, controlando la contrapresión en el EP y la presión en el DT. La válvula PCV1 se encuentra después de la SP en la dirección del caudal, en el EP. La válvula PCV2 está entre el ventilador centrífugo PB y el DT. Se miden las concentraciones del gas trazador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con los analizadores de gas de escape EGA. Dichos analizadores son necesarios para comprobar la separación del gas de escape y pueden utilizarse para ajustar las válvulas PCV1 y PCV2 para un control preciso de dicha separación. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

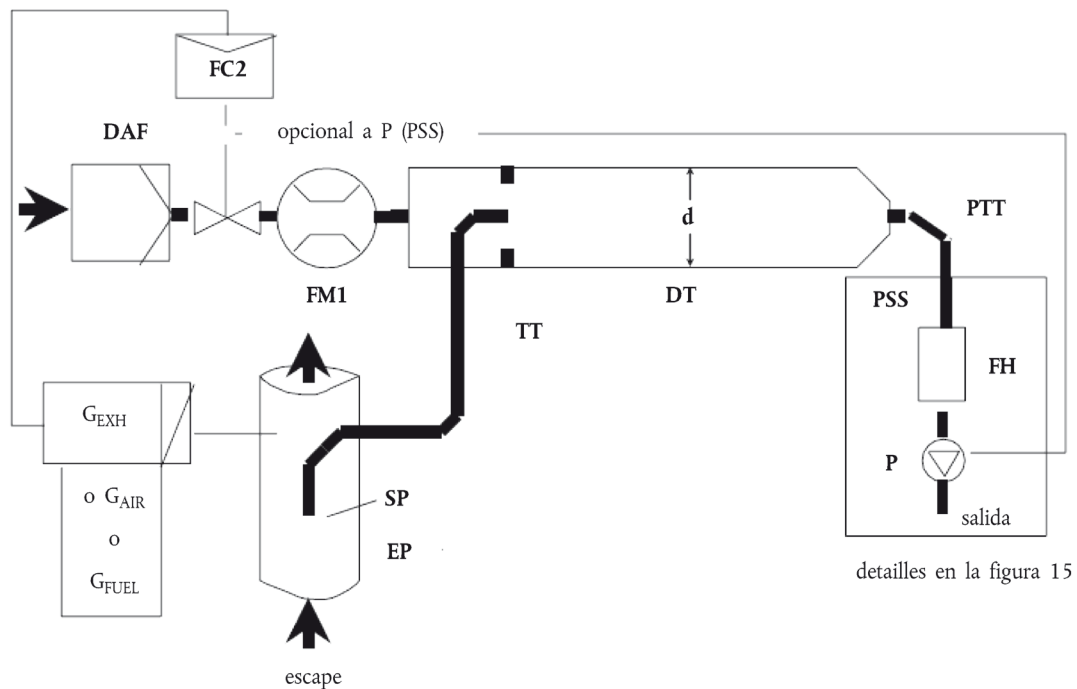
Figura 10

Sistema de dilución de flujo parcial con división por múltiples tubos, medición de la concentración y muestreo fraccionado



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT mediante el divisor de flujo FD3 compuesto de varios tubos de las mismas dimensiones (igual diámetro, longitud y radio de apoyo) montados en el EP. El gas de escape que pasa por uno de los tubos se conduce hasta el DT, y el gas de escape que pasa por el resto de los tubos se dirige a través de la cámara de amortiguamiento DC. Así, la separación del gas de escape se determina por el número total de tubos. Para mantener un control constante de dicha separación es preciso que la diferencia de presión entre el DC y la salida del TT, que se mide con el transductor de presión diferencial, DPT, sea igual a cero. La diferencia de presión cero se consigue inyectando aire fresco en el DT a la salida del TT. Se miden las concentraciones del gas trazador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con los analizadores de gas de escape EGA. Estas mediciones son necesarias para comprobar la separación del escape y pueden utilizarse para controlar el caudal de aire de inyección a fin de conseguir un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

Figura 11

Sistema de dilución de flujo parcial con control de flujo y muestreo conjunto

detalles en la figura 15

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT. El flujo total que circula por el túnel se regula con el regulador de flujo FC2 y la bomba de muestreo P del sistema de muestreo de partículas (figura 13).

El flujo de aire de dilución se controla mediante el regulador de flujo FC2, que puede utilizar G_{EXH} , G_{AIR} o bien G_{FUEL} como señales de mando, para conseguir la separación deseada del gas de escape. El flujo de muestreo que entra en el DT es la diferencia entre el flujo total y el flujo de aire de dilución. El caudal de aire de dilución se mide con el caudalímetro FM1 y el caudal total con el caudalímetro FM3 del sistema de muestreo de partículas (figura 14). La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

— Sonda de muestreo isocinética ISP (figuras 4 y 5)

La sonda de muestreo isocinética deberá montarse orientada de cara a la corriente en el eje longitudinal del tubo de escape donde se cumplan las condiciones de flujo de la sección EP y estará diseñada de manera que suministre una muestra proporcional de los gases de escape sin diluir. El diámetro interior será de 12 mm como mínimo.

Se precisa un sistema de control para la separación isocinética del gas de escape, y se debe mantener una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP. En estas condiciones el gas de escape se desplaza a la misma velocidad en el EP y en la ISP, y el caudal másico que circula por la ISP es una fracción constante del flujo de gas de escape. La ISP deberá conectarse a un transductor de diferencial de presión. El control para conseguir una diferencia de presión de cero entre EP e ISP se realiza ajustando la velocidad del ventilador o utilizando el regulador de flujo.

— Divisores de flujo FD1, FD2 (figura 9)

Se instalan varios tubos venturi u orificios en el tubo de escape EP y en el tubo de transferencia TT, respectivamente, a fin de obtener una muestra proporcional del gas de escape sin diluir. Se precisa un sistema de control, consistente en dos válvulas reguladoras de presión PCV1 y PCV2, para efectuar la separación proporcional regulando las presiones en el EP y el DT.

— Divisor de flujo FD3 (figura 10)

Se instalan varios tubos (una unidad de múltiples tubos) en el tubo de escape EP a fin de obtener una muestra proporcional del gas de escape sin diluir. Uno de los tubos transporta gas de escape al túnel de dilución DT, mientras que los otros dirigen el gas de escape a una cámara de amortiguamiento DC. Todos los tubos tendrán las mismas dimensiones (diámetro, longitud, radio de curvatura), de manera que la división del gas de escape dependa del número total de tubos. Se precisa un sistema de control para efectuar la separación proporcional, y se debe mantener una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de múltiples tubos que conduce a la DC y la salida del TT. En estas condiciones las velocidades del gas de escape en el EP y en el FD3 son proporcionales y el flujo que circula por el TT es una fracción constante del flujo de gas de escape. Ambos puntos deberán estar conectados a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de flujo FC1 permite mantener a cero la diferencia de presión.

— Analizador de gases de escape EGA (figuras 6 a 10)

Pueden utilizarse analizadores de CO₂ o NO_x (con el método del balance de carbono, únicamente CO₂). Los analizadores estarán calibrados como los que se utilizan para la medición de las emisiones gaseosas. Podrán utilizarse uno o varios analizadores para determinar las diferencias de concentración.

Los sistemas de medición deberán permitir una precisión en la medición del $G_{EDFW, i}$ del $\pm 4 \%$.

— Tubo de transferencia TT (figuras 4 a 12)

El tubo de transferencia de la muestra de partículas:

- Será lo más corto posible, sin que su longitud exceda de 5 m;
- Tendrá un diámetro mayor o igual que el de la sonda, pero nunca superior a 25 mm;
- Tendrá su salida sobre el eje longitudinal del túnel de dilución y en la dirección de la corriente.

Si el tubo tiene una longitud inferior o igual a 1 metro, deberá aislarse con un material que posea una conductividad térmica máxima de 0,05 W/(m · K), con un grosor de aislamiento radial igual al diámetro de la sonda. Si la longitud del tubo es superior a 1 metro, se aislará y calentará hasta alcanzar una temperatura de pared mínima de 523 K (250 °C).

Como opción alternativa, las temperaturas de pared requeridas del tubo de transferencia podrán determinarse mediante cálculos estándar de transferencia térmica.

— Transductor de presión diferencial DPT (figuras 4, 5 y 10)

El transductor de presión diferencial abarcará un margen de ± 500 Pa o menos.

— Regulador de flujo FC1 (figuras 4, 5 y 10)

En los sistemas isocinéticos (figuras 4 y 5) se precisa un regulador de flujo para mantener a cero la diferencia de presión nula entre el EP y la ISP. La regulación puede realizarse:

- a) Controlando la velocidad o el flujo del ventilador aspirante SB y manteniendo constante la velocidad del ventilador centrífugo PB durante cada modo (figura 4); o bien
- b) Ajustando el ventilador aspirante (SB) para que circule a un caudal másico constante de gas de escape diluido y controlando el flujo del ventilador centrífugo PB, con lo que se controla también el flujo de muestreo de gases de escape en una zona situada en el extremo del tubo de transferencia TT (figura 5).

En el caso de un sistema con control de presión, el error remanente en el bucle de control no rebasará ± 3 Pa. Las oscilaciones de presión en el túnel de dilución no rebasarán ± 250 Pa de promedio.

En un sistema de múltiples tubos (figura 10), se precisa un regulador de flujo para la separación proporcional del gas de escape, a fin de mantener a cero la diferencia de presión entre la salida de la unidad de múltiples tubos y la salida del TT. La regulación puede realizarse controlando el caudal de aire inyectado en el DT a la salida del TT.

— Válvulas de control de presión PCV1, PCV2 (figura 9)

En el sistema de doble venturi/doble orificio se precisan dos válvulas reguladoras de presión para mantener una separación proporcional del flujo controlando la contrapresión del EP y la presión en el DT. Una válvula estará situada en el EP, después de la SP en la dirección de la corriente, y la otra entre el PB y el DT.

— Cámara de amortiguación DC (figura 10)

Se instalará una cámara de amortiguación a la salida de la unidad de múltiples tubos al objeto de minimizar las oscilaciones de presión en el tubo de escape EP.

— Venturi VN (figura 8)

Se monta un venturi en el túnel de dilución DT para crear una depresión en la región de la salida del tubo de transferencia TT. El caudal de gases que circula por TT se determina en función del intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi y es básicamente proporcional al caudal del ventilador centrífugo PB, lo que proporciona una relación de dilución constante. Dado que la transferencia de cantidades de movimiento se ve influida por la temperatura a la salida del TT y por la diferencia de presión entre el EP y el DT, la relación de dilución efectiva es ligeramente inferior con poca carga que con una gran carga.

— Regulador de flujo FC2 (figuras 6, 7, 11 y 12; opcional)

Podrá utilizarse un regulador de flujo para controlar el flujo del ventilador centrífugo PB y/o del aspirador SB. El regulador podrá ir conectado a la señal de flujo de escape o a la de flujo de combustible y/o a la señal diferencial de CO_2 o NO_x .

Si se utiliza un sistema de suministro de aire a presión (figura 11), el flujo de aire se controla directamente con el FC2.

— Caudalímetro FM1 (figuras 6, 7, 11 y 12)

Un caudalímetro de gases u otro instrumento para medir el flujo de aire de dilución FM1 es opcional si el PB está calibrado para medir el flujo.

— Caudalímetro FM2 (figura 12)

Un caudalímetro de gases u otro instrumento para medir el flujo de gas de escape diluido FM2 es opcional si el ventilador aspirante SB está calibrado para medir el flujo.

— Ventilador centrífugo PB (figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12)

Para controlar el caudal de aire de dilución, se puede conectar el PB a los reguladores de flujo FC1 o FC2. El PB no es necesario cuando se utiliza una válvula de mariposa. Si está calibrado, el PB puede utilizarse para medir el flujo de aire de dilución.

— Ventilador aspirante SB (figuras 4, 5, 6, 9, 10 y 12)

Exclusivamente para sistema de muestreo fraccionado. Si está calibrado, el SB puede utilizarse para medir el flujo de gas de escape diluido.

— Filtro de aire de dilución DAF (figuras 4 a 12)

Se recomienda filtrar y lavar con carbón vegetal el aire de dilución, a fin de eliminar los hidrocarburos de fondo. El aire de dilución deberá estar a una temperatura de $298 \text{ K } (25^\circ\text{C}) \pm 5 \text{ K}$.

Si el fabricante lo solicita, la muestra de aire de dilución deberá tomarse conforme a las buenas prácticas técnicas para determinar los niveles de partículas de base, que podrán sustraerse a continuación de los valores medidos en los gases de escape diluidos.

- Sonda de muestreo de partículas PSP (figuras 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12)

La sonda constituye la parte delantera del PTT y:

- Se orientará de cara a la corriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape están bien mezclados, es decir, en el eje longitudinal del túnel de dilución DT de los sistemas de dilución, aproximadamente a una distancia de 10 diámetros del túnel después del punto donde el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- Tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;
- Podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- Podrá estar aislada.

- Túnel de dilución DT (figuras 4 a 12)

El túnel de dilución:

- Tendrá la longitud suficiente para que los gases de escape y el aire de dilución están bien mezclados aunque existan turbulencias en el flujo;
- Será de acero inoxidable con:
 - Una relación de espesor a diámetro igual o inferior a 0,025 en el caso de los túneles de dilución de diámetro interior superior a 75 mm;
 - Un espesor de pared nominal no inferior a 1,5 mm en el caso de los túneles de dilución de diámetro interior igual o inferior a 75 mm;
- Tendrá un diámetro mínimo de 75 mm para el método de muestreo fraccionado;
- Se recomienda que tenga un diámetro mínimo de 25 mm para el método de muestreo conjunto;
- Podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- Podrá estar aislado.

El escape del motor deberá mezclarse completamente con el aire de dilución. En los sistemas de muestreo fraccionado se comprobará la calidad de la mezcla después de la puesta en servicio trazando un perfil de CO₂ del túnel con el motor en funcionamiento (como mínimo, cuatro puntos de medición uniformemente espaciados). Si fuera necesario, podrá utilizarse un orificio de mezcla.

Nota: Si la temperatura ambiente en la proximidad del túnel de dilución (DT) es inferior a 293 K (20 °C), deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar pérdidas de partículas debido a la baja temperatura de las paredes del túnel de dilución. Así pues, se recomienda calentar y/o aislar el túnel dentro de los límites arriba indicados.

Cuando se utilice el motor con una carga elevada, el túnel podrá refrigerarse mediante un sistema no agresivo, como un ventilador de circulación, hasta que la temperatura del medio refrigerante esté por debajo de 293 K (20 °C).

- Intercambiador de calor HE (figuras 9 y 10)

El intercambiador de calor deberá tener la capacidad suficiente para mantener la temperatura en la entrada del aspirador SB dentro de un margen de ± 11 K respecto de la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo.

1.2.1.2. Sistema de dilución de flujo total (figura 13)

Se describe un sistema basado en la dilución de la totalidad del escape utilizando el concepto del muestreo de volumen constante (CVS). Se medirá el volumen total de la mezcla de gas de escape y aire de dilución. Podrá utilizarse un sistema PDP, CFV o bien SSV.

Para la recogida subsiguiente de las partículas se hace pasar una muestra de los gases de escape diluidos al sistema de muestreo de partículas (apartado 1.2.2, figuras 14 y 15). Si esta operación se realiza directamente, se denomina dilución simple. Si la muestra se diluye una vez más en el túnel de dilución secundario, se denomina dilución doble. Este último tipo de dilución resulta útil cuando con una dilución simple es imposible alcanzar la temperatura preceptiva en la superficie del filtro. Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, en el apartado 1.2.2 (figura 15) el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de muestreo de partículas, dado que comparte la mayoría de los componentes de un sistema de muestreo de partículas característico.

Las emisiones gaseosas pueden determinarse también en el túnel de dilución de un sistema de dilución de flujo total. Por ello, las sondas de muestreo de componentes gaseosos se representan en la figura 13, pero no aparecen en la lista de descripción. Las condiciones respectivas se describen en el apartado 1.1.1.

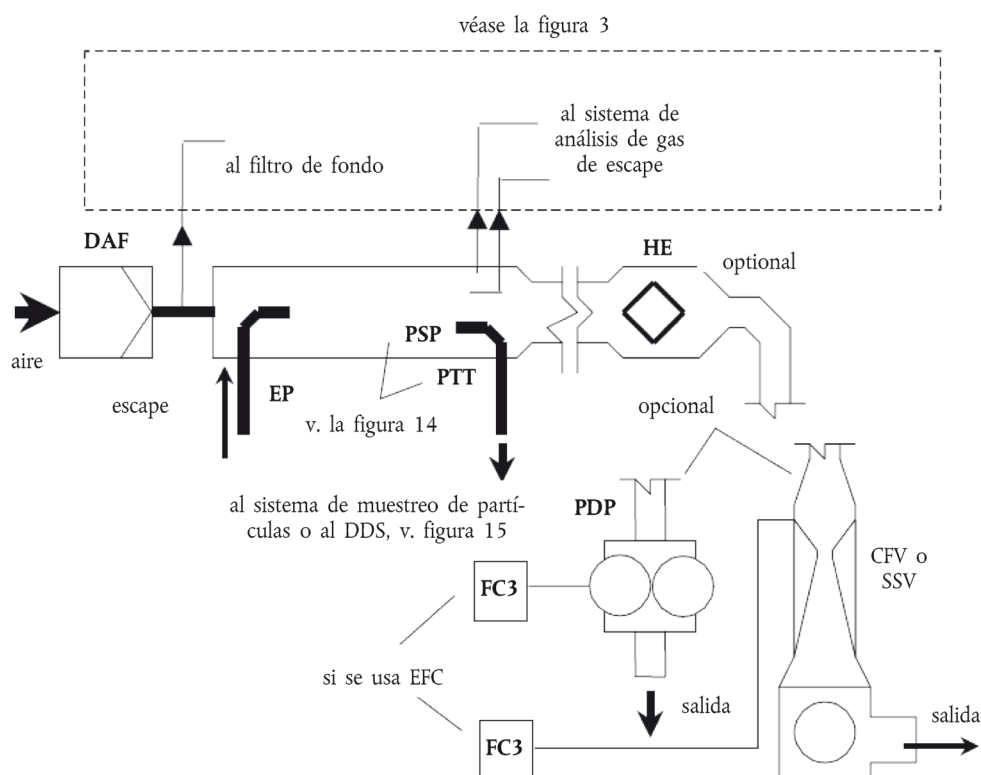
Descripciones (figura 13)

— Tubo de escape EP

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, la salida del turbocompresor o el dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no deberá superar los 10 m. Si el sistema se pasa más de 4 m de la longitud que debería tener, deberán aislarse todos los tubos de longitud superior a 4 m, excepto un medidor de humos instalado en línea, en su caso. El aislamiento tendrá un grosor radial mínimo de 25 mm. La conductividad térmica del material aislante no será superior a $0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ medida a 673 K (400 °C). A fin de reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda una relación grosor/diámetro de 0,015 o menos. La utilización de secciones flexibles deberá limitarse a una relación entre longitud y diámetro igual o inferior a 12.

Figura 13

Sistema de dilución de flujo total



La cantidad total de gas de escape sin diluir se mezcla en el túnel de dilución DT con el aire de dilución. El caudal de gas de escape diluido se medirá con una bomba de desplazamiento positivo (PDP), un venturi de flujo crítico (CFV) o un venturi subsónico (SSV). Podrá utilizarse un intercambiador de calor HE o un sistema electrónico de compensación de flujo EFC para el muestreo proporcional de partículas y para la determinación del flujo. Puesto que la determinación de la masa de las partículas se basa en el flujo total de gas de escape diluido, no es necesario calcular la relación de dilución.

— Bomba de desplazamiento positivo PDP

La PDP mide el flujo total de gas de escape diluido a partir del número de revoluciones y del desplazamiento de la bomba. La PDP o el sistema de admisión de aire de dilución no reducirán artificialmente la contrapresión del sistema de escape. La contrapresión estática del escape medida con el sistema CVS en funcionamiento permanecerá dentro de un margen de $\pm 1,5$ kPa respecto de la presión estática medida sin conexión al CVS y con el motor funcionando al mismo régimen y con la misma carga.

La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente después de la PDP se mantendrá a ± 6 K respecto de la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo, si no se utiliza un sistema de compensación de flujo.

La compensación de flujo solo podrá utilizarse si la temperatura a la entrada de la PDP no excede de 323 K (50 °C).

— Venturi de flujo crítico CFV

El CFV mide el flujo total de gas de escape diluido estrangulando el flujo (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el sistema CFV en funcionamiento se mantendrá, con una tolerancia de $\pm 1,5$ kPa, en el valor de la presión estática medida sin conexión al CFV a idéntico régimen y carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente después del CFV se mantendrá a ± 11 K respecto de la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo, si no se utiliza un sistema de compensación de flujo.

— Venturi subsónico SSV

El SSV mide el flujo total de gas de escape diluido como función de la presión y la temperatura de entrada y de la caída de la presión entre la entrada y el cuello del SSV. La contrapresión estática del escape medida con el sistema SSV en funcionamiento permanecerá dentro de un margen de $\pm 1,5$ kPa respecto de la presión estática medida sin conexión al SSV y con el motor funcionando al mismo régimen y con la misma carga. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente después del SSV se mantendrá a ± 11 K respecto de la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo, si no se utiliza un sistema de compensación de flujo.

— Intercambiador de calor HE (opcional si se utiliza EFC)

El intercambiador de calor deberá tener la capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites arriba indicados.

— Compensación electrónica del flujo EFC (opcional si se utiliza HE)

Si la temperatura en la entrada de la PDP, el CFV o el SSV no se mantiene dentro de los límites arriba indicados, se precisará un sistema de compensación de flujo para la medición continua del caudal y para controlar el muestreo proporcional en el sistema de partículas. A ese fin, las señales procedentes de la medición continua del caudal se utilizan para corregir, según se requiera, el caudal de muestreo que atraviesa los filtros de partículas del sistema de muestreo de partículas (figuras 14 y 15).

— Túnel de dilución DT

El túnel de dilución:

— Tendrá un diámetro lo suficientemente pequeño como para provocar turbulencias en el flujo (número de Reynolds superior a 4 000) y una longitud suficiente como para que los gases de escape y el aire de dilución estén bien mezclados. Podrá utilizarse un orificio de mezclado.

— Tendrá un diámetro mínimo de 75 mm.

— Podrá estar aislado.

Los gases de salida del motor se dirigirán en el sentido de la corriente al punto por donde se introducen en el túnel de dilución y se mezclarán a fondo.

Cuando se utilice dilución simple, se transferirá una muestra desde el túnel de dilución al sistema de muestreo de partículas (apartado 1.2.2, figura 14). La capacidad de flujo de la PDP, el CFV o el SSV deberá ser suficiente para mantener el gas de escape diluido a una temperatura igual o inferior a 325 K (52 °C) en un punto situado justo antes del filtro de partículas principal.

Cuando se utilice doble dilución, se transferirá una muestra desde el túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se diluirá ulteriormente, y a continuación se hará pasar por los filtros de muestreo (apartado 1.2.2, figura 15). La capacidad de flujo de la PDP, el CFV o el SSV deberá ser suficiente para mantener la corriente de gas de escape diluido en el DT a una temperatura igual o inferior a 464 K (191 °C) en un punto situado en la zona de muestreo. El sistema de dilución secundario deberá proporcionar aire de dilución secundario en cantidad suficiente como para mantener la corriente de gas de escape doblemente diluido a una temperatura igual o inferior a 325 K (52 °C) en un punto situado justo antes del filtro de partículas principal.

— Filtro de aire de dilución DAF

Se recomienda filtrar y lavar con carbón vegetal el aire de dilución, a fin de eliminar los hidrocarburos de fondo. El aire de dilución deberá estar a una temperatura de $298\text{ K } (25\text{ °C}) \pm 5\text{ K}$. Si el fabricante lo solicita, se tomará una muestra de aire de dilución utilizando un método técnicamente adecuado, para determinar los niveles de partículas de base, los cuales podrán sustraerse a continuación de los valores medidos en los gases de escape diluidos.

— Sonda de muestreo de partículas PSP

La sonda constituye la parte delantera del PTT y

— Se situará de cara a la corriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados, es decir, en el eje longitudinal del túnel de dilución DT de los sistemas de dilución, aproximadamente a una distancia de 10 diámetros del túnel después del punto donde el gas de escape penetra en el túnel de dilución;

— Tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;

— Podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;

— Podrá estar aislada.

1.2.2. Sistema de muestreo de partículas (figuras 14 y 15)

Se precisa un sistema de muestreo de partículas para recoger las partículas en el filtro de partículas. En el caso del muestreo total con dilución de flujo parcial, que consiste en hacer pasar por los filtros la muestra completa de gases de escape diluidos, el sistema de dilución (apartado 1.2.1.1, figuras 7 y 11) y el de muestreo suelen formar una unidad integral. En el caso del muestreo fraccionado con dilución de flujo parcial o dilución de flujo total, que consiste en hacer pasar por los filtros solo una porción de los gases de escape diluidos, los sistemas de dilución (apartado 1.2.1.1, figuras 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12 y apartado 1.2.1.2, figura 13) y de muestreo suelen estar constituidos por unidades diferentes.

En el presente Reglamento, el sistema de doble dilución DDS (figura 15) de un sistema de dilución de flujo total se considera una modificación específica de un sistema típico de muestreo de partículas como el representado en la figura 14. El sistema de doble dilución comprende todos los componentes importantes del sistema de muestreo de partículas, como el portafiltros y la bomba de muestreo, y además algunos elementos de dilución, como un dispositivo de suministro de aire de dilución y un túnel de dilución secundario.

A fin de evitar todo impacto sobre los bucles de control, se recomienda que la bomba de muestreo se mantenga en funcionamiento durante todo el procedimiento de ensayo. Para el método de filtro único, se utilizará un sistema de derivación que haga pasar la muestra por los filtros de muestreo en el momento que se desee. Debe reducirse al mínimo la interferencia del procedimiento de conmutación en los bucles de control.

Descripciones — Figuras 14 y 15

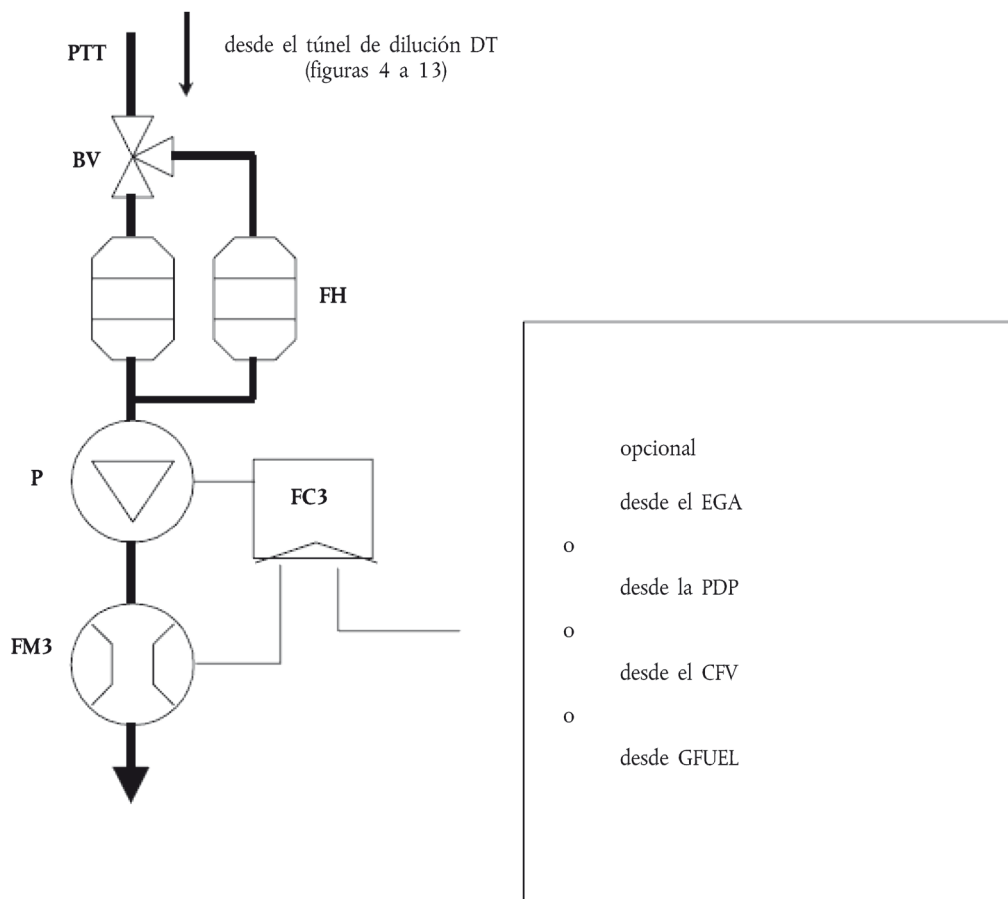
— Sonda de muestreo de partículas PSP (figuras 14 y 15)

La sonda de muestreo de partículas representada en las figuras constituye la sección delantera del tubo de transferencia de partículas PTT. La sonda:

— Se orientará de cara a la corriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados, es decir, en el eje longitudinal del túnel de dilución DT de los sistemas de dilución (apartado 1.2.1), aproximadamente a una distancia de 10 diámetros del túnel después del punto donde el gas de escape penetra en el túnel de dilución;

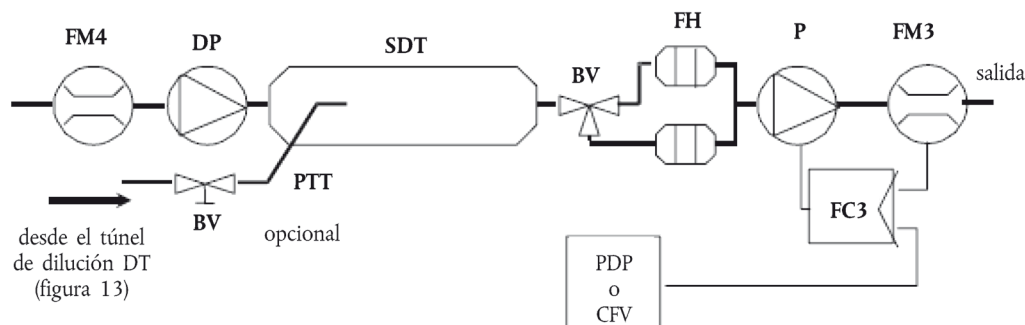
- Tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;
- Podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- Podrá estar aislada.

Figura 14

Sistema de muestreo de partículas

Por medio de la bomba de muestreo P, se toma una muestra de gas de escape diluido en el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo parcial o de flujo total a través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT. La muestra se hace pasar por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal de la muestra se regula con el regulador de flujo FC3. Si se utiliza un sistema electrónico de compensación de flujo EFC (figura 13), el flujo de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

Figura 15

Sistema de dilución (exclusivamente para sistemas de flujo total)

A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, una muestra del gas de escape diluido se transfiere desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo total hasta el túnel de dilución secundario SDT, donde se vuelve a diluir. A continuación se hace pasar la muestra por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El flujo del aire de dilución suele ser constante, mientras que el flujo de muestreo se regula con el regulador de flujo FC3. Si se utiliza un sistema electrónico de compensación de flujo EFC (figura 13), el flujo de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

— Tubo de transferencia de partículas PTT (figuras 14 y 15)

El tubo de transferencia de partículas, cuya longitud no excederá de 1 020 mm, será lo más corto posible.

Las dimensiones indicadas son válidas para:

- El tipo de muestreo fraccionado con dilución de flujo parcial y el sistema de dilución sencillo de flujo total, desde el extremo de la sonda hasta el portafiltro;
- El tipo de muestreo conjunto con dilución de flujo parcial desde el final del túnel de dilución hasta el portafiltro;
- El sistema de doble dilución de flujo total, desde el extremo de la sonda hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

- Podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- Podrá estar aislado.

— Túnel de dilución secundario SDT (figura 15)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro de 75 mm como mínimo y suficiente longitud para proporcionar un tiempo de presencia de 0,25 s como mínimo para la muestra doblemente diluida. El portafiltro primario FH deberá estar situado a una distancia no superior a 300 mm de la salida del SDT.

El túnel de dilución secundario:

- Podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- Podrá estar aislado.

— Portafiltros FH (figuras 14 y 15)

Los filtros principales y secundarios irán alojados en una única caja protectora o en varias separadas. Deberán cumplirse las condiciones del anexo 4A, apéndice 1, apartado 1.5.1.3.

Los portafiltros:

- Podrán calentarse hasta una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no exceda de 325 K (52 °C);
- Podrán estar aislados.
- Bomba de muestreo P (figuras 14 y 15)

La bomba de muestreo de partículas se situará a una distancia suficiente del túnel, de manera que la temperatura del gas de admisión se mantenga constante (± 3 K), si no se corrige el flujo mediante FC3.
- Bomba de aire de dilución DP (figura 15) (doble dilución de flujo total únicamente)

La bomba de aire de dilución estará ubicada de manera que el aire de dilución secundario se suministre a una temperatura de 298 K (25 °C) $\pm$ 5 K.
- Regulador de flujo FC3 (figuras 14 y 15)

Si no se dispone de otro medio, para compensar las variaciones de temperatura y de contrapresión que pueda experimentar el flujo de muestreo de partículas en su recorrido se utilizará un regulador de flujo. Si se utiliza un sistema electrónico de compensación de flujo EFC (figura 13) se precisará un regulador de flujo.
- Dispositivo de medición de flujo FM3 (figuras 14 y 15) (flujo de muestreo de partículas)

El caudalímetro de gases o el instrumento de medición de flujo deberá estar situado a una distancia de la bomba de muestreo suficiente para que la temperatura de entrada de los gases se mantenga constante (± 3 K), si no se utiliza corrección de flujo mediante FC3.
- Dispositivo de medición de flujo FM4 (figura 15) (aire de dilución, doble dilución de flujo total únicamente)

El caudalímetro de gases o el instrumento de medición de flujo estarán ubicados de manera que la temperatura de entrada de los gases se mantenga en 298 K (25 °C) $\pm$ 5 K.
- Válvula esférica BV (opcional)

La válvula esférica tendrá un diámetro no inferior al diámetro interior del conducto de muestreo y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 s.

Nota: Si la temperatura ambiente en la proximidad de la PSP, el PTT, el SDT y el FH es inferior a 293 K (20 °C), deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar pérdidas de partículas debido a la baja temperatura de las paredes frías de estos componentes. Así pues, se recomienda calentar y/o aislar dichos componentes dentro de los límites indicados en las respectivas descripciones. Igualmente, se recomienda que la temperatura en la superficie frontal del filtro durante el muestreo no sea inferior a 293 K (20 °C).

Cuando se utilice el motor con una carga elevada, los componentes mencionados podrán refrigerarse mediante un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 K (20 °C).

ANEXO 4B

Procedimiento de ensayo para los motores de encendido por compresión con que se equipen los tractores agrícolas y forestales y las máquinas móviles no de carretera en lo que respecta a las emisiones de contaminantes por el motor

1. RESERVADO

2. RESERVADO

3. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.1. Definiciones

Véase el apartado 2.1 del presente Reglamento

3.2. Símbolos generales ⁽¹⁾

Símbolo	Unidad	Término
a_0	—	Ordenada en el origen de la línea de regresión
a_1	—	Pendiente de la línea de regresión
α_{sp}	rad/s ²	Derivada del régimen del motor en el punto de consigna
A/F_{st}	—	Relación estequiométrica aire/combustible
c	ppm, vol %	Concentración [también en $\mu\text{mol/mol} = \text{ppm}$]
D	—	Factor de dilución
d	m	Diámetro
E	%	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		Test estadístico F
F	—	Frecuencia de las regeneraciones, como fracción de los ensayos durante los cuales se produce la regeneración
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio
k_r	—	Factor de regeneración multiplicativa
k_{Dr}	—	Factor de ajuste a la baja
k_{Ur}	—	Factor de ajuste al alza
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

⁽¹⁾ Los símbolos específicos se pueden consultar en los anexos.

Símbolo	Unidad	Término
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 de rotación 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	%	Fracción de penetración
q_{maw}	kg/s	Caudal másico del aire de admisión en base húmeda
q_{mdw}	kg/s	Caudal másico de aire de dilución en base húmeda
q_{mdew}	kg/s	Caudal másico de gas de escape diluido en base húmeda
q_{mew}	kg/s	Caudal másico de gas de escape en base húmeda
q_{mf}	kg/s	Caudal másico del combustible
q_{mp}	kg/s	Flujo de la muestra de 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	—	Coefficiente de determinación
ρ	kg/m ³	Densidad
σ	—	Desviación estándar
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 del gas de escape

Símbolo	Unidad	Término
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	m ³	Volumen
W	kWh	Trabajo
y		Variable genérica
$\bar{y}$		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 partículas
i	Medición instantánea (p. ej., 1 Hz)
i	Un individuo de una serie
idle	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 en vacío
weight	Peso de calibración
wet	Cantidad en húmedo

3.4. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos (utilizados también como subíndices)

Véase el apartado 2.2.2 del presente Reglamento

3.5. Abreviaturas

Véase el apartado 2.2.3 del presente Reglamento

4. PRESCRIPCIONES GENERALES

El sistema de motor se diseñará, construirá y montará de manera que pueda cumplir las disposiciones del presente Reglamento. El fabricante adoptará medidas técnicas que garanticen la limitación efectiva de las mencionadas emisiones, de acuerdo con este Reglamento, durante la vida útil normal de motor y en condiciones normales de utilización. Para ello, los motores se ajustarán a los requisitos especificados en el apartado 5 cuando el ensayo se realice conforme a las condiciones de ensayo recogidas en el apartado 6 y el procedimiento de ensayo establecido en el apartado 7.

5. RESULTADOS REQUERIDOS

5.1. Prescripciones generales

5.1.1. Reservado ⁽¹⁾

5.1.2. Emisiones de gases y partículas contaminantes

Los contaminantes están representados por:

a) Óxidos de nitrógeno, NO_x;

b) Hidrocarburos, que se pueden expresar de las maneras que siguen:

i) Hidrocarburos totales, HC o THC;

ii) Hidrocarburos no metánicos, NMHC.

c) Partículas, PM;

d) Monóxido de carbono, CO.

Los valores medidos de los gases y partículas contaminantes emitidos por el motor se refieren a las emisiones específicas del freno en gramos por kilovatio-hora [g/kWh]. Se podrán utilizar otros sistemas de unidades con conversión adecuada.

Las emisiones se determinarán en los ciclo de ensayo (estado continuo y/o transición), como se describe en el apartado 7. Los sistemas de medición se someterán a las comprobaciones de calibración y resultados establecidas en el apartado 8 con el equipo de medición prescrito en el apartado 9.

El organismo de homologación podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes con arreglo al apartado 5.1.3.

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 test *F* y *t*, tal como se describen en el anexo 4B, apéndice A.2, obtenidas en dichas condiciones de laboratorio, celda de ensayo y 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 del organismo de homologación.

⁽¹⁾ La numeración del presente anexo es coherente con la del NRMM gtr 11. No obstante, algunas secciones de este último no son necesarias en el presente anexo.

5.2. Reservado

6. CONDICIONES DE ENSAYO

6.1. Condiciones de ensayo en laboratorio

Se medirá la temperatura absoluta (T_a) del aire del motor en el punto de entrada, expresada en grados Kelvin, y la presión atmosférica seca (p_s), expresada en kPa, y se determinará el parámetro f_a de la manera siguiente: 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. De cara a una mejor repetibilidad y reproducibilidad de los resultados, se recomienda que el parámetro f_a cumpla la condición siguiente: $0,93 \leq f_a \leq 1,07$.

Motores de aspiración natural y con sobrealimentación mecánica:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (6-1)$$

Motores con turbocompresor con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (6-2)$$

La temperatura del aire de admisión se mantendrá en $25 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ medidos antes de cualquier componente del motor.

Está permitido utilizar:

- a) Un medidor compartido de la presión atmosférica, 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) Una medición compartida de la humedad del aire de admisión, a condición de que el equipo de manipulación del aire de admisión mantenga el punto de rocío, cuando el motor se someta a ensayo, con una tolerancia de $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$ 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 del motor en circulación. 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 $20 ^\circ\text{C}$ en la entrada del refrigerador del aire de sobrealimentación.

- ii) En las condiciones del motor especificadas por el fabricante, el caudal de refrigerante deberá regularse de forma que la temperatura del aire se sitúe dentro de un margen de $\pm 5 ^\circ\text{C}$ respecto del valor designado por el fabricante tras 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.

- 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) El objetivo es obtener resultados de emisión representativos del funcionamiento. Si las buenas prácticas técnicas indican que las especificaciones de este apartado supondrían 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 de emisiones específicas es la potencia no corregida.
- 6.3.2. Elementos 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 anexo 7.
- 6.3.3. Elementos accesorios que deberán retirarse
- Ciertos accesorios cuya definición está ligada al funcionamiento del vehículo y que pueden estar montados en el motor deberán retirarse para realizar el ensayo.
- Cuando estos accesorios no puedan retirarse, podrá determinarse la potencia que absorben en vacío y sumarse esta a la potencia del motor medida (véase la nota g del cuadro del anexo 7). Si dicho valor es superior al 3 % de la potencia máxima al régimen de ensayo, la autoridad competente en materia de ensayos podrá verificarlo. La potencia que absorben los auxiliares se utilizará para adaptar los valores de reglaje y calcular el trabajo producido por el motor durante el ciclo de ensayo.
- 6.4. Aire de admisión del motor
- 6.4.1. Introducción
- Se utilizará el sistema de aire de admisión instalado en el motor o uno representativo de una configuración típica de funcionamiento. Ello incluye los sistemas de refrigeración del aire de sobrealimentación y de recirculación del gas de escape.
- 6.4.2. Restricción de la admisión de aire
- Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor o un sistema de laboratorio de ensayo que presente una restricción de la admisión de aire situada dentro de un margen de 300 Pa respecto del valor máximo especificado por el fabricante para un filtro de aire limpio al régimen nominal y a plena carga. 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. Si el fabricante no especifica los valores de régimen y par, esta presión se medirá cuando el motor desarrolle su potencia máxima.
- 6.5. Sistema de escape del motor
- Se utilizará el sistema de escape instalado con el motor o uno representativo de una configuración típica de funcionamiento. En el caso de los dispositivos de postratamiento, el fabricante determinará la restricción del gas de escape en la condición postratamiento (p. ej., nivel de rodaje-envejecimiento y de regeneración-suciedad). El sistema de escape cumplirá los requisitos de muestreo del gas de escape establecidos en el apartado 9.3. Se utilizará un sistema de escape del motor o un sistema de laboratorio de ensayo que presente una contrapresión del sistema de escape entre el 80 % y el 100 % de la restricción máxima del gas de escape a los valores de régimen y par del motor especificados por el fabricante. Si la restricción máxima es de 5 kPa o menos, el punto de consigna no estará más de 1,0 kPa por debajo del máximo. Si el fabricante no especifica los valores de régimen y par, esta presión se medirá cuando el motor desarrolle su potencia máxima.
- 6.6. Motor con sistema de postratamiento del gas de escape
- Si el motor incluye un sistema de postratamiento del gas de escape, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que en un punto situado a una distancia equivalente a un mínimo de cuatro veces el diámetro del tubo antes de la sección que contiene el dispositivo de postratamiento del gas de escape. La distancia entre la brida del colector de escape o la salida del turbocompresor y el sistema de postratamiento del gas de escape será la de la configuración del vehículo o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. La contrapresión o limitación de caudal de los gases de escape se regirá por estos mismos criterios y podrá regularse con una válvula. 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 apartado 6.6.2, los resultados de las emisiones se ajustarán para tomar en consideración las regeneraciones. En ese caso, la emisión media dependerá de la frecuencia de las regeneraciones, como fracción de los ensayos durante los cuales se produce la regeneración. Los sistemas de postratamiento con regeneración continua, de acuerdo con el apartado 6.6.1, no requieren un procedimiento de ensayo particular.

6.6.1. Regeneración continua

Para un sistema de postratamiento 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 una vez, como mínimo, durante el ensayo de arranque en caliente NRTC o de ciclo modal con aumentos (RMC), y el fabricante declarará las condiciones normales en las que se realiza dicha regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.). Para demostrar que el proceso de regeneración es continuo, se efectuará un mínimo de tres ensayos de arranque en caliente NRTC o ciclo modal con aumentos (RMC). En caso de ensayo de arranque en caliente NRTC, se calentará el motor conforme a lo dispuesto en el apartado 7.8.2.1, se homogeneizará su calor con arreglo al apartado 7.4.2 y se efectuará un primer ensayo NRTC. Los posteriores ensayos de arranque en caliente NRTC comenzarán tras la homogeneización con arreglo al apartado 7.4.2. Durante los ensayos, se registrarán las temperaturas y presiones de escape (temperatura antes y después del sistema de postratamiento, contrapresión de escape, etc.). El sistema de postratamiento se considerará satisfactorio si las condiciones declaradas por el fabricante se producen en el ensayo durante un tiempo suficiente y los resultados de las emisiones no varían en más de un $\pm 25\%$ o $0,005\text{ g/kWh}$, el valor que sea mayor. Si el postratamiento del gas de escape dispone de un modo de seguridad que cambia a un modo de regeneración periódica (infrecuente), esta se verificará con arreglo a lo dispuesto en el apartado 6.6.2. En este caso concreto, podrían superarse los límites de emisión y no se ponderarían.

6.6.2. Regeneración infrecuente (periódica)

Esta disposición se aplicará únicamente a los motores equipados con controles de emisión que se regeneran de manera periódica. En el caso de los motores que funcionan en el ciclo de modo discreto, este procedimiento no se podrá aplicar.

Las emisiones se medirán como mínimo en tres ensayos de arranque en caliente NRTC o de ciclo modal con aumentos (RMC), uno con regeneración y dos sin ella, en un sistema de postratamiento estabilizado. El proceso de regeneración se producirá como mínimo una vez durante el ensayo NRTC o RMC. Si la regeneración dura más que un ensayo NRTC o RMC, se llevarán a cabo ensayos NRTC o RMC consecutivos, se seguirán midiendo las emisiones sin parar el motor hasta que se complete la regeneración y se calculará la media de los ensayos. Si la regeneración se completa durante un ensayo, este continuará hasta el final. El motor podrá estar equipado con un interruptor que pueda impedir o permitir el proceso de regeneración, siempre que esta operación no repercuta en la calibración original del motor.

El fabricante declarará las condiciones normales de los parámetros en que se produce el proceso de regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.). El fabricante facilitará la frecuencia de las regeneraciones, como fracción de los ensayos durante los cuales se produce la regeneración. El procedimiento exacto para determinar dicha frecuencia deberá acordarse con el organismo de homologación basándose en criterios técnicos bien fundamentados.

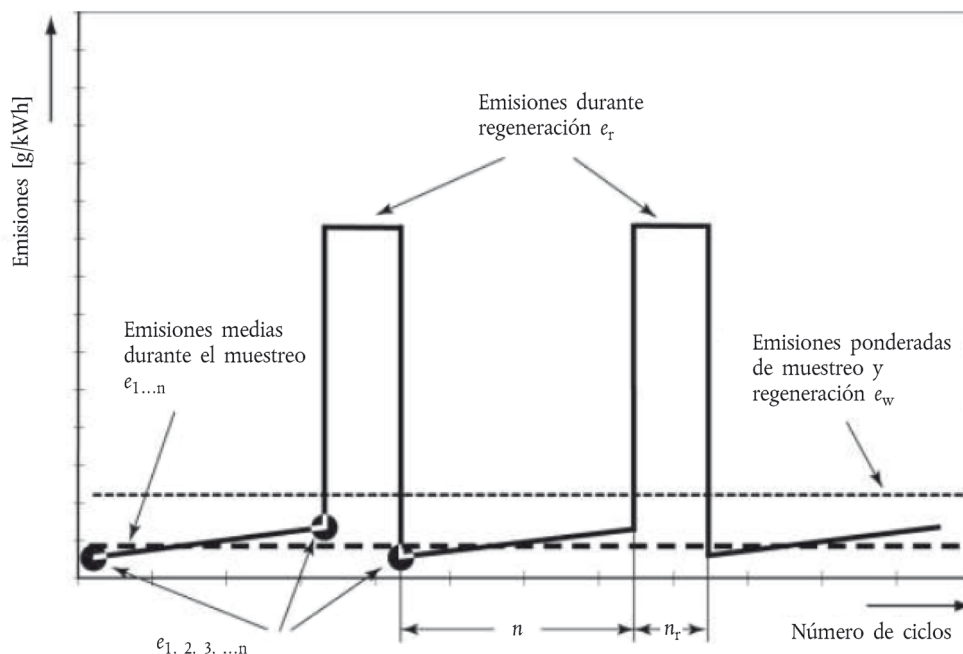
Para un ensayo de regeneración, el fabricante proporcionará un sistema de postratamiento que haya sido cargado. La regeneración no se producirá durante esta fase de acondicionamiento del motor. De forma opcional, el fabricante podrá realizar ensayos consecutivos de arranque en caliente NRTC o RMC hasta la carga del sistema postratamiento. No es obligatorio 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 NRTC de arranque en caliente o RMC aproximadamente equidistantes. Se recomienda realizar al menos un ensayo NRTC en caliente o RMC inmediatamente antes de un ensayo de regeneración y otro inmediatamente después del ensayo de regeneración.

Durante el ensayo de regeneración, se registrarán todos los datos necesarios para detectar la regeneración (emisiones de CO y NO_x, temperatura antes y después del sistema de postratamiento, contrapresión de escape, etc.). Durante el proceso de regeneración podrán rebasarse los límites de emisión aplicables. La figura 6.1 muestra un esquema del procedimiento de ensayo.

Figura 6.1

Esquema de la regeneración infrecuente (periódica) con un número de mediciones n y un número de mediciones durante la regeneración n_r



El índice medio de emisiones específicas en el arranque en caliente [g/kWh] se ponderará como sigue (figura 6.1): $\bar{e}_w$

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (6-3)$$

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 promedio de un ensayo en el que no se produce regeneración [g/kWh]

$\bar{e}_r$ = emisión específica promedio de un ensayo en el que se produce regeneración [g/kWh]

A criterio del fabricante y basándose en el análisis de 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 aditivo, como sigue:

Con ajuste multiplicativo

$$k_{Ur} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}} \text{ (factor de ajuste al alza)} \quad (6-4a)$$

$$k_{Dr} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}_r} \text{ (factor de ajuste a la baja)} \quad (6-4b)$$

Con ajuste aditivo

$$k_{Ur} = \bar{e}_w - \bar{e} \text{ (factor de ajuste al alza)} \quad (6-5)$$

$$k_{Dr} = \bar{e}_w - \bar{e}_r \text{ (factor de ajuste a la baja)} \quad (6-6)$$

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 regeneración se aplicará el factor de ajuste al alza.

En relación con el anexo 4B, apéndices A.7 y A.8 sobre los cálculos de emisión específica de los frenos, el factor de ajuste de la regeneración:

- a) Se aplicará a los resultados de los ensayos NRTC y RMC ponderados;
- b) Podrá aplicarse a los ciclos modales con aumentos y NRTC en frío, si se produce una regeneración durante el ciclo;
- c) Podrá extenderse a otros miembros de la misma familia de motores;
- d) Podrá extenderse a otras familias de motores que utilicen el mismo sistema de postratamiento, previa autorización del organismo de homologación basada en pruebas técnicas aportadas por el fabricante que demuestren 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, el organismo de homologación o certificación podrá explicar las regeneraciones de manera diferente de la prevista en la letra a). No obstante, esta opción solo se aplica si las regeneraciones se producen de manera extremadamente infrecuente y en la práctica no se pueden abordar mediante los factores de ajuste descritos en la letra a).

6.7. Sistema de refrigeración

Se utilizará un sistema de refrigeración del motor que posea la 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 del combustible de referencia

El combustible de referencia se especifica en el anexo 6, cuadro 3.

La temperatura del combustible se ajustará a las recomendaciones del fabricante. La temperatura del combustible se medirá a la entrada en 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

Ninguna emisión del cárter se emitirá directamente a la atmósfera ambiente, con la excepción siguiente: los motores con turbocompresores, bombas, sopladores o compresores de sobrealimentación para la admisión de aire podrán liberar emisiones del cárter a la atmósfera ambiente si las emisiones se añaden a las 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 apartado, se considerará que no se han emitido directamente a la atmósfera ambiente las emisiones del cárter que son dirigidas al dispositivo de escape antes del sistema de postratamiento del gas de escape durante todo el funcionamiento.

Las emisiones del cárter se dirigirán al sistema de escape para la medición de las emisiones como se indica a continuación:

- a) Los materiales de los tubos serán lisos y conductores de la electricidad y no deberán reaccionar con las emisiones del cárter. Los tubos serán lo más cortos posible.
- b) Los tubos utilizados en el laboratorio para recoger las emisiones del cárter tendrán el menor número de codos que sea posible, y los codos que sean inevitables tendrán el mayor radio de curvatura posible.
- c) Los tubos del cárter utilizados en el laboratorio cumplirán las especificaciones del fabricante relativas a la contrapresión del cárter.
- d) Los tubos utilizados para el gas de escape del cárter irán conectados al dispositivo de evacuación del gas de escape sin diluir de cualquier sistema de postratamiento, después de cualquier limitación del gas de escape que se haya instalado y suficientemente antes de cualquier sonda de muestreo, a fin de garantizar la mezcla completa con el gas 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 apartado describe el método para determinar las emisiones específicas del freno de los gases y partículas contaminantes procedentes de los motores que se van a comprobar. El motor de ensayo será la configuración del motor de referencia de la familia de motores según se especifica en el apartado 5.2.

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. Se tratan los siguientes aspectos:

- a) Las configuraciones de laboratorio para medir las emisiones específicas del freno (apartado 7.2);
- b) Los procedimientos de comprobación previos al ensayo y posteriores al ensayo (apartado 7.3);
- c) Los ciclos de ensayo (apartado 7.4);
- d) La secuencia general de ensayo (apartado 7.5);
- e) La curva gráfica del motor (apartado 7.6);
- f) La generación del ciclo de ensayo (apartado 7.7);
- g) El procedimiento específico de realización del ciclo de ensayo (apartado 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 apartado 7.4, según proceda. La medición de las emisiones específicas del freno requiere la determinación de la masa de los contaminantes presentes en el gas de escape (es decir, HC, NMHC, CO, NO_x y partículas) y el trabajo del ciclo 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 siguientes:

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 partículas en un filtro constituyen ejemplos de muestreo por lotes. En principio, el método de cálculo de las emisiones se aplica como sigue: las concentraciones muestreadas por lotes se multiplican por la masa total o el caudal másico del gas de escape (sin diluir o diluido) de los que se extrajeron durante el ciclo de ensayo. Dicho producto constituye la masa total o el caudal másico de los componentes emitidos. Para calcular la concentración de partículas, las partículas depositadas en un filtro a partir del gas de escape extraído proporcionalmente se dividirán por la cantidad de gas de escape filtrado.

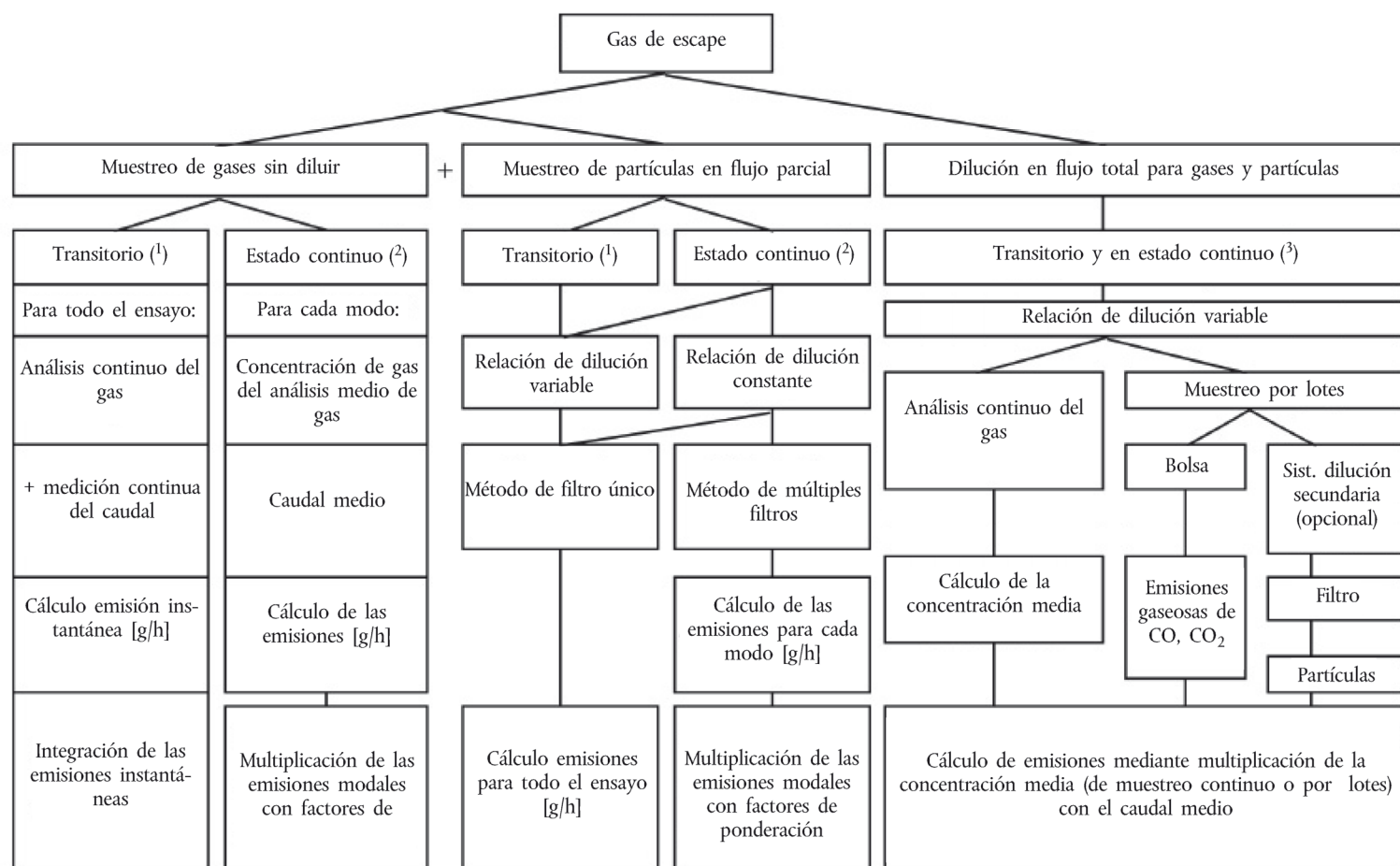
7.2.1.3. Muestreo combinado

Se permite cualquier combinación de muestreo continuo y muestreo por lotes (p. ej., partículas con muestreo por lotes y emisiones gaseosas con muestreo continuo).

La siguiente figura ilustra los dos aspectos de los procedimientos de ensayo para medir emisiones: los equipos 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 en estado continuo y transitorios (figura 7.1).

Figura 7.1

Procedimientos de ensayo para medición de emisiones



(1) Ciclo transitorio y modal con aumentos;

(2) Ciclo de modo discreto en estado continuo;

(3) Ciclo transitorio, modal con aumentos y de modo discreto en estado continuo

Nota sobre la figura 7.1: La expresión «Muestreo de partículas de flujo parcial» incluye la dilución de flujo parcial para extraer únicamente el gas de escape sin diluir con relación de dilución constante o variable.

7.2.2. Cálculo del trabajo

El trabajo se determinará a lo largo del ciclo de ensayo multiplicando sincrónicamente el régimen y el par del freno para calcular los valores instantáneos de la potencia de freno del motor. La potencia de freno del motor se integrará a lo largo del ciclo de ensayo para determinar el trabajo total.

7.3. Verificación y calibración

7.3.1. Procedimientos previos al ensayo

7.3.1.1. Preacondicionamiento

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 los apartados 7.3 y 7.4. El preacondicionamiento para refrigerar el motor de cara a un ensayo transitorio de arranque en frío se indica específicamente en el apartado 7.4.2.

7.3.1.2. 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 las ocho horas previas al 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.

7.3.1.3. Preparación del equipo de medición para el muestreo

Antes de que comience el muestreo se efectuarán las operaciones siguientes:

- a) Se realizarán comprobaciones de la estanqueidad en las ocho horas previas al muestreo de las emisiones con arreglo al apartado 8.1.8.7;
- b) En caso de muestreo por lotes, se conectarán medios de almacenamiento limpios, como bolsas en las que se habrá hecho el vacío o filtros con indicación de la tara;
- c) Todos los instrumentos de medición se pondrán en marcha según las instrucciones de sus respectivos fabricantes y las buenas prácticas técnicas;
- d) Se pondrán en marcha los sistemas de dilución, las bombas de muestreo, los ventiladores de refrigeración y el sistema de recogida de datos;
- e) Los caudales de muestreo se ajustarán a los niveles deseados, para lo cual se podrá utilizar 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 recogido en el apartado 7.3.1.4;
- 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.

7.3.1.4. 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 se podrá modificar el rango de los analizadores de emisión. Los valores de ganancia de los amplificadores operacionales analógicos tampoco podrán modificarse durante el ciclo de ensayo.

Todos los analizadores continuos se pondrán a cero y se ajustarán mediante gases conformes con normas internacionales que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1. Los analizadores FID se calibrarán sobre una base carbono (C_1).

7.3.1.5. Preacondicionamiento del filtro de partículas y tara del peso

Los procedimientos de preacondicionamiento del filtro de partículas y tara del peso se llevarán a cabo con arreglo a lo indicado en el apartado 8.2.3.

7.3.2. Procedimientos posteriores al ensayo

Una vez completado el muestreo se efectuarán las operaciones siguientes:

7.3.2.1. Verificación del muestreo proporcional

En el caso de las muestras por lote proporcional, como las muestras en bolsas o las muestras de partículas, se comprobará que el muestreo proporcional se ha mantenido conforme al apartado 8.2.1. En el caso del método de filtro único y el ciclo de ensayo en estado continuo, se calculará el factor de ponderación efectivo de las partículas. Se invalidará toda muestra que no cumpla los requisitos establecidos en el apartado 8.2.1.

7.3.2.2. Acondicionamiento y pesaje de las partículas tras el ensayo

Los filtros de muestreo de partículas se colocarán en contenedores cerrados o precintados, a fin de protegerlos de la contaminación ambiental. Los filtros cargados así protegidos se introducirán de nuevo en la cámara o sala de acondicionamiento de filtros de partículas. A continuación, los filtros de muestreo de partículas se acondicionarán y pesarán según lo indicado en el apartado 8.2.4 (Acondicionamiento posterior del filtro de partículas y pesaje total).

7.3.2.3. Análisis del muestreo por lotes de emisiones gaseosas

Se efectuará lo siguiente lo antes posible:

- 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 ensayo de arranque en caliente.

7.3.2.4. Verificación de la desviación

Tras cuantificar los gases de escape, se verificará la desviación como sigue:

- a) En el caso de los analizadores de gases por lotes y continuos, el valor medio del analizador se registrará tras estabilizar un gas de cero para el analizador. El tiempo necesario para la estabilización podrá incluir un tiempo para purgar el analizador de todos los gases de muestra más el tiempo de respuesta del analizador.
- b) 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 apartado 8.2.2.

7.4. Ciclos de ensayo

Los siguientes ciclos de ensayo serán de aplicación:

- a) En el caso de los motores de régimen variable, el ciclo de ensayo de ocho modos o el ciclo modal con aumentos correspondiente, y el ciclo transitorio NRTC especificado en el anexo 5;
- b) En el caso de los motores de régimen constante, el ciclo de ensayo de cinco modos o el ciclo modal con aumentos correspondiente especificado en el anexo 5.

7.4.1. Ciclos de ensayo en estado continuo

Los ciclos de ensayo en estado continuo se especifican en el anexo 5 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. 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 siguientes apartados.

7.4.1.1. Ciclos de ensayo de modos discretos en estado continuo

El ciclo de ensayo discreto de ocho modos en estado continuo consta de ocho modos de régimen y carga (con el correspondiente factor de ponderación para cada modo) que cubren la gama típica de funcionamiento de los motores de régimen variable. El ciclo se muestra en el anexo 5.

El ciclo de ensayo discreto de cinco modos en estado continuo de régimen constante consta de cinco modos de carga (con el correspondiente factor de ponderación para cada modo), todos al régimen nominal, que cubren la gama típica de funcionamiento de los motores de régimen constante. El ciclo se muestra en el anexo 5.

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 apartado 7.8.2.1. 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.

En el caso del ciclo de ensayo de cinco modos, el RMC consta de los mismos modos y en el mismo orden que el correspondiente ciclo de ensayo de modo discreto en estado continuo. En el caso del ciclo de ensayo de ocho modos, el RMC tiene un modo más (ralentí dividido) y la secuencia de modo no es la misma que en el correspondiente ciclo de modo discreto en estado continuo, a fin de evitar cambios extremos en la temperatura postratamiento. La duración de los modos se seleccionará de manera que exista una equivalencia con los factores de ponderación del ciclo de ensayo de modos discretos 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).

7.4.2. Ciclo de ensayo transitorio (NRTC)

El ciclo de ensayo transitorio no de carretera (NRTC) se especifica en el anexo 5 como secuencia segundo a segundo de los valores de régimen y par normalizados. A efectos de la realización del ensayo en una celda de ensayo del motor, los valores normalizados se convertirán a sus valores de referencia equivalentes para el motor que se vaya a comprobar basándose en los valores específicos de régimen y par de la cartografía del motor. Esta conversión se denomina «desnormalización» y el ciclo de ensayo resultante, «ciclo de ensayo de referencia NRTC del motor objeto del ensayo» (véase el apartado 7.7.2).

En el anexo 5 se muestra una gráfica del programa dinamométrico del NRTC normalizado.

El ciclo de ensayo transitorio se ejecutará dos veces (véase el apartado 7.8.3):

- Como arranque en frío cuando 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 cuando las temperaturas del motor, el refrigerante, el aceite, los sistemas de postratamiento y todos los dispositivos de control del motor se hayan estabilizado entre 20 °C y 30 °C . La medición de las emisiones de arranque en frío comenzará con el arranque del motor en frío.
- Periodo de homogeneización del calor: Inmediatamente después de que concluya la fase de arranque en frío, se acondicionará el motor para el arranque en caliente mediante un período de homogeneización del calor de 20 ± 1 minutos.
- El arranque en caliente comenzará inmediatamente después del periodo de homogeneización con el motor de arranque. 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 motor de arranque.

Las emisiones específicas del freno [g/kWh] se calcularán usando los procedimientos previstos en el presente apartado 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 4B, apéndices A.7 y A.8.

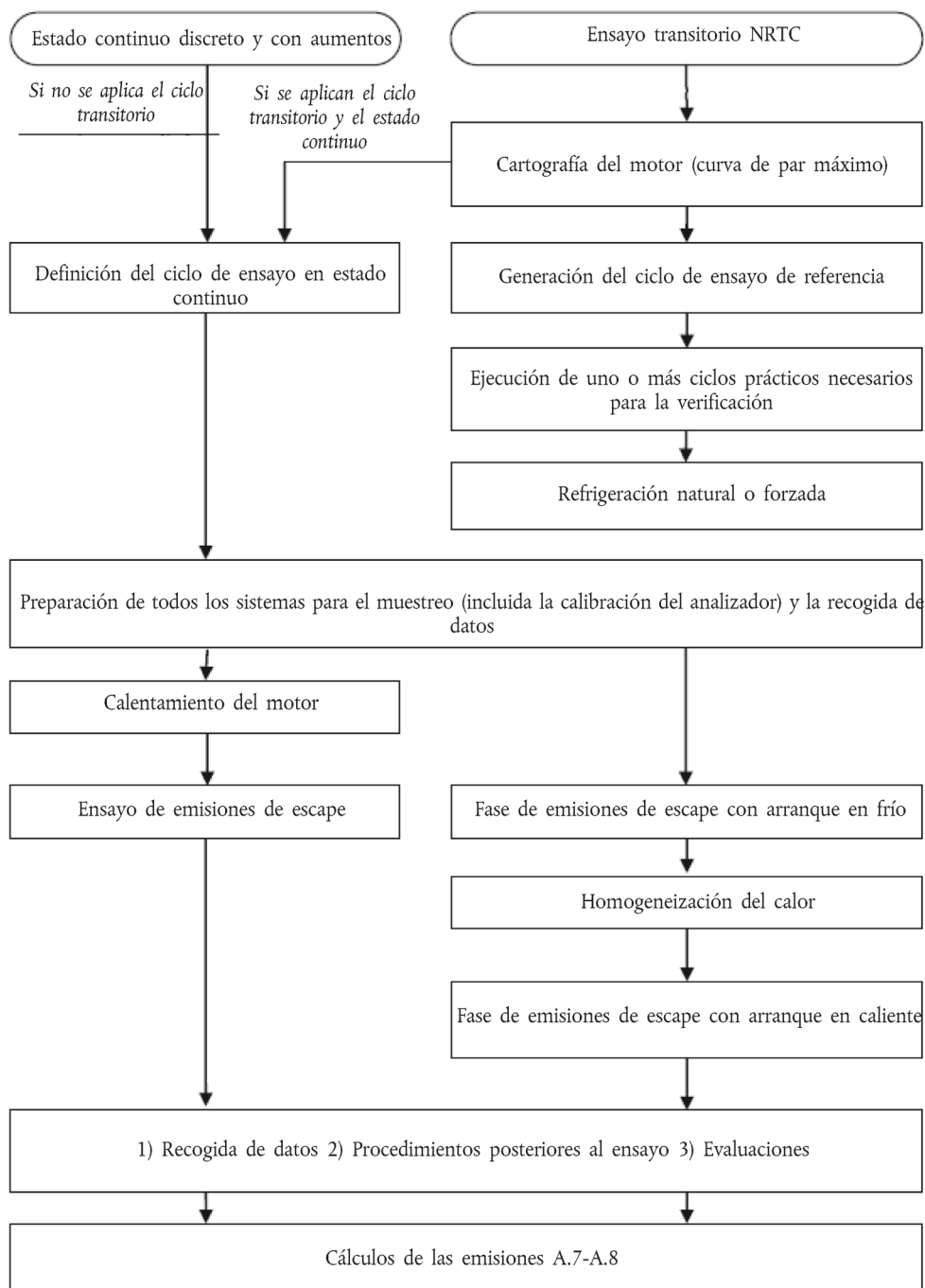
7.5. Secuencia general de ensayo

Para medir las emisiones del motor se procederá como se indica a continuación:

- a) Se definen los regímenes y cargas de ensayo del motor que se va a comprobar midiendo el par máximo (en los motores de régimen constante) o la curva de par máximo (en los motores de régimen variable) como función del régimen del motor.
- b) Los ciclos de ensayo normalizados se desnormalizan mediante el par (en los motores de régimen constante) o los regímenes y pares (en los motores de régimen variable) encontrados en la anterior letra a) del apartado 7.5.
- c) El motor, el equipo y los instrumentos de medida se preparan previamente para el siguiente ensayo o serie de ensayos de emisiones (ciclo en frío y en caliente).
- d) Se llevan a cabo los procedimientos previos al ensayo para comprobar el adecuado funcionamiento de ciertos equipos y analizadores. Todos los analizadores se han de calibrar. Se registrarán todos los datos previos al ensayo.
- e) El motor se pone en marcha (NRTC) o se mantiene en marcha al principio del ciclo de ensayo y los sistemas de muestreo se inician al mismo tiempo.
- f) Durante el tiempo de muestreo se miden o registran las emisiones y otros parámetros necesarios (en caso de NRTC y ciclos modales con aumentos en estado continuo) a lo largo de todo el ciclo de ensayo.
- g) Se llevan a cabo los procedimientos posteriores al ensayo para comprobar el adecuado funcionamiento de ciertos equipos y analizadores.
- h) Los filtros de partículas se preconditionan, se pesan (en vacío), se cargan, se vuelven a acondicionar y se vuelven a pesar (con carga), y a continuación se evalúan las muestras siguiendo los procedimientos previos (apartado 7.3.1.5.) y posteriores al ensayo (apartado 7.3.2.2.).
- i) Se evalúan los resultados de los ensayos de emisiones.

El diagrama siguiente 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 7.3

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 o un sistema de aire comprimido y una batería adecuadamente cargada, una fuente de energía adecuada o una fuente de aire comprimido adecuada, o bien

- b) Utilizando el dinamómetro para hacer girar el motor hasta que arranque. Se impulsa el motor hasta el $\pm 25\%$ de su régimen de arranque típico en uso o se arranca aumentando linealmente la velocidad dinamoétrica de 0 a 100 min^{-1} por debajo de la velocidad de ralentí, pero solo hasta que el motor arranque.

El motor de arranque se parará en el segundo posterior al arranque del motor. Si el motor no arranque en el plazo de 15 s después de la puesta en marcha del motor de arranque, se parará este último y se determinará el motivo por el que no ha arrancado, salvo que 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 de arranque en frío NRTC, se invalidará el ensayo.
- b) Si el motor se cala en algún momento del ensayo de arranque en caliente NRTC, se invalidará el ensayo. Se homogeneizará el calor del motor de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 7.8.3 y se repetirá el ensayo de arranque en caliente. En ese caso no será necesario repetir el ensayo de arranque en frío.
- c) 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 partículas mediante el método de múltiples filtros (un filtro de muestreo para cada modo de funcionamiento), el ensayo deberá continuar estabilizando el motor en el modo previo para acondicionar la temperatura del motor e iniciando a continuación la medición con el modo en el que el motor se haya calado.

7.6. 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 determinará su cartografía.

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 = $n_{hi} \times 1,02$ 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 nominal.

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. Cartografía del motor en el caso del ciclo de ocho modos en estado continuo

En el caso de la cartografía del motor relativa al ciclo de ocho modos en estado continuo (solo para motores que no han ejecutado el ciclo NRTC), se aplicarán las buenas prácticas técnicas para seleccionar un número suficiente (entre 20 y 30) de puntos de consigna uniformemente espaciados. En cada punto de consigna se estabilizará el régimen y se permitirá que el par se establezca durante un mínimo de 15 s. El régimen y el par medios se registrarán en cada punto de consigna. En caso necesario, se utilizará la interpolación lineal para determinar los regímenes y pares de ensayo de ocho modos. Si los regímenes y cargas de ensayo derivados no se alejan más de un $\pm 2,5\%$ de los regímenes y pares indicados por el fabricante, se aplicarán estos. Cuando los motores también tengan que funcionar en NRTC, se usará la cartografía del motor en NRTC para determinar las velocidades y pares de ensayo en estado continuo.

7.6.2. Cartografía del motor en el ciclo NRTC

Para realizar la cartografía del motor se aplicará el procedimiento siguiente:

- 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).
 - 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.
- 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 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 $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ 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 apartado por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por el organismo de homologación, 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 si:
 - i) Según criterios técnicos, ha transcurrido un tiempo excesivo desde el establecimiento de la última cartografía, o bien
 - ii) Se han efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en sus prestaciones, o bien
 - iii) La presión atmosférica cerca de la entrada de aire del motor no se encuentra dentro de un margen de $\pm 5 \text{ kPa}$ del valor registrado al realizar la última cartografía del motor.

7.6.3. Cartografía de motores de régimen constante:

- a) 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.
- b) Mientras el regulador o el simulador de regulador que regule el régimen utilice la demanda del operador, el motor funcionará con régimen regulado sin carga (a régimen alto, no ralentí bajo) durante un mínimo de 15 s.
- c) Se utilizará el dinamómetro para aumentar el par de manera constante. La cartografía se realizará de modo que se tarde entre 2 y 4 minutos para recorrer desde el régimen controlado sin carga hasta el par máximo. Durante la cartografía del motor se registrarán el régimen y el par efectivos con una frecuencia mínima de 1 Hz.
- d) En caso de que se use un motor de grupo electrógeno con una generación de 50 Hz y 60 Hz (por ejemplo, $1\,500$ y $1\,800 \text{ min}^{-1}$), se habrá de comprobar el motor con ambas velocidades constantes por separado.

En el caso de los motores de régimen constante, se utilizarán las buenas prácticas técnicas para aplicar otros métodos de registro del par y la potencia máximos a los regímenes de funcionamiento definidos.

7.7. Generación del ciclo de ensayo

7.7.1. Generación de ciclos de ensayo en estado continuo (NRSC)

7.7.1.1. Régimen nominal y de desnormalización

En el caso de los motores que se someten a ensayo con el NRSC y también con el NRTC, el régimen de desnormalización se calculará con arreglo al procedimiento transitorio (apartados 7.6.2 y 7.7.2.1 y figura 7.3). En el caso del ciclo en estado continuo, se utilizará el régimen de desnormalización (n_{denorm}) en lugar del régimen nominal.

Si el régimen de desnormalización calculado (n_{denorm}) presenta una desviación no superior al $\pm 2,5$ % del régimen de desnormalización declarado por el fabricante, este último (n_{denorm}) podrá utilizarse para el ensayo de emisiones. Si se rebasa el límite de tolerancia, será el régimen de desnormalización calculado (n_{denorm}) el que se utilice para el ensayo de emisiones.

En el caso de los motores de régimen variable que no se sometan a ensayo con el NRTC, el régimen nominal de los cuadros del anexo 5 del presente Reglamento para el ciclo discreto de ocho modos y el de modo con aumentos derivado se calculará con arreglo al procedimiento relativo al estado continuo (apartado 7.6.1 y figura 7.3). El régimen nominal se define en el apartado 2.1.69.

En el caso de los motores de régimen constante, el régimen nominal y el régimen del motor regulado de los cuadros del anexo 5 del presente Reglamento correspondientes al ciclo discreto de cinco modos y el de modo con aumentos derivado será el definido en los apartados 2.1.30 y 2.1.69.

7.7.1.2. Generación del ciclo de ocho modos en estado continuo (discreto y con aumentos)

El régimen intermedio se determinará a partir de los cálculos de acuerdo con su definición (véase el apartado 2.1.42.). Conforme al apartado 7.7.1.1, para los motores sometidos a ensayo con el NRSC y también el NRTC, se utilizará el régimen desnormalizado (n_{denorm}) en vez del régimen nominal para determinar el régimen intermedio.

El ajuste del motor para cada modo de ensayo se calculará utilizando la fórmula siguiente:

$$S = ((P_{\text{max}} + P_{\text{AUX}}) \cdot \frac{L}{100}) - P_{\text{AUX}} \quad (7-1)$$

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 apartado 6.3) al régimen de ensayo [kW]

L = porcentaje de par

Durante el ciclo de ensayo, el motor funcionará a los regímenes y pares definidos en el anexo 5.

Los valores máximos del par de la cartografía a los regímenes de ensayo especificados se derivarán de la curva de cartografía (véase el apartado 7.6.1 o el apartado 7.6.2). Los valores «medidos» se miden directamente durante el proceso de cartografía del motor, o bien se determinan a partir de la cartografía del motor. Los valores «declarados» son los especificados por el fabricante. Cuando estén disponibles tanto los valores medidos como los declarados, en lugar de los pares medidos se podrán utilizar los valores declarados, a condición de que no se desvíen más de un $\pm 2,5$ %. En caso contrario, se utilizarán los pares medidos derivados de la cartografía del motor.

7.7.1.3. Generación del ciclo de cinco modos en estado continuo (discreto y con aumentos)

Durante el ciclo de ensayo, el motor funcionará a los regímenes y pares definidos en el anexo 5.

Para generar el ciclo de ensayo de cinco modos se utilizará el valor máximo del par de la cartografía al régimen nominal especificado (véase el apartado 7.7.1.1). Se podrá declarar un par mínimo en caliente que sea representativo del funcionamiento. Por ejemplo, si normalmente el motor está conectado a una máquina que no funciona por debajo de un par mínimo determinado, se podrá declarar y utilizar ese par para la generación del ciclo. Cuando estén disponibles tanto los valores medidos como los declarados del par de ensayo máximo para la generación del ciclo, 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.

Las cifras de par son porcentajes del par correspondiente a la potencia motriz ⁽¹⁾ definida. La potencia motriz se define como la máxima potencia disponible durante una secuencia de potencia variable, que puede ejecutarse durante un número ilimitado de horas al año, entre los intervalos de mantenimiento establecidos y en las condiciones ambientales establecidas. El mantenimiento se realizará de conformidad con las instrucciones del fabricante.

7.7.2. Generación del ciclo de ensayo transitorio (desnormalización del NRTC)

En el anexo 5 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 siguientes convenciones:

- El régimen normalizado se transformará en una secuencia de regímenes de referencia, n_{ref} , de acuerdo con el apartado 7.7.2.2.
- El par normalizado se expresará como un porcentaje del par cartografiado al régimen de referencia correspondiente. Estos valores normalizados se transformarán en una secuencia de pares de referencia, T_{ref} , de acuerdo con el apartado 7.7.2.3.
- 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. Régimen de desnormalización (n_{denorm})

El régimen de desnormalización, n_{denorm} , se selecciona de modo que sea el 100 % de los valores de régimen normalizados especificados en el plan de servicio del dinamómetro del motor del anexo 5. El ciclo de referencia del motor, resultado de la desnormalización al régimen de referencia, depende de la selección del régimen de desnormalización, n_{denorm} , adecuado. Para calcular el régimen de desnormalización n_{denorm} , obtenido de la curva gráfica medida, se puede utilizar cualquiera de las siguientes fórmulas equivalentes de acuerdo con el organismo de homologación de tipo:

$$a) \quad n_{denorm} = n_{lo} + 0,95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (7-2)$$

donde:

n_{denorm} = régimen de desnormalización

n_{hi} = régimen alto (véase el apartado 2.1.40)

n_{lo} = régimen bajo (véase el apartado 2.1.44)

- n_{denorm} correspondiente al vector más largo definido como:

$$n_{denorm} = n_i \text{ at the maximum of } (n_{normi}^2 + P_{normi}^2) \quad (7-3)$$

donde:

i = una variable de indexación que representa un valor registrado de la cartografía de un motor

n_{normi} = el régimen del motor normalizado dividiéndolo por n_{Pmax} .

P_{normi} = la potencia del motor normalizada dividiéndola por P_{max} .

Nótese que si se encuentran múltiples valores máximos, el régimen de desnormalización (n_{denorm}) será el régimen más bajo de todos los puntos con la misma suma máxima de cuadrados. Si la longitud del vector al régimen declarado se encuentra dentro de una tolerancia del 2 % de la longitud del vector en el valor medido, se podrá utilizar un régimen declarado superior.

Si la pendiente de la parte descendente de la curva de plena carga es muy pronunciada, podrá haber problemas para manejar correctamente el 105 % del régimen del ciclo de ensayo NRTC. En este caso se permite, con el consentimiento previo del organismo de homologación o certificación, reducir el régimen de desnormalización (n_{denorm}) ligeramente (un 3 % como máximo), para que sea posible corregir el manejo del NRTC.

⁽¹⁾ Para entender mejor la definición de potencia motriz, véase la figura 2 de la norma ISO 8528 1:1993(E).

Si el régimen de desnormalización medido (n_{denorm}) presenta una desviación no superior al $\pm 3\%$ del régimen de desnormalización declarado por el fabricante, este último (n_{denorm}) podrá utilizarse para el ensayo de emisiones. Si se rebasa el límite de tolerancia, será el régimen de desnormalización calculado (n_{denorm}) el que se utilice para el ensayo de emisiones.

7.7.2.2. Desnormalización del régimen del motor

El régimen del motor se desnormalizará mediante la ecuación siguiente:

$$n_{\text{ref}} = \frac{\% \text{speed} \cdot (n_{\text{denorm}} - n_{\text{idle}})}{100} + n_{\text{idle}} \quad (7-4)$$

donde:

n_{ref} = régimen de referencia

n_{denorm} = régimen de desnormalización

n_{idle} = régimen de ralentí

% de régimen = régimen normalizado NRTC presentado

7.7.2.3. Desnormalización del par motor

Los valores del par del programa dinamométrico del anexo 5, apartado 1.3, están normalizados al par máximo del régimen respectivo. Los valores del par del ciclo de referencia se desnormalizarán mediante la curva gráfica determinada de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 7.6.2, de la manera siguiente:

$$T_{\text{ref}} = \frac{\% \text{ torque} \times \text{max.torque}}{100} \quad (7-5)$$

para el respectivo régimen de referencia determinado de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 7.7.2.2.

7.7.2.4. Ejemplo de procedimiento de desnormalización

A modo de ejemplo, desnormalizaremos el siguiente punto de ensayo:

% de régimen = 43 %

% de par = 82 %

Dados los valores siguientes:

$n_{\text{denorm}} = 2\,200 \text{ min}^{-1}$

$n_{\text{idle}} = 600 \text{ min}^{-1}$

resulta que:

$$n_{\text{ref}} = \frac{43 \cdot (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

Donde el par máximo de 700 Nm observado a partir de la cartografía es de $1\,288 \text{ min}^{-1}$

$$T_{\text{ref}} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

7.8. Procedimiento de ejecución del ciclo de ensayo específico

7.8.1. Secuencia de ensayo de emisiones para ciclos discretos de ensayo en estado continuo

7.8.1.1. Calentamiento del motor para ciclos de ensayo de modo discreto en estado continuo

Para el preacondicionamiento se calentará el motor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas. Antes del inicio del muestreo de emisiones, el motor estará en funcionamiento hasta la estabilización de las temperaturas del agua de refrigeración y el aceite lubricante (por lo general, 10 minutos como mínimo) en el modo 1 (100 % del par y régimen nominal para el ciclo de ensayo de ocho modos y régimen nominal o régimen constante nominal y 100 % del par para el ciclo de ensayo de cinco modos). La medición del ciclo de ensayo comenzará inmediatamente a partir de este valor de acondicionamiento.

Se llevará a cabo el procedimiento previo al ensayo previsto en el apartado 7.3.1, incluida la calibración del analizador.

7.8.1.2. Ejecución de los ciclos de ensayo de modo discreto

- a) El ensayo se realizará por el orden numérico ascendente de modo señalado anteriormente para el ciclo de ensayo (anexo 5).
- b) La duración mínima de cada modo es de 10 minutos. En cada modo se estabilizará el motor durante un mínimo de 5 minutos y al final de cada modo se tomará una muestra de las emisiones gaseosas durante de 1 a 3 minutos. Se permite ampliar el tiempo de muestreo para mejorar la precisión del muestreo de partículas.

Se anotará la duración del modo y se notificará.

- c) El muestreo de partículas puede efectuarse por el método de filtro único o por el 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 o el tiempo de muestreo, según el caso. Es necesario que el factor de ponderación del muestreo de partículas se encuentre dentro de un margen de $\pm 0,003$ del factor de ponderación del modo de que se trate.

El muestreo se efectuará lo más tarde posible en cada modo. En el caso del método de filtro único, el muestreo de partículas acabará al mismo tiempo que la medición de las emisiones gaseosas, con un margen de ± 5 s. 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 el flujo de aire o gas de escape se medirán para cada modo en el mismo intervalo de tiempo utilizado para la medición de las concentraciones gaseosas.

Se registrará cualquier dato adicional que sea necesario para el cálculo.

- e) Si el motor se para o el muestreo de emisiones se interrumpe en algún momento tras el comienzo del muestreo 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 partículas mediante el método de múltiples filtros (un filtro de muestreo para cada modo de funcionamiento), el ensayo se continuará estabilizando el motor en el modo previo para acondicionar su temperatura e iniciando a continuación la medición en el modo en el que el motor se haya parado.

- f) Se ejecutarán los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el apartado 7.3.2.

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 $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, 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. Ciclos modales de ensayo con aumentos

7.8.2.1. Calentamiento del motor

Antes de comenzar los ciclos modales de ensayo con aumentos (RMC) en estado continuo, se calentará el motor y se pondrá en funcionamiento hasta que las temperaturas (agua de refrigeración y aceite lubricante) se estabilicen en el 50 % del régimen y el 50 % del par para el ciclo de ensayo RMC (derivado del ciclo de ensayo de ocho modos) y al régimen nominal del motor y al 50 % del par para el ciclo de ensayo RMC en cuestión (derivado del ciclo de ensayo de cinco modos). Inmediatamente después de este procedimiento de acondicionamiento del motor, el régimen y el par del motor se cambiarán al primer modo del ensayo con un aumento lineal de 20 ± 1 s. Entre 5 y 10 s después del final del aumento comenzará la medición del ciclo de ensayo.

7.8.2.2. Ejecución de un ciclo de ensayo modal con aumentos

Los ciclos modales con aumentos derivados de los ciclos de ensayo de ocho modos y de cinco modos se muestran en el anexo 5.

Se pondrá el motor en funcionamiento durante el tiempo prescrito en cada modo. La transición de un modo al siguiente se realizará de manera lineal en $20 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$ y con las tolerancias prescritas en el apartado 7.8.2.4 (véase el anexo 5).

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 valores 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 contaminante gaseoso y se recogerá una muestra 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 se recogerá en un único filtro de muestreo de partículas.

Para calcular las emisiones específicas del freno, se determinará el trabajo real del ciclo mediante la integración de la potencia real del motor durante el ciclo completo.

7.8.2.3. Secuencia de ensayo de emisiones:

- 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.
- La velocidad y el par se controlarán hasta el primer modo del ciclo de ensayo.
- Si el motor se para en algún momento del RMC, se invalidará el ensayo. El motor se preacondicionará y se repetirá el ensayo.
- Al final del RMC continuará el muestreo, excepto el de partículas, 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.
- Se llevarán a cabo los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el apartado 7.4.

7.8.2.4. Criterios de validación

Los ensayos RMC se validarán mediante un análisis de regresión, como se describe en los apartados 7.8.3.3 y 7.8.3.5. Las tolerancias del RMC permitidas se presentan en el cuadro 7.1. Nótese que las tolerancias del RMC son diferentes de las tolerancias del NRTC del cuadro 7.2.

Cuadro 7.1

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 % del régimen máximo 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
Coefficiente de determinación, r^2	mín. 0,990	mín. 0,950	mín. 0,950
Ordenada en el origen de la línea de regresión, a_0	± 1 % del régimen nominal	$\pm 20 \text{ Nm}$ o 2 % del par máximo, el valor que sea mayor	$\pm 4 \text{ kW}$ 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 transitorio, y por lo tanto los valores de régimen y par no estén disponibles segundo a segundo, se aplicarán los criterios de validación siguientes.

En el apartado 7.8.1.3 se presentan los requisitos de tolerancia de régimen y par de cada modo. En el caso de las transiciones lineales de régimen y par de 20 s entre los modos de ensayo en estado continuo RMC (apartado 7.4.1.2), se aplicarán las siguientes tolerancias de régimen y carga para el aumento: el régimen se mantendrá lineal dentro de un margen del $\pm 2\%$ del régimen nominal. El par se mantendrá lineal dentro de un margen del $\pm 5\%$ del par máximo a régimen nominal.

7.8.3. Ciclo de ensayo transitorio (NRTC)

Los mandos de los regímenes y pares de referencia se ejecutarán de manera secuencial para llevar a cabo el ciclo de ensayo transitorio. Los mandos de régimen y de par se emitirán con una frecuencia mínima de 5 Hz. Dado que la referencia del ciclo de ensayo se especifica en 1 Hz, los valores intermedios de los mandos de régimen y par se interpolarán linealmente 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 el motor pueda controlar el régimen.

En condiciones de arranque en frío, los motores podrán usar un dispositivo de ralentí reforzado para calentar rápidamente el motor y los dispositivos de postratamiento. En estas condiciones, los regímenes normalizados muy bajos generarán regímenes de referencia por debajo de este régimen de ralentí mejorado superior. En este caso, se recomienda controlar el dinamómetro de manera que se dé prioridad al par de referencia y el motor pueda controlar el régimen cuando la demanda del operador sea mínima.

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 y 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. Preacondicionamiento del motor

A fin de reunir condiciones estables para el siguiente ensayo de emisiones, se preconditionará el sistema de muestreo, ya sea mediante un ciclo completo previo al NRTC, ya manejando el motor y los sistemas de medición en condiciones similares a las del propio ciclo de ensayo. Si el ensayo anterior también fue un ensayo NRTC en caliente, no se precisarán más acondicionamientos.

Puede aplicarse un procedimiento de enfriamiento natural o forzado. Respecto del enfriamiento forzado, se aplicarán las buenas prácticas técnicas para establecer sistemas y enviar aire refrigerante al motor, enviar aceite frío al sistema de lubricación del motor, extraer el calor del refrigerante mediante el sistema refrigerante 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 enfriamiento que dé lugar a emisiones no representativas.

Se llevarán a cabo los procedimientos previos al ensayo previstos en el apartado 7.3.1, incluida la calibración del analizador.

7.8.3.2. Realización de un ciclo de ensayo transitorio NRTC

Los ensayos comenzarán como sigue:

La secuencia de ensayos comenzará inmediatamente después de que el motor haya sido arrancado en frío, en caso de ensayo NRTC en frío, o de la homogeneización en caliente, en caso de ensayo NRTC en caliente. Se seguirán las instrucciones del anexo 5.

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 se arranque el motor y se ejecutará con arreglo al programa del anexo 5.

Al final del ciclo continuará el muestreo, 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.

Se llevarán a cabo los procedimientos posteriores al ensayo previstos en el apartado 7.3.2.

7.8.3.3. Criterios de validación del ciclo para el ciclo de ensayo transitorio

A fin de comprobar la validez de un ensayo, los criterios de validación del ciclo del presente apartado 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 se cuentan como trabajo nulo. El trabajo efectivo producido durante el ciclo, W_{act} [kWh], se calculará utilizando los valores de retorno del régimen y del par del motor. El trabajo de referencia producido durante el ciclo, 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 comparar con el trabajo del ciclo de referencia W_{ref} y calcular las emisiones específicas del freno (véase el apartado 7.2).

W_{act} se situará entre el 85 % y el 105 % de W_{ref} .

7.8.3.5. Estadísticas de validación (anexo 4B, apéndice A.2.)

Se calculará la regresión lineal entre los valores de referencia y de retorno para el régimen, el par y la potencia.

Para minimizar el efecto distorsionante del desfase temporal entre los valores del ciclo de referencia y de retorno, la secuencia completa de la señal de retorno del par y del régimen del motor podrá adelantarse o retrasarse con respecto a la secuencia de referencia del régimen y del par. 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:

$$y = a_1x + a_0 \quad (7-6)$$

donde:

y = valor de retorno de régimen [min^{-1}], par [Nm], o potencia [kW]

a_1 = pendiente de la línea de regresión

x = valor de referencia de régimen [min^{-1}], par [Nm], o potencia [kW]

a_0 = 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 4B, 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 7.2 del presente apartado.

Cuadro 7.2

Tolerancias de la línea de regresión

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SEE) de y sobre x	$\leq 5,0$ % del régimen máximo de ensayo	$\leq 10,0$ % del par cartografiado máximo	$\leq 10,0$ % de la potencia cartografiada máxima
Pendiente de la línea de regresión, a_1	de 0,95 a 1,03	de 0,83 a 1,03	de 0,89 a 1,03
Coefficiente de determinación, r^2	mínimo 0,970	mínimo 0,850	mínimo 0,910
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 borrarse los puntos que figuran en el cuadro 7.3 del presente apartado antes de efectuar el cálculo de regresión. Sin embargo, esos puntos no se borrarán para el cálculo del 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 van a ser eliminados.

Cuadro 7.3

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 bien: $n_{act} > n_{ref}$ y $T_{act} \leq T_{ref}$ o bien: $n_{act} > 1,02 n_{ref}$ y $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0,02 T_{maxmappedtorque})$	potencia y par o régimen
Demanda máxima del operador	$n_{act} < n_{ref}$ y $T_{act} \geq T_{ref}$ o bien $n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ y $T_{act} < T_{ref}$ o bien $n_{act} < 0,98 n_{ref}$ y $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0,02 T_{maxmappedtorque})$	potencia y par o régimen

8. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

8.1. Comprobaciones de calibración y funcionamiento

8.1.1. Introducción

En este apartado se describen las calibraciones y verificaciones necesarias de los sistemas de medición. Véanse en el apartado 9.4 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 porción de un sistema de medición, se calibrará esa porción 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 calibración y verificación

El cuadro 8.1 resume las calibraciones y verificaciones descritas en el apartado 8 e indica cuándo se han de efectuar.

Cuadro 8.1

Resumen de calibración y verificaciones

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima (*)
8.1.3: Precisión, repetibilidad y ruido	Precisión: No es obligatoria, pero se recomienda en la instalación inicial. Repetibilidad: No es obligatoria, pero se recomienda en la instalación inicial. Ruido: No es obligatorio, pero se recomienda en la instalación inicial.

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima (*)
8.1.4: 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 gas: En la instalación inicial, en los 35 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Balance de partículas: En la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Presión y temperatura independientes: En la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.5: Respuesta continua del sistema analizador de gases y verificación de la actualización-registro en el caso de los analizadores de gases que no se compensan de manera continua para 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)
8.1.8.8: Fugas en vacío	Antes de cada ensayo de laboratorio, según lo prescrito en el apartado 7.1.
8.1.9.1: Interferencia de CO ₂ y H ₂ O con el NDIR	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.9.2: Interferencia de CO ₂ y H ₂ O con el NDIR/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 CH₄: En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Verificación de la respuesta al CH₄: en la instalación inicial, en los 185 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

Tipo de calibración o verificación	Frecuencia mínima ^(a)
8.1.10.2: Interferencia de O ₂ con el FID/ gases de escape	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, después de cualquier operación de mantenimiento importante y tras optimización del FID según lo prescrito en 8.1.10.1.
8.1.10.3: Penetración del separador de hidrocarburos no metánicos	En la instalación inicial, en los 185 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.11.1: Amortiguación del CLD por CO ₂ y H ₂ O	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.11.3: Interferencia de H ₂ O con el NDUV/HC	En la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.
8.1.11.4: Penetración del NO ₂ en el baño refrigerante (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: Equilibrio y pesaje de partículas	Verificación independiente: en la instalación inicial, en los 370 días previos a los ensayos y después de cualquier operación de mantenimiento importante. Verificaciones de cero, ajuste y muestra de referencia: en las 12 horas previas 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 precisión, repetibilidad y ruido

Los valores de eficacia de los diferentes instrumentos especificados en el cuadro 9.3 constituyen la base para determinar la precisión, la repetibilidad y el ruido de un instrumento.

No es obligatorio verificar la precisión, la repetibilidad y el ruido de un instrumento. Sin embargo, puede ser útil tener en cuenta estas verificaciones para definir la especificación de un nuevo instrumento, verificar la eficacia 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 del cuadro 8.2 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 8.2 del presente apartado.

8.1.4.2. Resultados requeridos

Si un sistema de medición no cumple los criterios de linealidad aplicables del cuadro 8.2, se corregirá la deficiencia mediante el recalibrado, el mantenimiento o la sustitución de los componentes, según convenga. Una vez corregida la deficiencia se repetirá la verificación de la linealidad para asegurarse de que el sistema de medición cumpla los criterios de linealidad.

8.1.4.3. Procedimiento

Se aplicará el siguiente protocolo de verificación de la linealidad:

- Se utilizará un sistema de medición a las temperaturas, presiones y flujos específicos.

- b) El instrumento se pondrá a cero como correspondería en un ensayo de emisiones introduciendo una señal de cero. En el caso de los analizadores de gases, se utilizará un gas de cero que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1 y que se introducirá directamente en el orificio del analizador.
- c) El instrumento se ajustará como correspondería en un ensayo de emisiones, introduciendo una señal de ajuste. En el caso de los analizadores de gases, se utilizará un gas patrón que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1 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 apartado. 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 apartado 8.1.4.4. En el caso de los analizadores de gases, se utilizarán las concentraciones de gases de las que se sepa que cumplen las especificaciones del apartado 9.5.1 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 9.2), y se registrará la media aritmética de los valores registrados, $\bar{y}_i$
- j) Se repetirán los pasos de las letras g) a i) del presente apartado hasta que se hayan medido todas las cantidades de referencia.
- k) Las medias aritméticas, $\bar{y}_i$ 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 8.2. Se utilizarán los cálculos descritos en el anexo 4B, apéndice A.2, apartado A.2.

8.1.4.4. Señales de referencia

En este apartado se describen los métodos recomendados para generar los valores de referencia del protocolo de verificación de la linealidad indicado en el apartado 8.1.4.3 de la presente sección. 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 precisión 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 verificación de la linealidad

En el cuadro 8.2 se indican los sistemas de medición que requieren verificaciones de la linealidad. Se aplican a este cuadro las disposiciones siguientes:

- 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.

Nótese que tal valor puede ser cero o negativo, según la señal.

- c) «Max» se refiere en general al valor máximo de referencia utilizado durante la verificación de la linealidad. Por ejemplo, en el caso de los separadores de gases, $x_{\max}$ es la concentración del gas patrón sin separar y sin diluir. Los siguientes son casos especiales en los que «max» se refiere a otro valor:
- ii) En el caso de la verificación de la linealidad del balance de partículas, $m_{\max}$ se refiere a la masa típica de un filtro de partículas;
 - ii) En el caso de la verificación de la linealidad del par, $T_{\max}$ se refiere al valor máximo del par motor especificado por el fabricante del motor que se vaya a comprobar cuyo par sea superior.
- 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 apartado 8.1.8.5 para la verificación mediante la medición del contenido en propano o para los sistemas conformes, con un margen del $\pm 2\%$, 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) Las verificaciones de la linealidad de estas temperaturas que son obligatorias incluyen: admisión de aire, bancos de postratamiento (para motores comprobados con dispositivos de postratamiento en ciclos con criterios de arranque en frío), aire de dilución para el muestreo de partículas (CVS, doble dilución y sistemas de flujo parcial), muestra de partículas y muestra de enfriador (para sistemas de muestreo de gases que utilicen enfriadores para secar las muestras).
 - ii) Las verificaciones de la linealidad de la temperatura que solo son obligatorias si el fabricante del motor así lo indica incluyen: entrada de combustible, salida de aire del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo (para motores comprobados con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación del vehículo/la máquina), entrada de refrigerante del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo (para motores comprobados con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación del vehículo/la máquina), aceite de la salida del radiador/del cárter y refrigerante antes del termostato (para motores refrigerados por líquido).
- h) Las presiones independientes incluirán las presiones del motor y las condiciones ambientales utilizadas para establecer o verificar las condiciones del motor, las presiones utilizadas para establecer o verificar las condiciones críticas en el sistema de ensayo y las presiones utilizadas en el cálculo de las emisiones.
- i) Las verificaciones obligatorias de la linealidad de la presión incluyen: restricción de la admisión de aire, contrapresión del escape, barómetro, presión del medidor de la entrada del CVS (si se mide con CVS) y muestra del enfriador (para los sistemas de muestreo de gases que utilicen enfriadores para secar las muestras).
 - ii) Las verificaciones de la linealidad de la presión que solo son obligatorias si así lo indica el fabricante incluyen: disminución de la presión del enfriador del aire de sobrealimentación de la célula de ensayo y de la tubería de interconexión (para motores de turbocompresión comprobados con un intercambiador de calor de la célula de ensayo que simule un enfriador del aire de sobrealimentación del vehículo/la máquina), entrada de combustible y salida de combustible.

Cuadro 8.2

Sistemas de medición que requieren verificaciones de linealidad

Sistema de medición	Cantidad	Frecuencia mínima de verificación	Criterios de linealidad			
			$ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $	a	SEE	r^2
Régimen del motor	n	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 0,05\% n_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2\% n_{\max}$	$\geq 0,990$
Par motor	T	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1\% T_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2\% T_{\max}$	$\geq 0,990$
Caudal de combustible	q_m	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1\% q_{m,\max}$	0,98-1,02	$\leq 2\% q_{m,\max}$	$\geq 0,990$

Sistema de medición	Cantidad	Frecuencia mínima de verificación	Criterios de linealidad			
			$ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $	a	SEE	r^2
Caudal de aire de admisión	q_v	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% q_{v,\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{v,\max}$	$\geq 0,990$
Caudal de aire de dilución	q_v	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% q_{v,\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{v,\max}$	$\geq 0,990$
Caudal de gas de escape diluido	q_v	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% q_{v,\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{v,\max}$	$\geq 0,990$
Caudal de gas de escape sin diluir	q_v	En los 185 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% q_{v,\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{v,\max}$	$\geq 0,990$
Caudales de muestreo por lotes	q_v	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% q_{v,\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{v,\max}$	$\geq 0,990$
Separadores de gas	x/x_{span}	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% x_{\max}$	$\geq 0,990$
Analizadores de gas	x	En los 35 días previos a los ensayos	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% x_{\max}$	$\geq 0,998$
Balance de partículas	m	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% m_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% m_{\max}$	$\geq 0,998$
Presiones independientes	p	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% p_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% p_{\max}$	$\geq 0,998$
Conversión analógico-digital de las señales de temperatura independiente	T	En los 370 días previos a los ensayos	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% T_{\max}$	$\geq 0,998$

8.1.5. Verificación de la respuesta del sistema de análisis de gas continuo y de su registro de actualización

En la presente sección 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 apartado 8.1.6 los procedimientos de verificación de los analizadores del tipo de compensación.

8.1.5.1. Ámbito y frecuencia

Esta verificación se efectuará tras la instalación o la sustitución de un analizador de gas utilizado para muestreo continuo. También se efectuará si el sistema se vuelve a configurar de una manera que pueda afectar a su respuesta. Es necesaria en los analizadores de gas continuo utilizados en ensayos transitorios o modales con aumentos, y no lo es en los sistemas de analizadores de gases por lotes ni en los sistemas de analizadores de gases continuos utilizados únicamente en ensayos 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 $\leq 2,5$ 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 y HC) y todos los intervalos utilizados. Si se utiliza un separador de hidrocarburos no metánicos para medir los hidrocarburos no metánicos, el tiempo de respuesta del sistema podrá ser superior a 10 s.

Antes de efectuar los cálculos de emisiones previstos en los apéndices A.7 y A.8, 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:
- 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 9.2).

8.1.5.4. Procedimiento

Para verificar la respuesta de cada sistema de análisis de gas 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 tres pasos (dos entradas y una 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 $\text{NO-CO-CO}_2\text{-C}_3\text{H}_8\text{-CH}_4$ (balance de N_2) con un gas patrón de NO_2 (balance de aire sintético purificado). También se podrán utilizar gases patrón binarios estándar, cuando proceda, en lugar de gas patrón mezclado $\text{NO-CO-CO}_2\text{-C}_3\text{H}_8\text{-CH}_4$ (balance de 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 tres 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. Se adoptará una disposición que evite las pulsaciones de presión debidas a la detención del flujo a través del dispositivo mezclador de gases. Se omitirán todos los componentes del gas que no sean 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 sigue:
- i) Se conmuta la llave al modo de inicio del flujo de gas de cero.
- ii) Se considera la estabilización, teniendo en cuenta las demoras de transporte y la respuesta completa más lenta del analizador.
- iii) Se inicia 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 conmuta la llave para permitir el paso de los gases patrón mezclados a los analizadores. Este tiempo se registra como t_0 .
- v) Se tendrán en cuenta las demoras de transporte y la respuesta completa más lenta del analizador.

vi) Se conmuta la llave para permitir el paso de los gases patrón mezclados a los analizadores. Este tiempo se registra como t_{100} .

vii) Se tendrán en cuenta las demoras de transporte y la respuesta completa más lenta del analizador.

viii) Se repiten los incisos iv) a vii) de la letra c) de este apartado para registrar siete ciclos completos, hasta acabar con el paso del gas de cero a los analizadores.

ix) Se detiene el registro.

8.1.5.5. Evaluación de los resultados

Los datos de la letra c) del apartado 8.1.5.4 de la presente sección 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 apartado 8.1.5.3 de esta sección, se aplicará el procedimiento siguiente: 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 convenga. Los filtros digitales también se configurarán para aumentar el tiempo de subida.

b) Si se opta por demostrar el cumplimiento del inciso ii) de la letra b) del apartado 8.1.5.3 de esta sección, bastará con demostrar el cumplimiento de los requisitos del inciso ii) de la letra b) del apartado 8.1.5.3.

8.1.6. Verificación del tiempo de respuesta para analizadores por compensación

8.1.6.1. Ámbito y frecuencia

Esta verificación se efectuará para determinar una respuesta del analizador de gas continuo cuando la respuesta de un analizador se compense con la de otro para cuantificar una emisión gaseosa. Se considerará que el vapor de agua es un componente gaseoso. Esta verificación es obligatoria en el caso de los analizadores de gases continuos utilizados en ensayos transitorios o modales con aumentos, y no es necesaria en el caso de los analizadores de gases por lotes o de los analizadores de gases continuos que solo se usen en ensayos de modo discreto. La verificación no se aplica a la corrección del agua retirada de la muestra realizada en el postratamiento ni a la determinación de los hidrocarburos no metánicos a partir de THC y CH₄ indicada en los apéndices A.7 y A.8 en relación con los cálculos de emisiones. Se efectuará tras la instalación inicial (puesta en funcionamiento de la célula de ensayo). Tras una operación de mantenimiento importante, se aplicará el apartado 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 apartado 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 apartado 8.1.5.3.

8.1.6.4. Procedimiento

Se aplicarán todos los procedimientos previstos en las letras a) a c) del apartado 8.1.5.4. Además, si se usa un algoritmo de compensación basado en el vapor de agua medido también se medirán el tiempo de respuesta y el tiempo de subida. En este caso, se habrá de humidificar como sigue al menos uno de los gases de calibración (que no sea el NO₂):

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 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, la mezcla de gas humidificada se podrá introducir después del secador de muestras haciéndola borbotear en un recipiente

cerrado a 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 °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

El fabricante del motor aplicará procedimientos internos de calidad coherentes con las 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 cuelgan los pesos sea perpendicular a la gravedad (es decir, horizontal) y perpendicular al eje de rotación del dinamómetro. Se aplicarán como mínimo seis combinaciones de pesos de calibración para cada campo de medición del par aplicable, espaciando las cantidades de peso de manera aproximadamente uniforme a lo largo del intervalo. Durante la calibración se hará oscilar o rotar el dinamómetro para reducir la histéresis estática de rozamiento. La fuerza de cada peso se calculará multiplicando su masa conforme a las normas internacionales por la aceleración local de la gravedad terrestre.

8.1.7.1.3. Calibración con medidor de tensiones o anillo calibrador

Esta técnica aplica la fuerza ya sea colgando pesos de un brazo de palanca (sin que los pesos y la longitud del brazo de la palanca se utilicen para calcular el par de referencia), ya 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 apartado 8.1.4.4 para la verificación de la linealidad.

8.1.8. Mediciones relacionadas con el flujo

8.1.8.1. Calibración del flujo de combustible

El caudalímetro de combustible se calibrará 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 de 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 gases de escape se calibrarán en el momento de la instalación inicial. Para repetir la calibración se seguirán las instrucciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

8.1.8.4. Calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)

8.1.8.4.1. Descripción general

- a) En esta sección se describe cómo calibrar los caudalímetros de los sistemas de muestreo de volumen constante (CVS) de gases de escape diluidos.
- b) Esta calibración se efectuará al instalar el caudalímetro en su posición permanente y después de que se modifique cualquier parte de la configuración del flujo, antes o después del caudalímetro, que pueda afectar a 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 apartado 8.1.8.5.
- c) El caudalímetro del CVS se calibrará mediante un caudalímetro de referencia, como un 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 apartado 8.1.8.4 se refiere al enfoque con base molar. Para la secuencia correspondiente utilizada en el enfoque con base másica, véase el anexo 8, apéndice 1.

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 sigue:

- a) Se conecta el sistema según se muestra en la figura 8.1.
- 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 mayor restricción y menor velocidad de 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) Se cierra gradualmente la válvula reguladora para disminuir la presión absoluta en la entrada de la PDP, p_{in} .

- h) Se repiten las etapas f) y g) del apartado 8.1.8.4.2 hasta registrar los datos en un mínimo de seis posiciones de la válvula reguladora que reflejen toda la gama de posibles presiones de funcionamiento en la entrada de la PDP.
- i) La PDP se calibra a partir de los datos recogidos y las ecuaciones de los apéndices A.7 y A.8.
- j) Se repiten las etapas f) a i) de esta sección para cada velocidad de funcionamiento de la PDP.
- k) Se aplicarán las ecuaciones del anexo 4B, apéndice A.7 (enfoque con base molar) o A.8 (enfoque con base másica) para determinar la ecuación del flujo de la PDP para los ensayos de emisiones.
- l) Se verifica la calibración efectuando una verificación del CVS (medición del contenido en propano) como se indica en el punto 8.1.8.5.
- m) La PDP no podrá utilizarse por debajo de la presión de entrada inferior 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 del CFV se calibrará como sigue:

- a) Se conecta el sistema según se muestra en la figura 8.1.
- b) Se inicia 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 $\pm 2\%$.
- 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 siguientes:
 - i) El caudal medio del caudalímetro de referencia, $\bar{q}_{Vref}$;
 - ii) De manera opcional, el punto de rocío medio del aire de calibración, T_{dew} (véanse en los apéndices A.7 y A.8 las hipótesis admisibles para la medición de las emisiones);
 - iii) La temperatura media en la entrada del venturi, T_{in} ;
 - iv) La presión absoluta estática media en la entrada del venturi, p_{in} ;
 - v) La presión diferencial estática media entre la entrada y la salida del CFV, Δp_{CFV} .
- g) Se cierra gradualmente la válvula reguladora para disminuir la presión absoluta en la entrada de la CFV, p_{in} .
- h) Se repiten las etapas f) y g) del presente apartado 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 determinan C_d y la relación de presión más baja permitida, r , según lo descrito en los apéndices A.7 y A.8.
- 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 los apéndices A.7 y A.8.
- k) Se verificará la calibración efectuando la verificación del CVS (medición del contenido en propano) descrita en el punto 8.1.8.5.

l) Si el CVS está configurado para que funcionen en paralelo varios CFV simultáneamente, se calibrará mediante uno de los procedimientos siguientes:

i) Cada combinación de CFV se calibrará siguiendo las instrucciones del presente apartado y de los apéndices A.7 y A.8. Véanse en los apéndices A.7 y A.8 las instrucciones sobre el cálculo de caudales relativos a esta opción.

(ii) Cada CFV se calibrará siguiendo las instrucciones del presente apartado y de los apéndices A.7 y A.8. Véanse en los apéndices A.7 y A.8 las instrucciones sobre el cálculo de caudales relativos 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. Se procederá como sigue:

a) Se conecta el sistema según se muestra en la figura 8.1.

b) Se iniciará 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 superior es mayor que el Re previsto durante los ensayos.

f) Se hará 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 siguientes:

i) El caudal medio del caudalímetro de referencia, $\bar{q}_{Vref}$;

ii) De manera opcional, el punto de rocío medio del aire de calibración, T_{dew} (véanse en los apéndices A.7 y A.8 las hipótesis admisibles);

iii) La temperatura media en la entrada en el venturi, T_{in} ;

iv) La presión absoluta estática media en la entrada del venturi, p_{in} ;

v) La presión diferencial estática entre la entrada del venturi y el cuello del venturi, Δp_{SSV} .

g) Se cierra gradualmente la válvula reguladora o se reduce la velocidad del soplador para disminuir el caudal.

h) Se repiten las etapas f) y g) del presente apartado para registrar los datos correspondientes a un mínimo de diez caudales.

i) Se determina una forma funcional de C_d en función de Re utilizando los datos recogidos y las ecuaciones de los apéndices A.7 y A.8.

j) Se verifica la calibración mediante una comprobación del CVS (medición del contenido en propano) como se describe en el apartado 8.1.8.5, utilizando la nueva ecuación de C_d en función de Re .

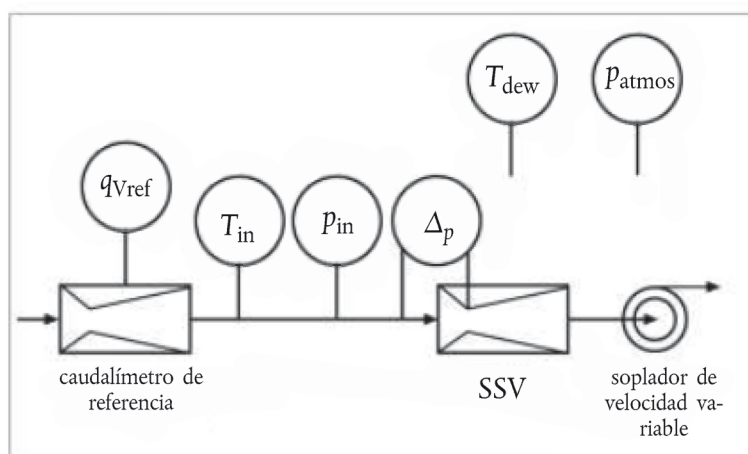
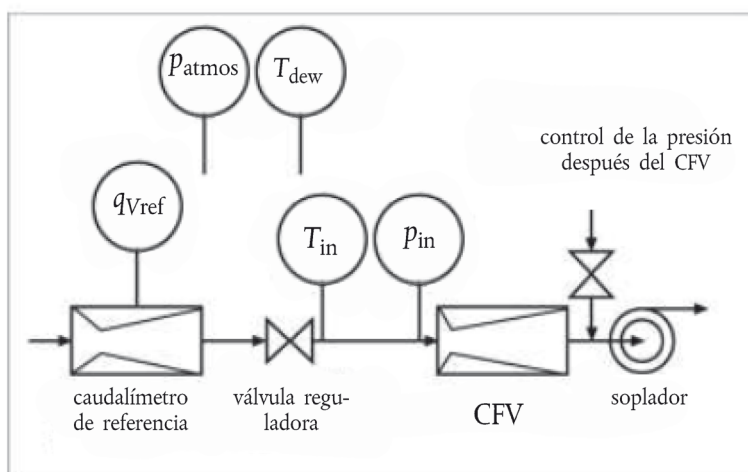
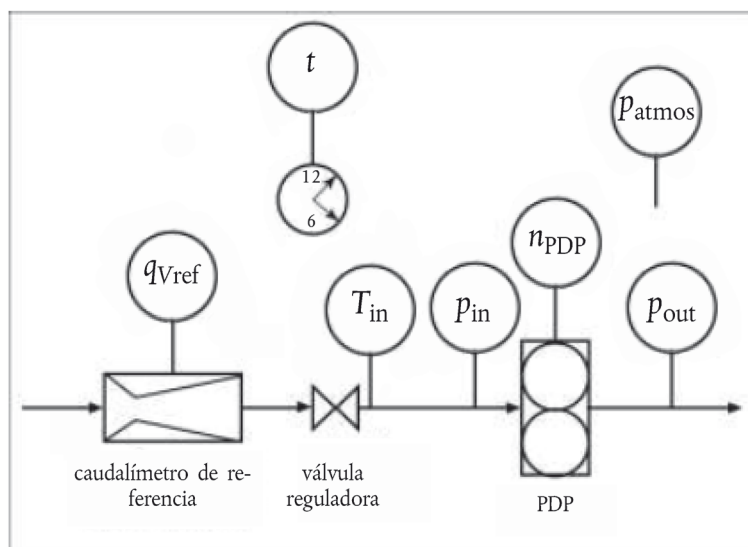
k) El SSV solo se usará entre los caudales calibrados mínimo y máximo.

l) Se aplican las ecuaciones del anexo 4B, apéndice A.7 (enfoque con base molar) o del anexo 4B, apéndice A.8 (enfoque con base másica) para determinar el flujo del SSV durante el ensayo.

8.1.8.4.5. Calibración ultrasónica (reservado)

Figura 8.1

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 inciso vi) del presente apartado. Aplicando buenas prácticas técnicas y prácticas seguras, esta verificación se podrá realizar con un gas diferente del propano, como el CO₂ o el CO. Un fallo de la verificación mediante la medición del contenido en propano puede obedecer a uno o más problemas que requerirían una acción correctiva, como los siguientes:

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 apartado 8.1.8.7.

iii) La verificación de muestras pobres se realizará con arreglo al apartado 9.2.2.

iv) La verificación de la contaminación por hidrocarburos en el sistema de muestras se efectuará conforme a lo descrito en el apartado 7.3.1.2.

v) Cambio en la calibración del CVS. Se realizará una calibración *in situ* del caudalímetro del CVS conforme a lo descrito en el apartado 8.1.8.4.

vi) Otros problemas con el hardware o el software de verificación del CVS o del muestreo. Se examinarán el sistema CVS y el hardware de verificación del CVS 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 C₃H₈ de referencia como gas trazador en un CVS. Si se utiliza un caudal de referencia, se habrá de explicar cualquier comportamiento no ideal del C₃H₈. Véanse los apéndices A.7 (enfoque con base molar) o A.8 (enfoque con base másica), en los que se indica cómo calibrar y utilizar ciertos caudalímetros. No se podrán aplicar hipótesis de gas ideal en el apartado 8.1.8.5 ni en los apéndices A.7 y A.8. La verificación mediante la medición del contenido en propano compara la masa calculada de C₃H₈ 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 precisión total del sistema de muestro 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 a los apéndices A.7 y A.8. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

a) La medición por medio de una técnica gravimétrica se efectuará como sigue: se determina 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 introducido 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 sigue: 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 sigue:

a) Si se utiliza una masa de referencia de C₃H₈ en lugar de un caudal de referencia, se obtendrá un cilindro cargado con C₃H₈. La masa del cilindro de referencia de C₃H₈ se determina dentro de un margen del ±0,5 % de la cantidad de C₃H₈ que se espera utilizar.

b) Se seleccionan los caudales adecuadas del CVS y de C₃H₈.

- c) Se selecciona en el CVS un inyector de C_3H_8 . La localización del inyector se seleccionará tan cercana como resulte práctico 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 pone en funcionamiento y se estabiliza.
- e) Todos los intercambiadores de calor del sistema de muestreo se calientan o se refrigeran previamente.
- f) Se permitirá que los componentes calentados o refrigerados, como los conductos de muestreo, los filtros, los enfriadores y las bombas, se establezcan 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 apartado 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 apartado. Si se aplica este procedimiento, se podrá seguir el procedimiento relativo a la contaminación por HC del apartado 7.3.1.2. 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 sigue:

- a) Se selecciona la gama inferior de analizadores de HC que pueda medir la concentración de C_3H_8 prevista para los caudales del CVS y de C_3H_8 .
- b) Se pone a cero el analizador de HC utilizando aire de cero introducido en el orificio del analizador.
- c) Se ajusta el analizador de HC utilizando gas patrón C_3H_8 introducido en el 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 llena el contenedor de lotes (una bolsa, por ejemplo) y se mide la concentración de HC del exceso de flujo.
- f) Si la concentración de HC del exceso de flujo supera los $2 \mu\text{mol/mol}$, 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 $2 \mu\text{mol/mol}$, este valor se recogerá como x_{HCinit} y se utilizará para corregir la contaminación por HC como se describe en el anexo 4B, apéndice A.7 (énfasis con base molar) o en el anexo 4B, apéndice A.8 (énfasis con base másica).

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 sigue:
 - i) En el caso del muestreo de HC por lotes, se conectan 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 miden y registran los HC de fondo del aire de dilución.
 - iv) Se ponen a cero todos los dispositivos integrantes.
 - v) Se inicia el muestreo y se arrancan todos los integradores del flujo.
 - vi) Se libera el C_3H_8 al caudal seleccionado. En caso de que se utilice un caudal de referencia del C_3H_8 , este se comenzará a integrar.
 - vii) Se sigue liberando el 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 cierra el cilindro de C_3H_8 y el muestreo sigue hasta que se tengan en cuenta los retrasos debidos al transporte de la muestra y la respuesta del analizador.
 - ix) Se detiene el muestreo y se paran 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 a la letra a) del apartado 8.1.8.5.5.

- i) En el caso del muestreo de HC por lotes, se conectan 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 miden y registran los HC de fondo del aire de dilución.
- iv) Se ponen a cero todos los dispositivos integrantes.
- v) Se liberan los contenidos del cilindro de referencia de C_3H_8 al caudal seleccionado.
- vi) Comienza el muestreo y, tras confirmarse que la concentración de HC es estable, se inician todos los integradores del flujo.
- vii) Se sigue liberando el contenido del cilindro hasta que la cantidad de C_3H_8 sea suficiente para garantizar una cuantificación exacta del C_3H_8 de referencia y el C_3H_8 medido.
- viii) Se paran todos los integradores.
- ix) Se cierra el cilindro de referencia de C_3H_8 .

8.1.8.5.6. Evaluación de la verificación mediante la medición del contenido en propano

El procedimiento posterior al ensayo se realizará como sigue:

- a) Si se ha utilizado el muestreo por lotes, las muestras por lotes se analizarán tan pronto como resulte práctico.
- 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 los apéndices A.7 y A.8, a partir de la masa molar del C_3H_8 , $M_{C_3H_8}$, 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 $\pm 0,5\%$ 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 $\pm 3,0$, el CVS supera la verificación.

8.1.8.5.7. Verificación del sistema secundario de dilución de partículas

Cuando la verificación mediante la medición del contenido en propano se haya de repetir para verificar el sistema secundario de dilución de partículas, se aplicará el procedimiento siguiente:

- 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 partículas). 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 apartado, pero tomando la muestra de HC del equipo de muestreo por lotes.
- c) Se calcula la masa de C_3H_8 teniendo en cuenta cualquier dilución secundaria basándose en el equipo de muestreo por lotes.
- d) Se resta 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 amortiguación, interferencias y compensación.

- a) Si para retirar el agua del gas de muestra se utiliza un secador de muestras, como se prevé en el apartado 9.3.2.3.1, el funcionamiento del enfriador térmico se verificará inmediatamente después de la instalación y después de cualquier operación de mantenimiento importante. En el caso de los secadores de membrana osmótica, el funcionamiento se verificará inmediatamente después de la instalación, después de cualquier operación de mantenimiento importante y en un plazo de 35 días antes de los ensayos.
- 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 NO_x del CLD amortiguando la colisión, y positivamente con un analizador de NDIR causando una respuesta similar al CO.
- c) El secador de muestras cumplirá las especificaciones indicadas en el apartado 9.3.2.3.1 en relación con el punto de rocío, T_{dew} , y la presión absoluta, p_{total} , después del secador de membrana osmótica o el enfriador térmico.
- d) Para determinar el comportamiento del secador de muestras se utilizará el siguiente método de verificación del secador de muestras, o bien se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar un nuevo protocolo:
 - i) Las conexiones necesarias serán de PTFE o de acero inoxidable.
 - ii) Se humidifica N₂ 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 introduce el gas humidificado antes del secador de muestras.
 - iv) La temperatura del gas humidificado después del recipiente se mantendrá al menos 5 °C por encima de su punto de rocío.
 - v) Se miden el punto de rocío, T_{dew} , y la presión, p_{total} , del gas humidificado. La medición se realizará 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) Se miden el punto de rocío, T_{dew} , y la presión, p_{total} , del gas humidificado lo más cerca posible de la salida del secador de muestras.
 - vii) El secador de muestras supera la verificación si el resultado de la letra d), etapa vi) del presente apartado es inferior al punto de rocío correspondiente a las especificaciones del secador de muestras determinado en el apartado 9.3.2.3.1 más 2 °C o si la fracción molar de la letra d), etapa vi) es inferior a la especificada para el secador de muestras más 0,002 mol/mol o el 0,2 % del volumen. Nótese que, para esta verificación, el punto de rocío se expresa en temperatura absoluta, Kelvin.

8.1.8.6. Calibración periódica del flujo parcial de partículas y sistemas asociados de medición del gas de escape sin diluir.

8.1.8.6.1. Especificaciones para medir la diferencia de flujo

En los sistemas de dilución de flujo parcial, para extraer una muestra proporcional de gases de escape sin diluir reviste especial importancia la precisión del flujo de muestreo, q_{mp} , si este no se mide directamente, sino que se determina mediante medición diferencial del flujo:

$$q_{\text{mp}} = q_{\text{mdew}} - q_{\text{mdw}} \quad (8-1)$$

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 este caso, el error máximo de la diferencia será tal que la precisión 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 admisibles de q_{mp} , podrá utilizarse cualquiera de los métodos siguientes:

- Las precisiones absolutas de q_{mdew} y q_{mdw} son del $\pm 0,2 \%$, lo que garantiza una precisión de $q_{mp} \leq 5 \%$ a una relación de dilución de 15. No obstante, si la relación de dilución es superior se producirán errores mayores.
- La calibración de q_{mdw} relativa a q_{mdew} se lleva a cabo de tal manera que se obtienen las mismas precisiones de q_{mp} que en a). En el apartado 8.1.8.6.2 se ofrecen los detalles al respecto.
- La precisión de q_{mp} se determina indirectamente a partir de la precisión de la relación de dilución determinada mediante un gas trazador, por ejemplo el CO_2 . Se requieren precisiones de q_{mp} equivalentes a las del método de la letra a).
- La precisión absoluta de q_{mdew} y q_{mdw} se encuentra dentro del $\pm 2 \%$ del fondo de escala, el error máximo de la diferencia existente entre q_{mdew} y q_{mdw} se encuentra dentro del $0,2 \%$ y el error de la linealidad se encuentra dentro del $\pm 0,2 \%$ 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 de flujo parcial para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir se calibrará periódicamente con un caudalímetro conforme a las normas internacionales o nacionales. El caudalímetro o los instrumentos de medición de flujo se calibrarán siguiendo uno de los procedimientos que se describen a continuación, de modo que el flujo de la sonda de q_{mp} que entra en el túnel cumpla los requisitos de precisión del apartado 8.1.8.6.1.

- El caudalímetro de q_{mdw} se conecta en serie con el caudalímetro de q_{mdew} , y la diferencia entre los dos caudalímetros se calibra en un mínimo de cinco puntos de consigna con valores de flujo uniformemente espaciados entre el valor inferior de q_{mdw} utilizado en el ensayo y el valor de q_{mdew} utilizado en el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.
- Se conecta en serie un dispositivo de flujo calibrado al caudalímetro de q_{mdew} y se verifica su precisión para el valor utilizado en el ensayo. El dispositivo de flujo calibrado se conecta en serie al caudalímetro de q_{mdw} y se verifica su precisión en al menos cinco posiciones de ajuste correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 15, en relación con el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo.
- Se desconecta del escape la línea de transferencia TL (véase la figura 9.2) 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 cinco 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.
- Se introduce un gas trazador en el conducto de transferencia del gas de escape TL. Dicho gas podrá ser un componente del gas de escape, por ejemplo, CO_2 o NO_x . Tras su dilución en el túnel se mide el gas trazador. Esta operación se realizará para cinco relaciones de dilución entre 3 y 15. La precisión del flujo de muestreo se determina a partir de la relación de dilución r_d :

$$q_{mp} = q_{mdew}/r_d \quad (8-2)$$

Se tendrán en cuenta las precisiones de los analizadores de gas para garantizar la precisión de q_{mp} .

8.1.8.6.3. Especificaciones para medir la diferencia de flujo

Es muy recomendable verificar el flujo de carbono utilizando el gas de escape real para detectar posibles problemas de medición y control y verificar el buen funcionamiento del sistema de 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 se hará funcionar al par y régimen máximos o en cualquier otro modo en estado constante 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 4B, apéndice A.4. Los caudales de carbono se calcularán mediante las ecuaciones del anexo 4B, 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 dos horas previas a la realización del ensayo se procederá a una verificación de la manera siguiente:

La precisión de los caudalímetros se verificará siguiendo el mismo método utilizado para la calibración en al menos dos puntos (véase el apartado 8.1.8.6.2), incluyendo los valores de flujo de 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 descritos en el apartado 8.1.8.6.2, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

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 3.1, se determinará mediante el método siguiente:

Se instala en serie, estrechamente acoplado a la sonda, un caudalímetro de referencia independiente con un intervalo de medición adecuado para el flujo 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 y 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 escape y la respuesta del caudalímetro se registrarán con una frecuencia mínima de muestreo de 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 apartado 8.2.1.2).

Se repite el cálculo para al menos cinco estímulos de subida y bajada y se calcula la media de los resultados. Se resta de este valor el tiempo de transformación interna (< 100 ms) del caudalímetro de referencia. En caso de que el sistema acorde con el apartado 8.2.1.2 requiera el método de control «previo», este es el valor «previo» del sistema de dilución de flujo parcial que se ha de aplicar con arreglo al apartado 8.2.1.2.

8.1.8.7. Verificación de la estanqueidad en el lado del vacío

8.1.8.7.1. Ámbito y frecuencia

Inmediatamente después de la instalación inicial del sistema de muestreo, después de cualquier operación de mantenimiento importante, como el cambio de los prefiltros, y en las 8 horas previas a cada secuencia del ciclo de ensayo, se verificará que no existan fugas en el lado de vacío mediante uno de los ensayos de estanqueidad descritos en la presente sección. Esta verificación no es aplicable a ninguna porción de flujo total de un sistema de dilución CVS.

8.1.8.7.2. Principios de medición

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 sigue:

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 en el uso normal del sistema. Para un cálculo estimativo de los caudales en el uso normal del sistema se podrán emplear los flujos típicos de los analizadores y en derivación.

8.1.8.7.4. Ensayo de fugas durante la dilución del gas patrón

Para este ensayo se puede utilizar 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.7 y A.8 sobre determinación de HC y NMHC. 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 sigue:

- a) Se prepara un analizador de gases de la misma manera que se haría para el ensayo de emisiones.
- b) Se suministra gas patrón al orificio del analizador y se verifica que la concentración de este gas se mida con la precisión y la repetibilidad previstas.
- c) El gas patrón sobrante se dirige a uno de los siguientes lugares del sistema de muestreo:
 - i) Al extremo de la sonda de muestreo.
 - ii) Al extremo abierto del conducto de transferencia, tras desconectar el conducto de la sonda.
 - iii) A una llave de tres pasos instalada en línea entre la sonda y su conducto de transferencia.
- d) Se verifica que la concentración medida de gas patrón sobrante sea igual a la concentración de gas patrón con un margen del $\pm 0,5$ %. 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 apartados 8.1 y 9.4.

El ensayo de fugas por falso vacío se realizará como sigue:

- 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 como sigue que el caudal de fuga por caída de vacío sea inferior al 0,5 % del caudal en uso normal del sistema:

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right)}{R(t_2 - t_1)} \quad (8-3)$$

donde:

$q_{V\text{leak}}$ = caudal de fuga por caída del vacío [mol/s]

V_{vac} = volumen geométrico del lado del vacío del sistema de muestreo [m³]

R = constante de gases [J/(mol·K)]

p_2 = presión absoluta en el lado del vacío en el instante t_2 [Pa]

T_2 = temperatura absoluta en el lado del vacío en el instante t_2 [K]

p_1 = presión absoluta en el lado del vacío en el instante t_1 [Pa]

T_1 = 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 CO₂

8.1.9.1. Verificación de la interferencia de H₂O para analizadores NDIR de CO₂

8.1.9.1.1. Ámbito y frecuencia

Si se mide el CO₂ con un analizador NDIR, la cantidad de interferencia de H₂O 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 H₂O puede interferir con la respuesta de un analizador NDIR al CO₂. Si el analizador NDIR emplea algoritmos de compensación que utilicen 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.

8.1.9.1.3. Requisitos del sistema

Un analizador NDIR de CO₂ tendrá una interferencia de H₂O con un margen de (0,0 ± 0,4) mmol/mol (de la concentración media de CO₂ prevista).

8.1.9.1.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como sigue:

- El analizador NDIR de CO₂ se arranca, funciona, se pone a cero y se ajusta de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones.
- Se crea un gas de ensayo humidificado haciendo borbotear en agua destilada, dentro de un recipiente precintado, aire de cero que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1. Si la mezcla no se pasa por un secador, se habrá de controlar la temperatura del recipiente para generar un nivel de H₂O 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 habrá de controlar la temperatura del recipiente para generar un nivel de H₂O que, como mínimo, sea tan elevado como el nivel indicado en el apartado 9.3.2.3.1.
- La temperatura del gas de ensayo humidificado se mantendrá como mínimo 5 °C por encima de su punto de rocío después del recipiente.
- El gas de ensayo humidificado se introduce en el sistema de muestreo después de cualquier secador de muestras que se utilice durante los ensayos.
- La fracción molar de agua, $x_{\text{H}_2\text{O}}$, del gas de ensayo humidificado se mide tan cerca como sea posible de la entrada del analizador. Por ejemplo, para calcular $x_{\text{H}_2\text{O}}$ se medirán el punto de rocío, T_{dew} y la presión absoluta, p_{total} .
- Para evitar la condensación en los conductos de transferencia, accesorios o válvulas desde el punto donde se mide $x_{\text{H}_2\text{O}}$ hasta el analizador, se aplicarán las buenas prácticas técnicas.

g) Se deja pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el conducto de transferencia y tener en cuenta la respuesta del analizador.

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 $(0,0 \pm 0,4)$ mmol/mol.

8.1.9.2. Verificación de la interferencia de CO₂ y H₂O 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 H₂O y CO₂ 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 H₂O y el CO₂ 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, estas otras mediciones se efectuarán simultáneamente 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 de H₂O y CO₂ con un margen del $\pm 2\%$ de la concentración media de CO prevista.

8.1.9.2.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como sigue:

- 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 CO₂ humidificado haciendo borbotear gas patrón de CO₂ en agua destilada dentro de un recipiente precintado. Si la muestra no se pasa por un secador, se controla la temperatura del recipiente para generar un nivel de H₂O 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 controla la temperatura del recipiente para generar un nivel de H₂O que, como mínimo, sea tan elevado como el nivel indicado en el apartado 8.1.8.5.8. Se utilizará la concentración de un gas patrón de CO₂ que como mínimo será tan elevada como la máxima esperada durante los ensayos.
- c) El gas de ensayo de CO₂ humidificado se introduce en el sistema de muestreo después de cualquier secador de muestras que se utilice durante los ensayos.
- d) La fracción molar de agua, $x_{\text{H}_2\text{O}}$, del gas de ensayo humidificado se mide tan cerca como sea posible de la entrada del analizador. Por ejemplo, para calcular $x_{\text{H}_2\text{O}}$ 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 $x_{\text{H}_2\text{O}}$ hasta el analizador, se aplicarán las buenas prácticas técnicas.
- f) Se deja pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice.
- g) Mientras el analizador esté midiendo la concentración de la muestra, se registrarán 30 s de sus resultados. Se calcula la media aritmética de estos datos.
- h) El analizador supera la verificación de la interferencia si el resultado de la letra g) de esta sección es conforme a la tolerancia indicada en el apartado 8.1.9.2.3.
- i) Los procedimientos de verificación de la interferencia de CO₂ y de H₂O también se pueden llevar a cabo por separado. Si los niveles de CO₂ y H₂O 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 interferencias separados para concentraciones de H₂O (reduciendo hasta un contenido de 0,025 mol/mol H₂O) inferiores a los niveles máximos esperados durante los ensayos, pero la interferencia de H₂O observada se ampliará multiplicando la interferencia observada por la relación entre el valor de la concentración máxima esperada de H₂O 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 apartado 8.1.9.2.3.

8.1.10. Medición de los hidrocarburos

8.1.10.1. Optimización y verificación del FID

8.1.10.1.1. Ámbito y frecuencia

En todos los analizadores FID, 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 sigue:

- a) La respuesta del FID a los diferentes hidrocarburos se optimizará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante. La respuesta del FID al propileno y al tolueno estará entre 0,9 y 1,1 en relación con el propano.
- b) El factor de respuesta del FID al metano (CH_4) se determinará tras la instalación inicial del analizador y después de cualquier operación de mantenimiento importante, como se describe en el apartado 8.1.10.1.4 de esta sección.
- c) La respuesta al metano (CH_4) se verificará un 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 que mida HC se utilizarán gases de calibración de C_3H_8 que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1. Para la calibración de un FID que mida CH_4 se utilizarán gases de calibración de CH_4 que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1. Sea cual sea la composición del gas de calibración, tendrá una base de carbono 1 (C_1).

8.1.10.1.3. Optimización de la respuesta del FID de HC

Este procedimiento solo se aplica a analizadores FID que midan HC

- a) Se respetarán las prescripciones del fabricante del instrumento y se aplicarán las buenas prácticas técnicas para el arranque inicial del instrumento y el ajuste básico de funcionamiento utilizando combustible FID y aire de cero. Los FID calentados se utilizarán dentro de sus intervalos de temperatura de funcionamiento. Se optimizará la respuesta del FID para cumplir el requisito de los factores de respuesta a los hidrocarburos y la verificación de la interferencia de oxígeno con arreglo a la letra a) del apartado 8.1.10.1.1 y al apartado 8.1.10.2 en el intervalo más habitual del analizador previsto para los ensayos de emisiones. Se podrá utilizar un intervalo superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, a fin de optimizar el FID con precisión, si el intervalo habitual del analizador es inferior al intervalo mínimo de optimización especificado por el fabricante del instrumento.
- b) Los FID calentados se 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 que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón.
- c) Para la optimización se seguirán los incisos i) a iv) o el procedimiento previsto por el fabricante del instrumento. Se podrán seguir los procedimientos indicados en el documento SAE nº 770141 para la optimización.
 - i) La respuesta con un determinado flujo de combustible se determina a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la del gas de cero.
 - ii) El flujo de combustible se ajusta de manera progresiva por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registra la respuesta de ajuste y la respuesta de 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 de oxígeno con arreglo a lo dispuesto en la letra a) de los apartados 8.1.10.1.1 y 8.1.10.2.
 - iv) Si la interferencia de oxígeno o los factores de respuesta a los hidrocarburos no cumplen las prescripciones siguientes, el flujo de aire se ajusta de manera progresiva por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante, y se repite la letra a) de los apartados 8.1.10.1.1 y 8.1.10.2 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 CH₄

Este procedimiento solo se aplica a analizadores FID que midan HC. Dado que los analizadores FID suelen tener respuestas diferentes al CH₄ y al C₃H₈, tras la optimización del FID se determinará cada factor de respuesta al CH₄ del analizador FID de THC, $RF_{CH_4[THC-FID]}$. Al determinar los HC de acuerdo con los cálculos recogidos en anexo 4B, apéndice A.7 (enfoque con base molar) o en el anexo 4B, apéndice A.8 (enfoque con base másica), para compensar las respuestas del CH₄ se utilizará el valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ más reciente medido con arreglo al presente apartado. El valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ se determinará como sigue, teniendo en cuenta que $RF_{CH_4[THC-FID]}$ no está determinado para los FID calibrados y ajustados con CH₄ con un separador no metánico:

- Se selecciona una concentración de gas patrón de C₃H₈ para ajustar el analizador antes de los ensayos de emisiones. Solo se seleccionan los gases patrón que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1 y se registra la concentración de C₃H₈ del gas.
- Se selecciona una concentración de gas patrón de CH₄ que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1 y se registra la concentración de CH₄ del gas.
- El analizador FID se hace funcionar según las instrucciones de su fabricante.
- Se confirma que el analizador FID ha sido calibrado con C₃H₈. La calibración se efectúa sobre una base de carbono 1 (C₁).
- El FID se pone a cero con un gas de cero utilizado para los ensayos de emisiones.
- Se ajusta el FID con el gas patrón de C₃H₈ seleccionado.
- El gas patrón de CH₄ seleccionado conforme a la letra b) de este apartado se introduce en el orificio de muestreo del analizador FID.
- Se estabiliza la respuesta del analizador. El tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el analizador y tener en cuenta su respuesta.
- Mientras el analizador mide la concentración de CH₄, se registran los datos extraídos a lo largo de 30 s y se calcula la media aritmética de estos valores.
- La concentración media medida se divide por la concentración de ajuste registrada del gas de calibración de CH₄. El resultado es el factor de respuesta del analizador FID al CH₄, $RF_{CH_4[THC-FID]}$.

8.1.10.1.5. Verificación de la respuesta del FID de HC al metano (CH₄)

Este procedimiento solo se aplica a analizadores FID que miden HC. Si el valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ del apartado 8.1.10.1.4 está dentro de un margen del ±5,0 % de su valor previamente determinado más reciente, el FID de HC supera la verificación de la respuesta al metano.

- En primer lugar, se verifica que las presiones y los caudales del combustible FID, el aire del quemador y la muestra se encuentren dentro de un margen del ±0,5 % de sus respectivos valores previamente registrados más recientes, como se describe en el apartado 8.1.10.1.3 de la presente sección. En caso de que sea necesario ajustar dichos caudales, se determina un nuevo $RF_{CH_4[THC-FID]}$ como se indica en el apartado 8.1.10.1.4 de la presente sección. Se verifica que el valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ determinado se encuentra dentro de la tolerancia especificada en este apartado 8.1.10.1.5.
- Si el valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ no se encuentra dentro de la tolerancia especificada en el presente apartado 8.1.10.1.5, la respuesta del FID se volverá a optimizar según lo prescrito en el apartado 8.1.10.1.3 de la presente sección.
- Se determina un nuevo valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ como se indica en el apartado 8.1.10.1.4 de la presente sección. Este nuevo valor de $RF_{CH_4[THC-FID]}$ se utilizará en los cálculos de HC, como se describe en el anexo 4B, apéndice A.7 (enfoque con base molar), o en el anexo 4B, apéndice A.8 (enfoque con base másica).

8.1.10.2. Verificación no estequiométrica de la interferencia de O₂ 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, la cantidad de interferencia de O₂ 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 las interferencias de O_2 que se produzcan durante el ensayo de emisiones.

8.1.10.2.3. Requisitos del sistema

Todo analizador FID utilizado durante los ensayos deberá superar la verificación de la interferencia de O_2 con el FID con arreglo al procedimiento previsto en la presente sección.

8.1.10.2.4. Procedimiento

La interferencia del O_2 con el FID se determinará como sigue, teniendo en cuenta que se podrán utilizar uno o más separadores de gases para crear las concentraciones de gas de referencia necesarias para efectuar la verificación:

- a) Se seleccionan tres gases patrón de referencia que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1 y contengan la concentración de C_3H_8 utilizada para ajustar los analizadores antes de los ensayos de emisiones. Solo se utilizarán gases patrón de referencia de CH_4 que cumplan las especificaciones de la sección 9.5.1 para los FID calibrados para el CH_4 con un separador no metánico. 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 apartado 8.1.10.1.
- 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 $\pm 0,5\%$ del valor de ajuste de referencia utilizado en la letra e) del presente apartado, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente apartado.
- 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 registra 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 respuesta de cero media de los 30 s de datos extraídos estabilizados está dentro de una tolerancia del $\pm 0,5\%$ del valor de ajuste de referencia utilizado en la letra e) del presente apartado, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente apartado.
- 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 respuesta de cero media de los 30 s de datos extraídos estabilizados está dentro de una tolerancia del $\pm 0,5\%$ del valor de ajuste de referencia utilizado en la letra e) del presente apartado, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente apartado.
- k) Se comprueba la respuesta del analizador utilizando el gas patrón que presente la concentración máxima de O_2 prevista para los ensayos. La respuesta media de 30 s de datos de muestreo estabilizados se registra como $x_{O2maxHC}$.
- l) Se comprueba la respuesta de cero del analizador FID con el gas de cero utilizado en los ensayos de emisiones. Si la respuesta de cero media de los 30 s de datos extraídos estabilizados está dentro de una tolerancia del $\pm 0,5\%$ del valor de ajuste de referencia utilizado en la letra e) del presente apartado, se pasa a la etapa siguiente; en caso contrario, el procedimiento volverá a iniciarse en la letra d) del presente apartado.

- m) Se calculará la diferencia porcentual entre x_{O_2maxHC} y la concentración de su gas de referencia. Se calcula la diferencia porcentual entre x_{O_2avgHC} y la concentración de su gas de referencia. Se calculará la diferencia porcentual entre x_{O_2minHC} 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 $\pm 3 \%$, el FID supera la verificación de la interferencia de O_2 ; en caso contrario, será necesario llevar a cabo uno o más de los procedimientos siguientes:
 - 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. Nótese que si estos caudales se ajustan para un FID de THC a fin de superar la verificación de la interferencia de O_2 , se habrá de regular el valor de RF_{CH_4} para la próxima verificación del RF_{CH_4} . Tras el ajuste se repite la verificación de la interferencia de O_2 y se determina el valor de RF_{CH_4} .
 - iv) Se repara o sustituye el FID y se repite la verificación de la interferencia de O_2 .

8.1.10.3. Fracciones de penetración del separador no metánico

8.1.10.3.1. Ámbito y frecuencia

Si se utilizan un analizador FID y un separador no metánico (NMC) para medir el metano (CH_4), se determinarán las eficiencias de conversión del separador no metánico del metano, E_{CH_4} , y el etano, $E_{C_2H_6}$. Como se detalla en el presente apartado, estas eficiencias se podrán determinar como una combinación de las eficiencias de conversión del NMC y los factores de respuesta del analizador FID, dependiendo de la configuración particular del NMC y el analizador FID.

Esta verificación se efectuará tras la instalación del separador no metánico. La verificación se repetirá en el plazo de 185 días tras la comprobación de que la actividad catalítica del separador no se ha deteriorado.

8.1.10.3.2. Principios de medición

Un separador no metánico es un catalizador calentado que elimina los hidrocarburos no metánicos del caudal de escape antes de que el analizador FID mida la concentración de hidrocarburos que queda. Un separador no metánico ideal tendría una eficiencia de conversión E_{CH_4} [-] de 0 (es decir, una fracción de penetración del metano, PF_{CH_4} , de 1,000), y la eficiencia de conversión del resto de los hidrocarburos sería de 1,000, lo que viene representado por una eficiencia de conversión del etano, $E_{C_2H_6}$ [-], de 1 (es decir, una fracción de penetración del etano, $PF_{C_2H_6}$ [-], de 0). Los cálculos de emisiones del anexo 4B, apéndice A.7, o del anexo 4B, apéndice A.8, utilizan los valores medidos de eficiencias de conversión del presente apartado, E_{CH_4} y $E_{C_2H_6}$, para explicar un rendimiento del NMC inferior al ideal.

8.1.10.3.3. Requisitos del sistema

Las eficiencias de conversión del NMC no se limitan a un intervalo determinado. Sin embargo, se recomienda optimizar el separador no metánico ajustando su temperatura de modo que alcance un valor de $E_{CH_4} < 0,15$ y un valor de $E_{C_2H_6} > 0,98$ ($PF_{CH_4} > 0,85$ y $PF_{C_2H_6} < 0,02$) como se indica en el apartado 8.1.10.3.4, según proceda. Si al ajustar la temperatura del NMC no se alcanzan estas especificaciones, se recomienda sustituir el material catalizador. Para calcular las emisiones de HC con arreglo a los apéndices A.7 y A.8 se usarán los valores de conversión de la presente sección más recientemente determinados, según proceda.

8.1.10.3.4. Procedimiento

Se recomienda seguir algunos de los procedimientos previstos en los apartados 8.1.10.3.4.1, 8.1.10.3.4.2 y 8.1.10.3.4.3. Se podrán utilizar métodos alternativos propuestos por el fabricante del instrumento.

8.1.10.3.4.1. Procedimiento aplicable a un FID calibrado con el NMC

Si un FID se calibra siempre para medir CH_4 con el NMC, se habrá de ajustar con el NMC utilizando gas patrón de CH_4 . El producto del factor de respuesta al CH_4 del FID por la fracción de penetración del CH_4 , $RFPF_{CH_4[NMC-FID]}$, se fijará en un nivel de 1,0 (es decir, la eficiencia E_{CH_4} [-] se ajustará a 0) para todos los cálculos de emisiones, y a continuación el factor de respuesta del etano combinado (C_2H_6) y la fracción de penetración, $RFPFC_2H_6[NMC-FID]$ (y la eficiencia $E_{C_2H_6}$ [-]) se determinarán como sigue:

- a) Se selecciona una mezcla de gas CH_4 y una mezcla de gas analítico C_2H_6 que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1. Se selecciona una concentración de CH_4 para ajustar el FID en los ensayos de emisiones y una concentración de C_2H_6 típica de la concentración pico de NMHC prevista en la norma de hidrocarburos o igual al valor de ajuste del analizador de THC.
- b) El separador no metánico se inicia, funciona y se optimiza con arreglo a las instrucciones del fabricante, incluida la optimización de la temperatura.
- c) Se confirma que el analizador FID cumple todas las especificaciones del apartado 8.1.10.1.
- d) El analizador FID funcionará según las instrucciones de su fabricante.
- e) Se utiliza gas patrón de CH_4 para ajustar el FID con el separador. El FID se calibra sobre una base de C_1 . Por ejemplo, si el gas patrón tiene un valor de referencia para el CH_4 de $100 \mu\text{mol/mol}$, la respuesta correcta del FID a ese gas patrón será de $100 \mu\text{mol/mol}$, pues hay un átomo de carbono por molécula de CH_4 .
- f) La mezcla de gas analítico de C_2H_6 se introduce antes del separador no metánico.
- g) Se estabiliza la respuesta del analizador. El tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el separador no metánico y tener en cuenta la respuesta del analizador.
- h) Mientras el analizador mide una concentración estable, se registran los datos extraídos a lo largo de 30 s y se calcula la media aritmética de estos puntos de medición.
- i) La media se divide por el valor de referencia de C_2H_6 , convertido a una base de C_1 . El resultado es la combinación del factor de respuesta y la fracción de penetración del C_2H_6 , $RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$, equivalente a $(1 - E_{\text{C}_2\text{H}_6} [-])$. La combinación del factor de respuesta y la fracción de penetración y el producto del factor de respuesta al CH_4 y la fracción de penetración del CH_4 , $RFPF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$, que se establece igual a 1,0, se utilizará en los cálculos de emisiones conforme a A.7 o A.8, según convenga.

8.1.10.3.4.2. Procedimiento aplicable a un FID calibrado con propano en derivación, sin pasar por el NMC

En caso de que se utilice un FID con un NMC calibrado con propano, C_3H_8 , sin pasar por el NMC, se determinarán las fracciones de penetración $PF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$ y $PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$, como sigue:

- a) Se selecciona una mezcla de gas de CH_4 y una mezcla de gas analítico de C_2H_6 que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1 con la concentración de CH_4 típica de su concentración máxima prevista en la norma de hidrocarburos y la concentración de C_2H_6 típica de la concentración de hidrocarburos totales (THC) máxima prevista en la norma de hidrocarburos o igual al valor de ajuste del analizador de THC.
- b) El separador no metánico se inicia y funciona con arreglo a las instrucciones del fabricante, incluida la optimización de la temperatura.
- c) Se confirma que el analizador FID cumple todas las especificaciones del apartado 8.1.10.1.
- d) El analizador FID funcionará según las instrucciones de su fabricante.
- e) El analizador FID se pone a cero y se ajusta de la misma manera que antes de un ensayo de emisiones. El FID se ajusta sin pasar por el separador y utilizando gas patrón de C_3H_8 . El FID se ajusta sobre una base de C_1 .
- f) La mezcla de gas analítico de C_2H_6 se introduce antes del separador no metánico, en el mismo punto donde se introdujo el gas de cero.
- g) Se deja pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el separador no metánico y tener en cuenta la respuesta del analizador.
- h) Mientras el analizador mide una concentración estable, se registran los datos extraídos a lo largo de 30 s y se calcula la media aritmética de estos puntos de medición.
- i) El recorrido del flujo se redirige de manera que evite el separador no metánico, se introduce la mezcla de gas analítico de C_2H_6 en la derivación y se repiten las etapas g) y h) del presente apartado.

- j) La concentración media de C_2H_6 medida con el separador no metánico se divide por la concentración media medida tras la derivación del separador no metánico. El resultado es la fracción de penetración del C_2H_6 , $PF_{C_2H_6[NMC-FID]}$, equivalente a $(1 - E_{C_2H_6} [-])$. Esta fracción de penetración se utilizará conforme al apéndice A.7 o A.8, según proceda.
- k) Se repiten las etapas de las letras f) a j) de este apartado, pero con la mezcla de gas analítico de CH_4 en lugar del C_2H_6 . El resultado será la fracción de penetración del CH_4 , $PF_{CH_4[NMC-FID]}$, equivalente a $(1 - E_{CH_4} [-])$. Esta fracción de penetración se utilizará conforme al apéndice A.7 o A.8, según proceda.

8.1.10.3.4.3. Procedimiento aplicable a un FID calibrado con metano en derivación, sin pasar por el NMC

En caso de que se utilice un FID con un NMC calibrado con metano, CH_4 , sin pasar por el NMC, se determinará la combinación del factor de respuesta y la fracción de penetración del etano (C_2H_6), $RFPF_{C_2H_6[NMC-FID]}$, así como su fracción de penetración del CH_4 , $PF_{CH_4[NMC-FID]}$, como sigue:

- a) Se seleccionan mezclas de gas analítico de CH_4 y C_2H_6 que cumplan las especificaciones del apartado 9.5.1, con la concentración de CH_4 típica de su concentración máxima prevista en la norma de hidrocarburos y la concentración de C_2H_6 típica de la concentración de hidrocarburos totales (THC) máxima prevista en la norma de hidrocarburos, o bien el valor de ajuste del analizador de THC.
- b) El separador no metánico se inicia y funciona con arreglo a las instrucciones del fabricante, incluida la optimización de la temperatura.
- c) Se confirma que el analizador FID cumple todas las especificaciones del apartado 8.1.10.1.
- d) El analizador FID se pone en marcha y funciona según las instrucciones de su fabricante.
- e) El analizador FID se pone a cero y se ajusta de la misma manera que en un ensayo de emisiones. El FID se ajusta con el gas patrón de CH_4 sin pasar por el separador. Nótese que el FID se ajusta sobre una base de C_1 . Por ejemplo, si el gas patrón tiene un valor de referencia para el metano de 100 $\mu\text{mol/mol}$, la respuesta correcta del FID a ese gas patrón será de 100 $\mu\text{mol/mol}$, pues hay un átomo de carbono por molécula de CH_4 .
- f) La mezcla de gas analítico de C_2H_6 se introduce antes del separador no metánico, en el mismo punto donde se introdujo el gas de cero.
- g) Se deja pasar el tiempo necesario para que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo de estabilización incluirá el tiempo necesario para purgar el separador no metánico y tener en cuenta la respuesta del analizador.
- h) Se registran 30 s de datos extraídos mientras el analizador mide una concentración estable. Se calcula la media aritmética de estos puntos de medición.
- i) El recorrido previsto para que el flujo no pase por el separador no metánico se redirige, la mezcla de gas analítico de C_2H_6 se introduce en la derivación y se repiten las etapas g) y h) del presente apartado.
- j) La concentración media de C_2H_6 medida con el separador no metánico se divide por la concentración media medida tras la derivación del separador no metánico. El resultado es la combinación del factor de respuesta y la fracción de penetración del C_2H_6 , $RFPF_{C_2H_6[NMC-FID]}$. Esta combinación de factor de respuesta y fracción de penetración se utilizará conforme a los apéndices A.7 o A.8, según proceda.
- k) Se repiten las etapas de las letras f) a j) de este apartado, pero con la mezcla de gas analítico de CH_4 en lugar del C_2H_6 . El resultado será la fracción de penetración del CH_4 , $PF_{CH_4[NMC-FID]}$. Esta fracción de penetración se utilizará conforme a los apéndices A.7 y A.8, según proceda.

8.1.11. Mediciones de NO_x

8.1.11.1. Verificación de la amortiguación del CO_2 y el H_2O con el CLD

8.1.11.1.1. Ámbito y frecuencia

Si se utiliza un analizador CLD para medir NO_x , la cantidad de amortiguación 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 H₂O y el CO₂ pueden interferir negativamente en la respuesta al NO_x del CLD amortiguando la colisión, lo que inhibe la reacción quimioluminiscente utilizada por el CLD para detectar NO_x. Este procedimiento y los cálculos previstos en el apartado 8.1.11.2.3 determinan la amortiguación y modifican los resultados de la amortiguación hasta la máxima fracción molar de H₂O y la máxima concentración de CO₂ esperada en los ensayos de emisiones. En caso de que el analizador CLD aplique algoritmos de compensación de la amortiguación que utilicen instrumentos de medición del H₂O o el CO₂, la amortiguación 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 amortiguación de H₂O y CO₂ combinados del ± 2 %. Para la medición del gas de escape sin diluir, el analizador CLD no superará una amortiguación de H₂O y CO₂ combinados del ± 2 %. La amortiguación combinada es la suma de la amortiguación del CO₂ determinada como se indica en el apartado 8.1.11.1.4 y la amortiguación del H₂O determinada como se indica en el apartado 8.1.11.1.5. 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 amortiguación del CO₂

Para determinar la amortiguación del CO₂ utilizando un separador de gases que mezcle gases patrón binarios con gas de cero como diluyente y cumpla las especificaciones del apartado 9.4.5.6 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 NO_x totales, se hace funcionar en el modo «solo NO».
- d) Se utilizarán un gas patrón de CO₂ que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1 y una concentración que sea aproximadamente el doble de la concentración máxima de CO₂ prevista para los ensayos de emisiones.
- e) Se utilizarán un gas patrón de NO que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1 y una concentración que sea aproximadamente el doble de la concentración máxima de NO prevista para los ensayos de emisiones. Se podrá utilizar una concentración superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.
- f) El analizador CLD se pone a cero y se ajusta con el gas patrón de NO considerado en la letra e) de este apartado mediante el separador de gases. Se conecta el gas patrón de NO al orificio 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 apartado, 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 CO₂ se conecta al orificio de ajuste 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 CO₂ pasan al separador de gases, la salida de este se estabilizará. Se determina la concentración de CO₂ desde la salida del separador de gases, aplicando las correcciones de las propiedades del gas según convenga para garantizar la precisión de la separación. Esta concentración, $x_{\text{CO}_2\text{act}}$, se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del apartado 8.1.11.2.3. Como alternativa al uso de un separador de gases, se podrán utilizar otros dispositivos simples de mezcla de gases. En este caso, se utilizará un analizador para determinar la concentración de CO₂. Si se utiliza un NDIR junto con un dispositivo simple de mezcla de gases, deberá cumplir los requisitos de esta sección y se ajustará con el gas patrón de CO₂ siguiendo las instrucciones que se dan a partir de la letra d) del presente apartado. Previamente se comprobará la linealidad del analizador NDIR de todo el intervalo hasta dos veces la concentración máxima de CO₂ esperada en los ensayos.

- j) Se mide la concentración de NO después del separador de gases, con el analizador CLD. Se deja 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 registra la salida del analizador durante 30 s. A partir de estos datos se calcula la media aritmética de la concentración, x_{NOmeas} . Esta concentración, x_{NOmeas} , se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del apartado 8.1.11.2.3.
- k) Se calcula la concentración real de NO en la salida del separador de gases, x_{NOact} , basándose en las concentraciones de gas patrón y x_{CO2act} , con arreglo a la ecuación (8-5). El valor calculado se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación, con la ecuación (8-4).
- l) Los valores registrados con arreglo a los apartados 8.1.11.1.4 y 8.1.11.1.5 de esta sección se utilizarán para calcular la amortiguación como se indica en el apartado 8.1.11.2.3.

8.1.11.1.5. Procedimiento de verificación de la amortiguación por H₂O

Para determinar la amortiguación por H₂O se seguirá el siguiente método o el método prescrito por el fabricante del instrumento, o bien se aplicarán las buenas prácticas técnicas para desarrollar un protocolo diferente:

- a) Las conexiones necesarias serán de PTFE o de acero inoxidable.
- b) Si el analizador CLD dispone de un modo de funcionamiento con el que solo detecta NO, en contraposición a los NO_x totales, se hace funcionar en el modo «solo NO».
- c) Se utilizarán un gas patrón de NO que cumpla las especificaciones del apartado 9.5.1 y una concentración que sea aproximadamente la concentración máxima prevista para los ensayos de emisiones. Se podrá utilizar una concentración superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.
- d) El analizador CLD se pone a cero y se ajusta. El analizador CLD se ajusta con el gas patrón de NO desde la letra c) de este apartado. La concentración de gas patrón se registrará como x_{NOdry} y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del apartado 8.1.11.2.3.
- e) Se humidifica el gas patrón de NO haciéndolo borbotear en agua destilada en un recipiente precintado. Si la muestra de gas patrón de NO humidificado no pasa por un secador de muestras para esta verificación, se controla la temperatura del recipiente para generar un nivel de H₂O aproximadamente igual a la fracción molar máxima de H₂O esperada 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 amortiguación del apartado 8.1.11.2.3 modificarán la amortiguación del H₂O hasta alcanzar la fracción molar superior de H₂O esperada en los ensayos de emisiones. Si, para esta verificación, la muestra de gas patrón de NO humidificado se pasa por un secador, se controlará la temperatura del recipiente para generar un nivel de H₂O que, como mínimo, sea tan elevado como el nivel determinado en el apartado 9.3.2.3.1. En este caso, los cálculos de verificación de la amortiguación del apartado 8.1.11.2.3 no modificarán la amortiguación del H₂O 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). Nótese que el secador de muestras deberá superar la verificación especificada en el apartado 8.1.8.5.8.
- g) Se mide la fracción molar del H₂O en el gas patrón de NO humidificado. En caso de que se use un secador de muestras, la fracción molar del H₂O 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 °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} . El valor de x_{NOwet} se registrará y se utilizará en los cálculos de verificación de la amortiguación del apartado 8.1.11.2.3.

8.1.11.2. Cálculos de verificación de la amortiguación del CLD

Los cálculos de verificación de la amortiguación del CLD se realizarán como se indica en este apartado.

8.1.11.2.1. Cantidad de agua esperada durante los ensayos

Se estimará la fracción molar máxima de agua esperada en los ensayos de emisiones, $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$. 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 apartado 8.1.11.1.5. Al estimar la fracción molar máxima de agua esperada, se tendrán en cuenta el contenido máximo de agua en el aire de combustión, los productos de combustión del combustible y el aire de dilución (si procede). Si, en el ensayo de verificación, el gas patrón de NO humidificado se introduce en el sistema de muestreo antes del secador de muestras, no será necesario estimar la fracción molar máxima esperada de agua y el valor de $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ se fijará igual al de $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$.

8.1.11.2.2. Cantidad de CO₂ esperada durante los ensayos

Se estimará la concentración máxima de CO₂ esperada en los ensayos de emisiones, $x_{\text{CO}_2\text{exp}}$. Esta estimación se realizará en el lugar del sistema de muestreo donde se introduce la mezcla de gases patrón de NO y CO₂ de acuerdo con la letra j) del apartado 8.1.11.1.4. Al estimar la concentración máxima de CO₂ esperada, se tendrán en cuenta el contenido máximo de CO₂ esperado de los productos de la combustión y el aire de dilución.

8.1.11.2.3. Cálculo de la amortiguación del H₂O y el CO₂ combinados

La amortiguación del H₂O y el CO₂ combinados se calculará de la manera siguiente:

$$\text{quench} = \left[\left(\frac{x_{\text{NOwet}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Omeas}} - x_{\text{NOdry}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexp}}}{x_{\text{H}_2\text{Omeas}}} + \left(\frac{x_{\text{NOmeas}}}{x_{\text{NOact}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{CO}_2\text{exp}}}{x_{\text{CO}_2\text{act}}} \right] \cdot 100\% \quad (8-4)$$

donde:

amortiguación = cantidad de amortiguación de CLD

x_{NOdry} = concentración medida de NO antes del borboteador, con arreglo a la letra d) del apartado 8.1.11.1.5

x_{NOwet} = concentración medida de NO después del borboteador, con arreglo a la letra i) del apartado 8.1.11.1.5

$x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ = fracción molar máxima de agua esperada en los ensayos de emisiones, con arreglo al apartado 8.1.11.2.1

$x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ = fracción molar de agua medida en la verificación de la amortiguación, con arreglo a la letra g) del apartado 8.1.11.1.5

x_{NOmeas} = concentración medida de NO cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón de CO₂, con arreglo a la letra j) del apartado 8.1.11.1.4

x_{NOact} = concentración efectiva de NO cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón de CO₂, con arreglo a la letra k) del apartado 8.1.11.1.4 y calculada según la ecuación (8-5)

$x_{\text{CO}_2\text{exp}}$ = concentración máxima esperada de CO₂ en los ensayos de emisiones, con arreglo al apartado 8.1.11.2.2

$x_{\text{CO}_2\text{act}}$ = concentración efectiva de CO₂ cuando el gas patrón de NO está mezclado con gas patrón de CO₂, con arreglo a la letra i) del apartado 8.1.11.1.4

$$x_{\text{NOact}} = \left(1 - \frac{x_{\text{CO}_2\text{act}}}{x_{\text{CO}_2\text{span}}} \right) \cdot x_{\text{NOspan}} \quad (8-5)$$

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 apartado 8.1.11.1.4

$x_{\text{CO}_2\text{span}}$ = valor de la concentración de gas patrón de CO₂ introducido en el separador de gases, con arreglo a la letra d) del apartado 8.1.11.1.4

8.1.11.3. Verificación de la interferencia de HC y H₂O en el analizador NDUV

8.1.11.3.1. Ámbito y frecuencia

Si se mide el NO_x con un analizador NDUV, la cantidad de interferencia de H₂O 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 H₂O pueden interferir positivamente con un analizador NDUV causando una respuesta similar al NO_x. 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 NO_x tendrá una interferencia de H₂O y HC combinados situada dentro de un margen de ±2 % de la concentración media de NO_x.

8.1.11.3.4. Procedimiento

La verificación de la interferencia se realizará como sigue:

- El analizador NDUV de NO_x se iniciará, funcionará, se pondrá a cero y se ajustará con arreglo a las instrucciones del fabricante del instrumento.
- Se recomienda extraer los gases de escape del motor para llevar a cabo esta verificación. Se utilizará un CLD que cumpla las especificaciones del apartado 9.4 para cuantificar el NO_x del gas de escape. La respuesta del CLD se utilizará como valor de referencia. También se medirán los HC del gas de escape con un analizador FID que cumpla las especificaciones del apartado 9.4. La respuesta del FID se utilizará como valor de referencia de los hidrocarburos.
- 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.
- 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 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.
- La media del CLD se restará de la media del NDUV.
- 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 supera la verificación de la interferencia de este apartado si este resultado se encuentra dentro de un margen del ±2 % de la concentración de NO_x esperada en la norma:

$$|\bar{x}_{\text{NOx,CLD,meas}} - \bar{x}_{\text{NOx,NDUV,meas}}| \cdot \left(\frac{\bar{x}_{\text{HC,exp}}}{\bar{x}_{\text{HC,meas}}} \right) \leq 2\% \cdot (\bar{x}_{\text{NOx,exp}}) \quad (8-6)$$

donde:

$\bar{x}_{\text{NOx,CLD,meas}}$ = concentración media de NO_x medida por el CLD [μmol/mol o ppm]

$\bar{x}_{\text{NOx,NDUV,meas}}$ = concentración media de NO_x medida por el NDUV [μmol/mol o ppm]

$\bar{x}_{\text{HC,meas}}$ = concentración media de HC medida [μmol/mol o ppm]

$\bar{x}_{\text{HC,exp}}$ = concentración media de HC esperada en la norma [$\mu\text{mol/mol}$ o ppm]

$\bar{x}_{\text{NOx,exp}}$ = concentración media de NO_x esperada en la norma [$\mu\text{mol/mol}$ o ppm]

8.1.11.3.5. Características del baño de refrigeración (enfriador)

Se demostrará que con la concentración de vapor de agua esperada H_m más alta, la técnica de eliminación del agua mantiene la humedad del analizador $\text{CLD} \leq 5$ g de agua/kg de aire seco (o aproximadamente el 0,8 % de H_2O en volumen), lo que equivale a un 100 % de humedad relativa a 3,9 °C y 101,3 kPa. Esta especificación de humedad es también equivalente a aproximadamente un 25 % de la humedad relativa a 25 °C y 101,3 kPa. Se podrá demostrar midiendo la temperatura en la salida de un deshumidificador térmico, o bien midiendo la humedad en un punto situado justo antes del analizador CLD.

8.1.11.4. Penetración del NO_2 en el baño de refrigeración (enfriador)

8.1.11.4.1. Ámbito y frecuencia

En caso de que se utilice un baño de refrigeración (enfriador) para secar una muestra antes de un instrumento de medición de NO_x , pero no se utilice un convertidor NO_2 -NO antes del baño de refrigeración, se realizará esta verificación de la penetración del NO_2 del baño de refrigeración. Esta verificación se efectuará tras la instalación inicial y después de cualquier operación de mantenimiento importante.

8.1.11.4.2. Principios de medición

El baño de refrigeración (enfriador) elimina el agua, que en otro caso podría interferir con la medición del NO_x . No obstante, el agua líquida que permanezca en un baño de refrigeración incorrectamente diseñado puede interferir con el NO_2 de la muestra. Por lo tanto, si se utiliza un baño de refrigeración sin un convertidor NO_2 -NO antes, podría eliminar el NO_2 de la muestra antes de la medición de los NO_x .

8.1.11.4.3. Requisitos del sistema

El enfriador permitirá medir por lo menos el 95 % del NO_2 a la concentración máxima esperada de NO_2 .

8.1.11.4.4. Procedimiento

Para verificar el funcionamiento del enfriador se aplicará el procedimiento siguiente:

- a) Montaje del instrumento. Se seguirán las instrucciones de puesta en marcha y funcionamiento del fabricante del analizador y el enfriador. El analizador y el enfriador se ajustarán según convenga para optimizar el funcionamiento.
- b) Montaje del equipo y recogida de datos.
 - i) Los analizadores de gas de NO_x totales se pondrán a cero y se ajustarán de la misma manera que antes de los ensayos de emisiones.
 - ii) Se seleccionará el gas de calibración del NO_2 (gas de balance de aire seco) cuya concentración de NO_2 sea cercana al máximo esperado en los ensayos. Se podrá utilizar una concentración superior 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 NO_x totales se estabilice, teniendo solamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento.
 - iv) Se calculará la media de los datos de NO_x totales registrados en 30 s y se registrará este valor como x_{NOxref} .
 - v) Se detendrá el flujo del gas de calibración del 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 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 una cantidad constante de agua.
 - vii) Inmediatamente se volverá a ajustar para verter el gas de calibración de NO_2 utilizado para establecer x_{NOxref} . Se permitirá que la respuesta a los NO_x totales se estabilice, teniendo solamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento. Se calculará la media de los datos de NO_x totales registrados en 30 s y se registrará este valor como x_{NOxmeas} .

viii) Se corregirá x_{NOxmeas} para x_{NOxdry} basándose en el vapor de agua residual que haya pasado por el enfriador a la temperatura y presión de salida del enfriador.

c) Evaluación del funcionamiento. Si el valor de x_{NOxdry} es inferior al 95 % del valor de x_{NOxref} , el enfriador deberá ser reparado o sustituido.

8.1.11.5. Conversión mediante convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$

8.1.11.5.1. Ámbito y frecuencia

Si se utiliza un analizador que mida únicamente NO para determinar los NO_x , antes del analizador se utilizará un convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$. Esta verificación se efectuará tras instalar el convertidor, después de cualquier operación de mantenimiento importante y en los 35 días previos a un ensayo de emisiones, y se repetirá con esta frecuencia para comprobar que la actividad catalítica del convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$ no se haya deteriorado.

8.1.11.5.2. Principios de medición

El convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$ permite que un analizador que solo mida NO determine los NO_x totales convirtiendo el NO_2 del gas de escape en NO.

8.1.11.5.3. Requisitos del sistema

El convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$ permitirá medir por lo menos el 95 % del NO_2 a la concentración máxima esperada de NO_2 .

8.1.11.5.4. Procedimiento

Para verificar el funcionamiento de un convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$ se seguirá el procedimiento siguiente:

a) Para montar el instrumento, se seguirán las instrucciones de puesta en marcha y funcionamiento de los fabricantes del analizador y el convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$. El analizador y el convertidor se ajustarán según convenga para optimizar el funcionamiento.

b) Se conectará la entrada de un ozonizador a una fuente de aire de cero o de oxígeno, y la salida al orificio de una pieza en T de tres pasos. A otro orificio se conectará un gas patrón de NO, y al último, la entrada del convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$.

c) Para efectuar la verificación se seguirán estos pasos:

i) Se cierra el aire del ozonizador, se apaga el ozonizador, y el convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$ se pone en modo derivación (es decir, en modo NO). Se espera hasta que alcance la estabilización, teniendo únicamente en cuenta el tiempo de transporte y la respuesta del instrumento.

ii) Se ajustan los flujos de NO y gas de cero de manera que la concentración de NO en el analizador sea cercana a la concentración pico de NO_x totales prevista en los ensayos. El contenido en NO_2 de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO. Se registra la concentración de NO calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, x_{NOref} . Se podrá utilizar una concentración superior del analizador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y las buenas prácticas técnicas, con el fin de obtener una verificación exacta, si la concentración esperada de NO es inferior al intervalo mínimo de verificación especificado por el fabricante del instrumento.

iii) Se abre el suministro de O_2 del ozonador y se ajusta el caudal de O_2 de manera que el NO indicado por el analizador sea aproximadamente un 10 % inferior a x_{NOref} . Se registra la concentración de NO calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, $x_{\text{NO}+\text{O}_2\text{mix}}$.

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. Se registra la concentración de NO calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, x_{NOmeas} .

v) El analizador de NO_x se pone en modo NO_x y se miden los NO_x totales. Se registra la concentración de NO_x calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, x_{NOxmeas} .

- vi) Se apaga el ozonizador, pero se mantiene el flujo de gas a través del sistema. El analizador de NO_x indicará el NO_x de la mezcla NO + O₂. Se registra la concentración de NO_x calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, $x_{\text{NOx+O}_2\text{mix}}$.
- vii) Se desconecta el suministro de O₂. El analizador de NO_x indica los NO_x presentes de la mezcla original de NO en N₂. Se registra la concentración de NO_x calculando la media de 30 s de datos extraídos del analizador, x_{NOxref} . Este valor no deberá superar en más del 5 % el valor de x_{NOref} .
- d) Evaluación del funcionamiento. La eficiencia del convertidor de NO_x se calculará sustituyendo en la ecuación siguiente las concentraciones obtenidas:

$$\text{Efficiency}[\%] = \left(1 + \frac{x_{\text{NOxmeas}} - x_{\text{NOx+O}_2\text{mix}}}{x_{\text{NO+O}_2\text{mix}} - x_{\text{NOmeas}}} \cdot 100 \right) \quad (8-7)$$

- e) Si el resultado es inferior al 95 %, el convertidor NO₂-NO deberá ser reparado o sustituido.

8.1.12. Mediciones de partículas

8.1.12.1. Verificaciones de la balanza de partículas y verificación del proceso de pesaje

8.1.12.1.1. Ámbito y frecuencia

En este apartado se describen tres verificaciones.

- a) La verificación independiente del funcionamiento de la balanza de partículas en un máximo de 370 días antes del pesaje de cualquier filtro.
- b) El cero y el ajuste de la balanza en las 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.

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 apartado 9.5.2 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 partículas, se obtengan valores medios normales, se seguirá el mismo procedimiento para verificar el funcionamiento de la balanza.
- b) Se lleva a cabo un procedimiento automático con pesos de calibración interna que se usan automáticamente para verificar el funcionamiento de la balanza. Estos pesos de calibración interna deberán cumplir las especificaciones del apartado 9.5.2 para realizar esta 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 partículas 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 partículas de referencia deberán arrojar el mismo valor, dentro de un margen de $\pm 10 \mu\text{g}$ o del $\pm 10 \%$ de la masa total de partículas esperada, el que sea superior. En caso de que los sucesivos pesajes del filtro de muestreo de partículas 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 partículas al menos dos muestras de medios de muestreo de partículas 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 estabilizan en el entorno de estabilización de partículas. Se considerará que las referencias se han estabilizado si han permanecido en el entorno de estabilización de partículas un mínimo de 30 minutos y el entorno de estabilización de partículas ha cumplido las especificaciones del apartado 9.3.4.4 durante los 60 minutos anteriores, como mínimo.
- 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 apartado 8.1.12.2. 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 apartado, se invalidarán todas las determinaciones de masas de partículas 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 partículas 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 apartado, 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 presente apartado 8.1.12.1.4, todos los resultados de las partículas determinados entre los dos momentos en los que se determinaron las masas de referencia quedarán invalidados. Si se descarta un medio de muestras de partículas de referencia con arreglo a la letra i) del presente apartado, como mínimo deberá estar disponible la diferencia de una masa de referencia que cumpla los criterios del presente apartado 8.1.12.1.4. En caso contrario, todos los resultados de las partículas determinados entre los dos momentos en los que se determinaron las masas de referencia quedarán invalidados.

8.1.12.2. Corrección de la flotabilidad del filtro de muestreo de partículas

8.1.12.2.1. Aspectos generales

El filtro de muestreo de partículas se corregirá en función de su flotabilidad en el aire. La corrección de la flotabilidad depende de la densidad del medio de muestreo, la densidad del aire y la densidad del peso de calibración utilizado para calibrar la balanza. La corrección no afecta a la flotabilidad de las partículas propiamente dicha, pues en general solo entre el 0,01 % y el 0,10 % del peso total corresponde a la masa de las partículas. Una corrección de esta pequeña cantidad de la masa representaría como máximo un 0,010 %. Los valores corregidos en función de la flotabilidad son las masas de las taras de las muestras de partículas. Estos valores con corrección de la flotabilidad con vistas al pesaje del filtro antes del ensayo se restan posteriormente de los valores con corrección de la flotabilidad del pesaje posterior al ensayo del filtro correspondiente, a fin de determinar la masa de las partículas emitidas en el ensayo.

8.1.12.2.2. Densidad del filtro de muestreo de partículas

Los diferentes filtros de muestreo de partículas presentan densidades diferentes. Se utilizará la densidad conocida del medio de muestreo o la densidad de alguno de los medios de muestreo habituales, como sigue:

- a) En el caso del vidrio borosilicatado con revestimiento de PTFE, se utilizará una densidad del medio de muestreo de 2 300 kg/m³.
- 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/m³.
- 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/m³.

8.1.12.2.3. Densidad del aire

Dado que el entorno de la balanza de partículas se debe mantener estrictamente a una temperatura ambiente de 22 ± 1 °C y un punto de rocío de $9,5 \pm 1$ °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 partículas en función de la flotabilidad se utilizarán las ecuaciones siguientes:

$$m_{\text{cor}} = m_{\text{uncor}} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{media}}}}{1 - \frac{\rho_{\text{weight}}}{\rho_{\text{media}}}} \right) \quad (8-8)$$

donde:

m_{cor} = masa del filtro de muestreo de partículas corregida en función de la flotabilidad

m_{uncor} = masa del filtro de muestreo de partículas 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 partículas

$$\rho_{\text{air}} = \frac{p_{\text{abs}} \cdot M_{\text{mix}}}{R \cdot T_{\text{amb}}} \quad (8-9)$$

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 muestreo de partículas por lotes

8.2.1.1. Criterios de proporcionalidad del CVS

8.2.1.1.1. Flujos proporcionales

Para cada par de caudalímetros, se utilizarán la muestra registrada y el caudal total o sus medias para 1 Hz con los cálculos estadísticos del anexo 4B, apéndice A.2, apartado A.2.9. 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, se utilizarán la muestra registrada y el caudal total o sus medias para 1 Hz a fin de demostrar que cada caudal es constante dentro de un margen del $\pm 2,5$ % de sus medias respectivas o caudal objetivo. 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 $\pm 2,5$ % 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 $\pm 2,5$ % 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 partículas, 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 partículas por lotes en el intervalo de ensayo.

8.2.1.2. Validación del sistema de dilución de flujo parcial

Para el control de un sistema de dilución de flujo parcial con el fin de extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir, se requiere un sistema de respuesta rápida, y esta se identificará por la prontitud del sistema de dilución de flujo parcial. El tiempo de transformación del sistema se determinará mediante el procedimiento descrito en el apartado 8.1.8.6 y en la figura 3.1. 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 inferior o igual a 0,3 s, se utilizará el control en línea. Si el tiempo de transformación es superior a 0,3 s, se utilizará un control previo basado en un periodo de ensayo grabado previamente. En ese caso, el tiempo de subida combinado será ≤ 1 s y el tiempo de retraso combinado será ≤ 10 s. El conjunto de la respuesta del sistema se diseñará de manera que se asegure una muestra representativa de las partículas, $q_{mp,i}$ (muestra de flujo de gas de escape en el sistema de dilución de flujo parcial), proporcional al caudal másico 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 de gas de escape en base húmeda) con una frecuencia mínima de adquisición de datos de 5 Hz, cumpliendo los criterios siguientes:

- El coeficiente de correlación, r^2 , de la regresión lineal entre $q_{mp,i}$ y $q_{mew,i}$ no será inferior a 0,95.
- El error típico de estimación de $q_{mp,i}$ sobre $q_{mew,i}$ no superará el 5 % del valor máximo de q_{mp} .
- La ordenada en el origen 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 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, pues, a la diferencia entre sus tiempos de transformación determinados de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 8.1.8.6.3.2.

8.2.2. Validación del intervalo del analizador de gases, validación y corrección de la desviación

8.2.2.1. Validación del intervalo

Si en algún momento del ensayo el analizador funciona por encima del 100 % de su intervalo, se procederá como sigue:

8.2.2.1.1. Muestreo por lotes

En el caso del muestreo por lotes, la muestra se volverá a analizar utilizando el intervalo más bajo del analizador que provoque una respuesta máxima del instrumento por debajo del 100 %. El resultado se considerará el intervalo más bajo en el cual el analizador funciona por debajo del 100 % de su intervalo en todo el ensayo.

8.2.2.1.2. Muestreo continuo

En el caso del muestreo continuo, se repetirá todo el ensayo en el intervalo inmediatamente superior del analizador. Si el analizador vuelve a funcionar por encima del 100 % de su intervalo, el ensayo volverá a repetirse con el rango inmediatamente superior. El ensayo se seguirá repitiendo hasta que el analizador funcione siempre a menos del 100 % de su intervalo durante todo el ensayo.

8.2.2.2. Validación y corrección de la desviación

Si la desviación se encuentra dentro de un margen 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 a los apéndices A.7.2 y A.8.2 del anexo 4B. 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, el ensayo se considerará nulo.

8.2.3. Acondicionamiento previo y pesaje de la tara de los medios de muestreo de partículas (p. ej., filtros)

Antes de un ensayo de emisiones, se procederá como se indica a continuación para preparar los medios de filtrado de la muestra de partículas y el equipo de medición de partículas:

8.2.3.1. Verificaciones periódicas

Se comprobará que los entornos de la balanza y de estabilización de partículas superen las verificaciones periódicas del apartado 8.1.12. El filtro de referencia se pesará justo antes de pesar los filtros de ensayo para establecer un punto de referencia adecuado (véanse los detalles del procedimiento en el apartado 8.1.12.1). La verificación de la estabilidad de los filtros de referencia se realizará tras el periodo de estabilización posterior al ensayo, inmediatamente antes del pesaje posterior al ensayo.

8.2.3.2. Inspección visual

Los medios de filtrado de muestras no utilizados se someterán a una inspección visual en busca de defectos. Se descartarán los filtros defectuosos.

8.2.3.3. Toma de tierra

Para manejar los filtros de partículas se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el apartado 9.3.4.

8.2.3.4. Medios de muestreo no utilizados

Los medios de muestreo no utilizados se colocarán en uno o más contenedores abiertos al entorno de estabilización de partículas. Los filtros utilizados se podrán colocar en la mitad inferior de una casete para filtros.

8.2.3.5. Estabilización

Los medios de muestreo se estabilizarán en el entorno de estabilización de partículas. Se considerará que un medio de muestreo no utilizado se ha estabilizado si ha permanecido un mínimo de 30 minutos en el entorno de estabilización de partículas mientras este cumplía las especificaciones del apartado 9.3.4.

8.2.3.6. Pesaje

El medio de muestreo se pesará de manera manual o automática, como sigue:

- En el caso del pesaje automático, a la hora de preparar las muestras para ser pesadas se seguirán las instrucciones del fabricante del sistema.
- En el caso del pesaje manual, se aplicarán las buenas prácticas técnicas.
- De manera opcional, se permite el pesaje de sustitución (véase el apartado 8.2.3.10).
- 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 apartado 8.1.12.2.

8.2.3.8. Repetición

Se podrán repetir las mediciones de la masa del filtro para determinar su masa media, aplicando las buenas prácticas técnicas y excluyendo los valores discrepantes del cálculo de la media.

8.2.3.9. Pesaje de la tara

Los filtros no utilizados cuya tara se haya determinado se cargarán en casetes para filtros limpios. Las casetes cargadas se colocarán en un contenedor que se cubrirá o precintará y se llevará a la célula de ensayo para realizar el muestreo.

8.2.3.10. Pesaje de sustitución

El pesaje de sustitución es una opción que, si se utiliza, requiere la medición de un peso de referencia antes y después de cada pesaje de un medio de muestreo de partículas (p. ej., filtros). Aunque el pesaje de sustitución precisa más mediciones, corrige la posible desviación de cero de la balanza y solo se basa en la linealidad de la balanza en un intervalo reducido. Esto resulta especialmente adecuado cuando se cuantifican masas totales de partículas inferiores al 0,1 % de la masa del medio de muestreo. Sin embargo, el pesaje de sustitución puede no ser apropiado cuando las masas totales de las partículas superan el 1 % de la masa del medio de muestreo. Si se opta por el pesaje de sustitución, 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 $2,0 \text{ g/cm}^3$, la masa del peso de sustitución se corregirá en función de la flotabilidad. Los pasos siguientes constituyen un ejemplo de pesaje de sustitución:

- a) Se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el apartado 9.3.4.6.
- b) Antes de colocar un objeto en el platillo de la balanza, se minimizará su carga eléctrica estática mediante un neutralizador de electricidad estática, como se describe en el apartado 9.3.4.6.
- c) Se seleccionará un peso de sustitución que cumpla las especificaciones de los pesos de calibración del apartado 9.5.2. El peso de sustitución también tendrá la misma densidad que el peso utilizado para ajustar la microbalanza y su masa será similar a la de un medio de muestreo no utilizado (p. ej., un filtro). Si se utilizan filtros, la masa del peso deberá ser de 80 a 100 mg para un filtro típico de 47 mm de diámetro.
- d) El valor estable de la balanza se registrará y a continuación se retirará el peso de calibración.
- e) 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 dadas en los apartados 8.2.3.7 a 8.2.3.9 de esta sección.

8.2.4. Acondicionamiento posterior de la muestra de partículas y pesaje total

8.2.4.1. Verificación periódica

Se comprobará que los entornos de pesaje y de estabilización de partículas superen las verificaciones periódicas del apartado 8.1.12.1. Una vez finalizados los ensayos, los filtros se devolverán al entorno de pesaje y de estabilización de las partículas. Este deberá cumplir los requisitos relativos a las condiciones ambientales del apartado 9.3.4.4. En caso contrario, los filtros de ensayo se dejarán cubiertos hasta que se satisfagan las condiciones.

8.2.4.2. Retirada de los contenedores precintados

En el entorno de estabilización de las partículas, las muestras de partículas se han de retirar de los contenedores precintados. Los filtros se podrán retirar de sus casetes antes o después de la estabilización. Al retirar un filtro de una casete, la mitad superior de esta se separará de la inferior con la ayuda de un separador de casetes diseñado a tal fin.

8.2.4.3. Toma de tierra

Para manejar las muestras de partículas se utilizarán unas pinzas conectadas a tierra o un puente de toma de tierra, como se describe en el apartado 9.3.4.5.

8.2.4.4. Inspección visual

Las muestras de partículas recogidas y los medios de filtrado asociados se inspeccionarán visualmente. Si se sospecha que las condiciones del filtro o de la muestra de partículas recogidas han sido objeto de alguna negligencia o que las partículas han podido estar en contacto con una superficie diferente de la del filtro, la muestra no se podrá utilizar para determinar emisiones de partículas. En caso de contacto con otra superficie, esta se limpiará antes de continuar.

8.2.4.5. Estabilización de las muestras de partículas

Para estabilizar las muestras de partículas, estas deberán estar colocadas en uno o más contenedores abiertos al entorno de estabilización de partículas descrito en el apartado 9.3.4.3. Se considerará que una muestra de partículas se ha estabilizado si ha permanecido en el entorno de estabilización de partículas durante uno de los tiempos siguientes mientras se cumplen las especificaciones del apartado 9.3.4.3.

- a) Si se espera que la concentración total de las partículas en la superficie de un filtro supere los $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, suponiendo una carga de $400 \mu\text{g}$ en una superficie de filtración de 38 mm de diámetro, el filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de 60 minutos antes del pesaje.
- b) Si se espera que la concentración total de las partículas en la superficie de un filtro sea inferior a $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, el filtro se expondrá al entorno de estabilización durante un mínimo de 30 minutos antes del pesaje.
- c) Si la concentración total de las partículas en la superficie de un filtro es desconocida, 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 apartado 8.2.3 (apartados 8.2.3.6 a 8.2.3.9).

8.2.4.7. Masa total

La masa de la tara de cada filtro corregida en función de la flotabilidad se restará de la 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 de los apéndices A.7 y A.8.

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. Ciclo transitorio

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 apartado 6.3.

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 partículas precisará dilución. Esta podrá efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o de flujo total. Cuando se realice la dilución, los gases de escape se podrán diluir con aire ambiente, aire sintético o nitrógeno. En las mediciones de emisiones gaseosas, el diluyente se encontrará como mínimo a 15 °C. En el muestreo de partículas, la temperatura del diluyente será la especificada en los apartados 9.2.2, en el caso del CVS, y 9.2.3, en el caso del PFD 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 la condensación acuosa.

Antes de mezclar un diluyente con gas de escape, se podrá precondicionar 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 los apéndices A.7 y A.8 los cálculos de compensación de las concentraciones de fondo.
- b) Para tener en cuenta las partículas de fondo existen las opciones siguientes:
 - i) Para retirar las partículas 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 apartado 3.1 los procedimientos relativos a las eficacias de los filtros HEPA).
 - ii) Para corregir las partículas de fondo sin filtros HEPA, estas no deberán aportar más del 50 % de las partículas netas recogidas en el filtro de muestreo.
 - iii) Se permite la corrección de fondo de las partículas netas con filtros HEPA sin restricciones.

9.2.2. Sistema de flujo total

Dilución de 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 sigue (véase la figura 9.1):

- a) Las superficies interiores del túnel utilizado serán de acero inoxidable. Todo el túnel de dilución estará conectado a tierra.
- 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 $\pm 1,2$ kPa de la presión atmosférica.
- c) Para facilitar la mezcla, el gas de escape sin diluir se introducirá en el túnel dirigiéndolo hacia abajo a lo largo de la línea central del túnel. Se podrá introducir radialmente una fracción del aire de dilución desde la superficie interior del túnel para minimizar la interacción del gas de escape con las paredes del túnel.
- d) Diluyente. Para el muestreo de partículas, la temperatura de los diluyentes (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno, como se indica en el apartado 9.2.1) se mantendrá entre 293 K (20 °C) y 325 K (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 los apéndices A.7 y A.8. 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 partículas, como sigue:

i) Se podrán utilizar estabilizadores de flujo, amortiguadores de pulsos o ambos.

ii) Se podrá utilizar un filtro.

iii) Se podrá utilizar un intercambiador de calor para controlar la temperatura antes de cualquier caudalímetro, si bien se habrán de adoptar medidas para evitar la condensación acuosa.

g) Condensación acuosa. Para asegurarse de que se mide un flujo que corresponde a una concentración medida, o bien 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 condensación 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 partículas, 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 9.2 y se menciona en el apartado 9.2.3.2.

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.

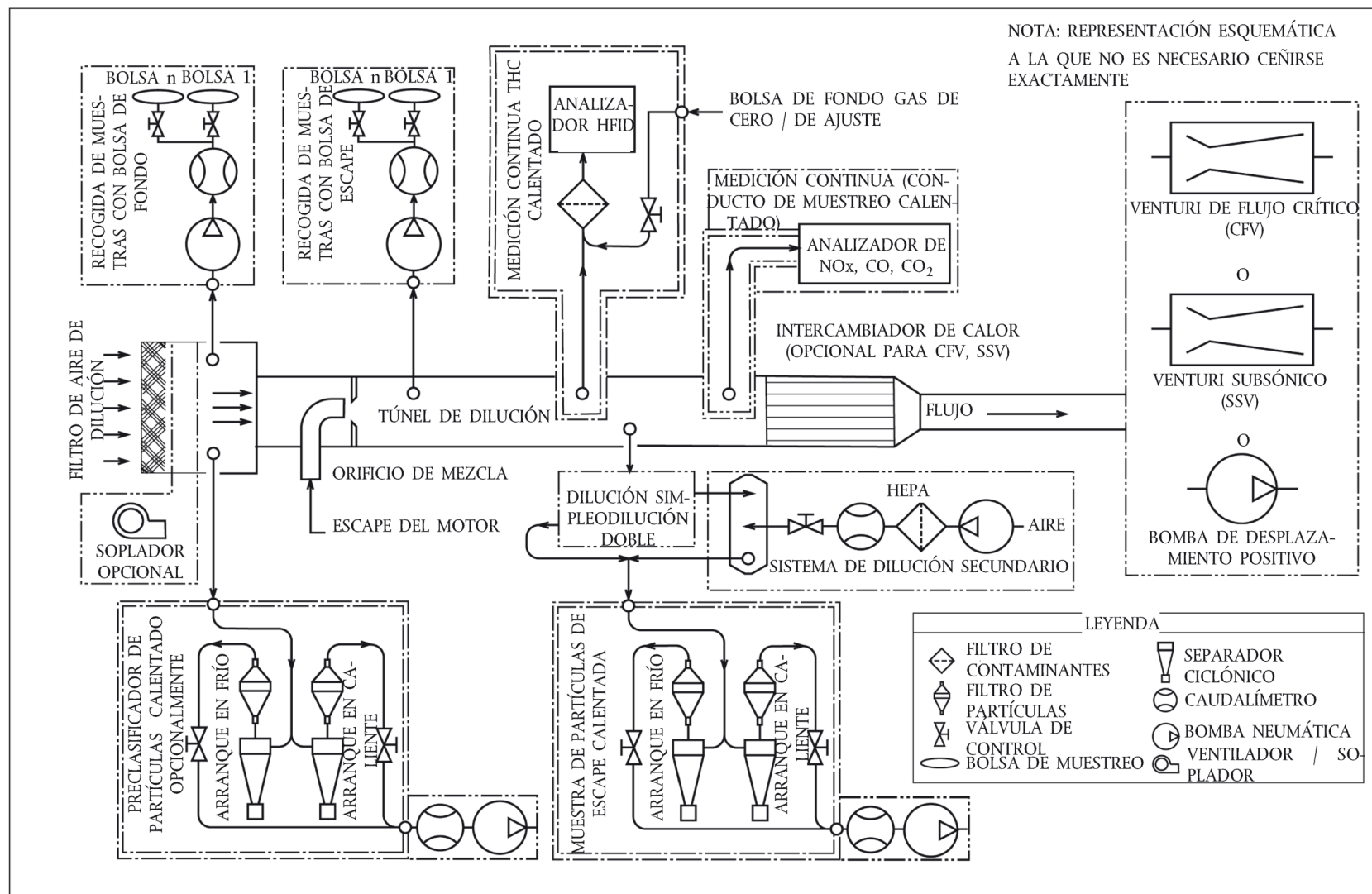
i) El tiempo global de presencia en el sistema estará entre 0,5 y 5 s, medidos desde el punto de introducción del diluyente en los portafiltros.

j) El tiempo global de presencia 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 las 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 9.1

Ejemplos de configuraciones de muestreo con dilución del flujo total



9.2.3. Sistema de dilución de flujo parcial (PFD)

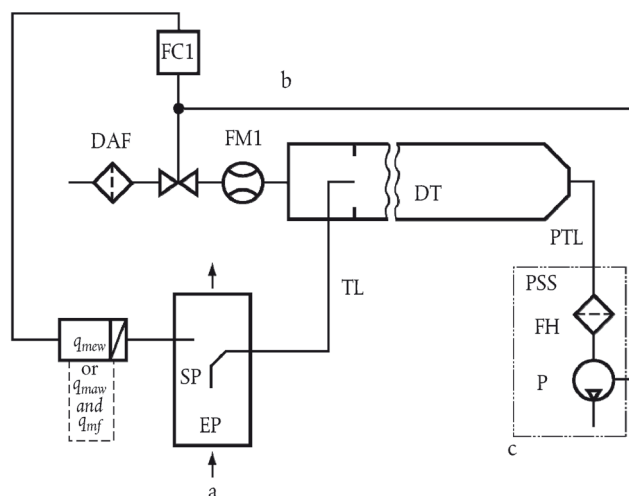
9.2.3.1. Descripción del sistema de flujo parcial

En la figura 9.2 se muestra el esquema de un sistema PFD. Se trata de un esquema sencillo que ilustra los principios de la extracción de muestras, la dilución y el muestreo de partículas. No 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 partículas. Estas otras configuraciones habrán de cumplir otros criterios, como los que se indican en los apartados 8.1.8.6 (calibración periódica) y 8.2.1.2 (validación) para un PFD de dilución variable y en el apartado 8.1.4.5, así como en el cuadro 8.2 (verificación de la linealidad) y el apartado 8.1.8.5.7 (verificación) para un PFD de dilución constante.

Como se muestra en la figura 9.2, 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 como señales de mando para la separación del gas de escape 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). 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 caudales. En el muestreo con relación de dilución constante del gas de escape sin diluir o diluido respecto del flujo de gas de escape (p. ej., dilución secundaria para muestreo de partículas), por lo general el caudal de aire de dilución es constante y está controlado por el regulador de flujo FC1 o la bomba de aire de dilución.

Figura 9.2

Esquema del sistema de dilución de flujo parcial (muestreo total)



a = gas de escape del motor o flujo primario diluido

b = opcional

c = muestreo de partículas

Componentes de la figura 9.2

DAF = filtro de aire de dilución – El aire de dilución (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de partículas de elevada eficacia (HEPA).

DT = túnel de dilución o sistema de dilución secundario

EP = tubo de escape o sistema de dilución primario

FC1 = regulador de flujo

FH = portafiltros

FM1 = dispositivo de medición de flujo que mide el caudal de aire de dilución

P = bomba de muestreo

PSS = sistema de muestreo de partículas

PTL = conducto de transferencia de partículas

SP = sonda de muestreo de gas de escape sin diluir o diluido

TL = conducto de transferencia

Caudales máscos aplicables solamente al muestreo proporcional PFD de gas de escape sin diluir:

q_{mew} = caudal máscico de gas de escape en base húmeda

q_{maw} = caudal máscico de aire de admisión en base húmeda

q_{mf} = caudal máscico de combustible

9.2.3.2. Dilución

La temperatura de los diluyentes (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno, como se indica en el apartado 9.2.1) se mantendrá entre 293K (20 °C) y 325 K (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 del caudal 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 apartado 9.3.3.4.3. Para ello, es esencial determinar la relación de dilución de forma que se respeten los criterios de precisión establecidos en el apartado 8.1.8.6.1.

Para garantizar que el flujo medido corresponde a la concentración medida, o bien 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 condensación 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 partículas y emisiones gaseosas durante cualquier ciclo de ensayo transitorio, ciclo de ensayo en estado continuo o ciclo modal de ensayo con aumentos.

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 9.2). Esta es la manera de llevar a cabo la dilución secundaria a partir de un túnel CVS para conseguir la relación general de dilución necesaria para el muestreo de partículas.

9.2.3.4. Calibración

La calibración del PFD para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir se trata en el apartado 8.1.8.6.

9.3. Procedimientos de muestreo

9.3.1 Características generales del muestreo

9.3.1.1. Diseño y construcción de la sonda

La sonda es el primer elemento del sistema de muestreo. La sonda se introduce en un caudal de gas de escape sin diluir o diluido para extraer una muestra, de manera que sus superficies interior y exterior estén en contacto con el gas de escape. La muestra pasa de la sonda al conducto de transferencia.

Las superficies interiores de las sondas de muestreo serán de acero inoxidable o, en el caso del muestreo de gases de escape sin diluir, de cualquier material no reactivo capaz de resistir las temperaturas de los gases de escape sin diluir. Las sondas de muestreo se colocarán en el lugar donde se mezclan los componentes para alcanzar su concentración de muestra media y donde la interferencia con otras sondas sea mínima. Se recomienda mantener todas las sondas libres de la influencia de capas límite, estelas y turbulencias, en particular cerca de la salida de un 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.

9.3.1.2. Conductos de transferencia

La longitud de los conductos de transferencia que transportan una muestra extraída desde una sonda a un analizador, un medio de almacenamiento o un sistema de dilución se minimizará situando los analizadores, medios de almacenamiento y sistemas de dilución lo más cerca posible de las sondas. Los tubos del conducto de transferencia tendrán el menor número de codos que sea 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, presentados en el apartado 7.2, son de aplicación las siguientes condiciones:

- a) Si la muestra se extrae de un caudal constante, el ritmo de extracción también será constante.
- b) Si la muestra se extrae de un caudal variable, el ritmo de extracción variará en proporción al caudal variable.
- c) El muestreo proporcional se validará como se indica en el apartado 8.2.1.

9.3.2. Muestreo de gases

9.3.2.1. Sondas de muestreo

Para el muestreo de emisiones gaseosas se utilizarán sondas de un solo orificio o de múltiples orificios. Las sondas se orientarán en cualquier dirección respecto del flujo de 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 NO_x 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 190 °C para minimizar la contaminación.

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 NO_x antes de un convertidor $\text{NO}_2\text{-NO}$ que cumpla la especificaciones del apartado 8.1.11.5 o de un enfriador que cumpla las especificaciones del apartado 8.1.11.4, se mantendrá una temperatura de muestra que impida la condensación acuosa.
- b) En el caso de los conductos de transferencia de THC, se mantendrá en todo el conducto una temperatura de pared de 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 prevista más elevada del gas de escape sin diluir alcance no menos de 191 °C medidos a la salida del conducto de transferencia. En el muestreo diluido se permitirá una zona de transición entre la sonda y el conducto de transferencia de hasta 0,92 m de longitud para la transición de la temperatura de pared a (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

El instrumento utilizado para eliminar la humedad deberá cumplir los requisitos mínimos de los siguientes apartados. En la ecuación (A.8-14), el contenido en humedad será el 0,8 % del volumen de H₂O.

En cuanto a la concentración de vapor de agua esperada H_m más alta, la técnica de eliminación del agua mantendrá la humedad del analizador CLD ≤ 5 g de agua/kg de aire seco (o aproximadamente en el 0,8 % del volumen de H₂O), lo que equivale a un 100 % de humedad relativa a 3,9 °C y 101,3 kPa. Esta especificación de humedad equivale también aproximadamente a un 25 % de la humedad relativa a 25 °C y 101,3 kPa. Esto podrá demostrarse midiendo la temperatura en la salida de un deshumidificador térmico o midiendo la humedad en un punto situado justo antes del analizador CLD.

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 apartado.

- a) Si se utiliza un secador de membrana osmótica antes de un analizador de gases o medio de almacenamiento, este deberá cumplir las especificaciones de temperatura del apartado 9.3.2.2. Después de un secador de membrana osmótica se controlará el punto de rocío, T_{dew} , y la presión absoluta, p_{total} . La cantidad de agua se calculará como se indica en los apéndices A.7 y A.8 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 NO₂-NO o en un sistema de muestreo sin convertidor NO₂-NO, el enfriador deberá superar la prueba de la pérdida de NO₂ prevista en el apartado 8.1.11.4. Después de un enfriador térmico se controlarán el punto de rocío, T_{dew} , y la presión absoluta, p_{total} . La cantidad de agua se calculará como se indica en los apéndices A.7 y A.8 utilizando los valores registrados continuamente de T_{dew} y p_{total} o los correspondientes valores pico observados durante un ensayo, o bien sus valores 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} basándose en la eficiencia del enfriador, que se conoce, 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 alarma de consigna se podrán utilizar como valor constante para determinar una cantidad constante de agua de acuerdo con los apéndices A.7 y A.8. Si se puede suponer que $T_{chiller}$ es igual a T_{dew} , se podrá utilizar $T_{chiller}$ en lugar de T_{dew} con arreglo a los apéndices A.7 y A.8. 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 apartado se demostrará mediante un análisis técnico o mediante datos.

9.3.2.3.2. Bombas de muestreo

Se utilizarán bombas de muestreo antes de los analizadores o de los medios de almacenamiento de cualquier gas. Las superficies interiores de esas bombas de muestreo deberán ser de acero inoxidable, PTFE o cualquier otro material que posea propiedades más adecuadas para el muestreo de emisiones. En algunas bombas de muestreo se controlarán las temperaturas, como sigue:

- a) Si se utiliza una bomba de muestreo de NO_x antes de un convertidor NO₂-NO que cumpla los requisitos del apartado 8.1.11.5 o de un enfriador que cumpla los requisitos del apartado 8.1.11.4, se tendrá que calentar para impedir la condensación acuosa.
- b) Si se utiliza una bomba de muestreo de THC antes de un analizador o medio de almacenamiento de THC, las superficies interiores se tendrán que calentar hasta una temperatura de (191 ± 11) °C.

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 9.1.

Cuadro 9.1

Materiales del contenedor para muestreo de gases por lotes

CO, CO ₂ , O ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H 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⁾
THC, NMHC	politetrafluoretileno ⁽⁴⁾ o acero inoxidable ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ A condición de que se impida la condensación acuosa en el contenedor.
⁽²⁾ Hasta 40 °C.
⁽³⁾ Hasta 202 °C.
⁽⁴⁾ A (191 ± 11) °C.

9.3.3. Muestreo de partículas

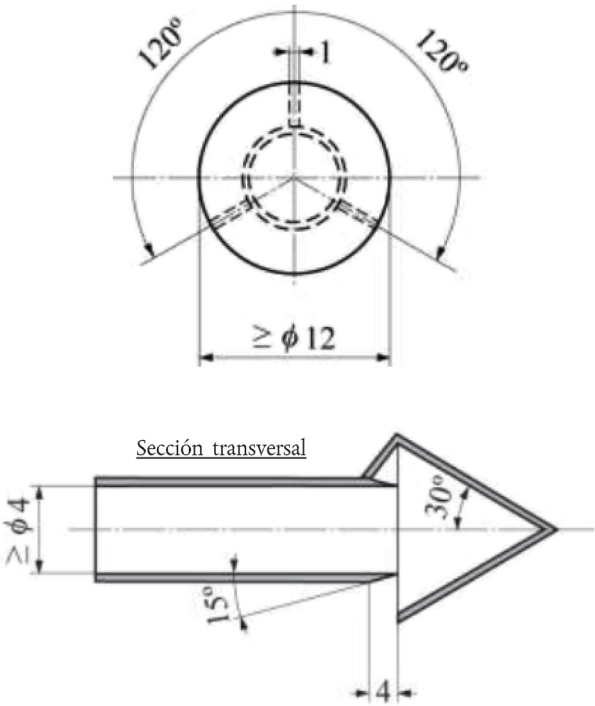
9.3.3.1. Sondas de muestreo

Se utilizarán sondas de partículas con un único orificio en el extremo. Las sondas de partículas se orientarán directamente al caudal de subida.

La sonda de partículas se protegerá con una campana que se ajuste a los requisitos de la figura 9.3. En tal caso, no se utilizará el preclasificador descrito en el apartado 9.3.3.3.

Figura 9.3

Esquema de una sonda de muestreo con preclasificador de campana.



9.3.3.2. Conductos de transferencia

Se recomienda utilizar conductos de transferencia aislados o calentados o un cerramiento calentado a fin de minimizar las diferencias de temperatura entre los conductos de transferencia y los componentes del gas de escape. Se utilizarán conductos de transferencia que sean inertes respecto de las partículas y conductores de la electricidad en las superficies interiores. Se recomienda utilizar conductos de transferencia de partículas de acero inoxidable. Se exigirá que cualquier otro material que se utilice presente las mismas características para el muestreo que el acero inoxidable. La superficie interior de los conductos de transferencia de partículas estará conectada a tierra.

9.3.3.3. Preclasificador

Se permite el uso de un preclasificador para retirar las partículas de gran diámetro instalado en el sistema de dilución, inmediatamente antes del portafiltro. Solo se permite un preclasificador. En caso de que se utilice una sonda de campana (véase la figura 9.3), se prohíbe el uso de un preclasificador.

El preclasificador de partículas podrá ser un impactador inercial o un separador ciclónico. Será de acero inoxidable. El preclasificador deberá retener al menos el 50 % de las partículas de diámetro aerodinámico de 10 μm y no más del 1 % de las partículas de diámetro aerodinámico de 1 μm del intervalo de caudales para el que se use. La salida del preclasificador se configurará para evitar cualquier filtro de muestreo de partículas, de manera que el flujo del preclasificador se estabilice antes del inicio de los ensayos. El filtro de muestreo de partículas se colocará en los 75 cm siguientes a la salida del preclasificador.

9.3.3.4. Filtro de muestras

El filtro utilizado para el muestreo del gas de escape diluido deberá cumplir los requisitos establecidos en los apartados 9.3.3.4.1 a 9.3.3.4.4 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 DOP (ftalato de dioctilo) de 0,3 μm 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 bien

b) Membrana de fluorocarburo (PTFE).

Si se espera que la masa neta de las partículas del filtro supere los 400 μg , se podrá utilizar un filtro con una eficiencia mínima de recogida inicial del 98 %.

9.3.3.4.2. Tamaño del filtro

El diámetro mínimo del filtro nominal será de 46,50 mm $\pm$ 0,6 mm.

9.3.3.4.3. Dilución y control de la temperatura de las muestras de partículas

Las muestras de partículas se diluirán como mínimo una vez antes de los conductos de transferencia en el caso de un sistema CVS y después en el caso de un sistema PFD (véase el apartado 9.3.3.2, relativo a los conductos de transferencia). Se controlará que la temperatura de la muestra se sitúe dentro de un margen de tolerancia de $(47 \pm 5) ^\circ\text{C}$, medida en cualquier punto situado a un máximo de 200 mm antes o 200 mm después de los medios de almacenamiento de partículas. En principio, la muestra de partículas se calentará o enfriará por efecto de las condiciones de dilución, como se explica en la letra a) del apartado 9.2.1.

9.3.3.4.4. Velocidad de entrada en el filtro

La velocidad de entrada en el filtro estará comprendida entre 0,90 y 1,00 m/s, sin que este intervalo sea superado por más del 5 % de los valores de flujo registrados. Si la masa total de las partículas supera los 400 μg , se podrá reducir la velocidad de entrada en el filtro. La velocidad de entrada se calculará dividiendo el caudal volumétrico de la muestra a la presión 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 partículas hasta el filtro de partículas es inferior a 2 kPa, se considerará que la presión previa es la presión de las chimeneas de escape o el túnel CVS.

9.3.3.4.5. Portafiltro

Para minimizar la deposición de partículas turbulenta y depositar las partículas de manera homogénea en un filtro, se utilizará un cono divergente de $12,5^\circ$ (a partir del centro) en la transición entre el diámetro interior de la línea de transferencia y el diámetro expuesto de la cara del filtro. Para esta transición se utilizará acero inoxidable.

9.3.4. Estabilización de las partículas y entornos de pesaje para el análisis gravimétrico

9.3.4.1. Entorno para el análisis gravimétrico

En esta sección se describen los dos entornos necesarios para estabilizar y pesar las partículas con vistas al análisis gravimétrico: el entorno de estabilización de las partículas, en el que se guardan los filtros antes del pesaje, y el entorno de pesaje, donde se coloca la balanza. Los dos entornos podrán ubicarse en un mismo espacio.

Tanto el entorno de estabilización como el de pesaje se mantendrán libres de contaminantes ambientales, como polvo, aerosoles o materiales semivolátiles que puedan contaminar las muestras de partículas.

9.3.4.2. Limpieza

La limpieza del entorno de estabilización de las partículas se verificará mediante filtros de referencia, como se describe en el apartado 8.1.12.1.4.

9.3.4.3. Temperatura de la cámara

La temperatura de la cámara (o de la sala) en la que se acondicionen y pesen los filtros de partículas deberá mantenerse a $22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ durante el acondicionamiento y pesaje de todos los filtros. La humedad deberá mantenerse a un punto de rocío de $9,5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ y a una humedad relativa de $45 \pm 8\%$. En caso de que los entornos de estabilización y pesaje estén separados, el entorno de estabilización se mantendrá dentro de un margen de tolerancia de la temperatura de $22\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

9.3.4.4. Verificación de las condiciones ambientales

Cuando se utilicen instrumentos de verificación que cumplan las especificaciones establecidas en el apartado 9.4, se verificarán las siguientes condiciones ambientales:

- 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 apartado 9.3.4.3 de la presente sección 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 sea siempre la misma, es decir, la presión atmosférica compartida con un margen de tolerancia de $\pm 100\text{ Pa}$. Cuando se pese cada muestra de partículas se facilitará un medio para registrar la presión atmosférica más reciente. Este valor se utilizará para calcular la corrección de flotabilidad de las partículas del apartado 8.1.12.2.

9.3.4.5. Instalación de la balanza

Al instalar la balanza, se adoptarán las medidas siguientes:

- a) Se instalará en una plataforma que la aisle del ruido exterior y de las vibraciones externas.
- b) Se protegerá de las corrientes de aire convectivas con una pantalla antiestática conectada a tierra.

9.3.4.6. Carga eléctrica estática

La carga eléctrica estática del entorno de la balanza se reducirá al mínimo, como sigue:

- a) La balanza estará conectada a tierra.
- b) Si las muestras de partículas son manipuladas manualmente, se utilizarán pinzas de acero inoxidable.
- c) Las pinzas estarán conectadas a tierra con una tira para conexión a masa, o el operador llevará una de tales tiras que comparta la puesta a masa común con la balanza.
- d) Se utilizará un neutralizador de electricidad estática que comparta la puesta a masa con la balanza para eliminar la carga estática de las muestras de partículas.

9.4. Instrumentos de medición

9.4.1. Introducción

9.4.1.1. Ámbito de aplicación

En este apartado 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 (brutas 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 8.2 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 apartado 5.1.3. Si para una medición determinada se especifica más de un instrumento, uno de ellos será identificado por el organismo de homologación, 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 apartado para calcular los resultados de un solo ensayo, con la aprobación previa del organismo de homologación. Se registrarán los resultados de todas las mediciones y se conservarán los datos brutos, como se indica en el apartado 5.3 del presente anexo. 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 9.2 (no aplicable a los ensayos de modo discreto).

Cuadro 9.2

Frecuencias mínimas de registro y control de los datos

Sección del protocolo de ensayo aplicable	Valores medidos	Mando mínimo y frecuencia de control	Frecuencia mínima de registro
7.6	Régimen y par durante la cartografía escalonada del motor	1 Hz	1 valor medio por fase
7.6	Regímenes y pares durante la cartografía por barrido del motor	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.8.3	Regímenes y pares de referencia y de retorno del ciclo de ensayo de transición	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. A.	1 Hz
7.3	Analizadores continuos de concentraciones de gases diluidos	N. A.	1 Hz
7.3	Concentraciones por lote de los analizadores de gas de escape sin diluir o diluidos	N. A.	1 valor medio por intervalo de ensayo
7.6 8.2.1	Caudal de gas de escape diluido de un CVS con un intercambiador de calor antes de la medición del flujo	N. A.	1 Hz
7.6 8.2.1.	Caudal de gas de escape diluido de un CVS sin intercambiador de calor antes de la medición del flujo	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.6 8.2.1	Aire de admisión o caudal de gas de escape (para medición transitoria)	N. A.	Medias para 1 Hz
7.6 8.2.1	Aire de dilución si se controla activamente	5 Hz	Medias para 1 Hz
7.6 8.2.1	Flujo de muestreo de un CVS con intercambiador de calor	1 Hz	1 Hz
7.6 8.2.1	Flujo de muestreo de un CVS sin intercambiador de calor	5 Hz	Medias para 1 Hz

9.4.3. Especificaciones de funcionamiento de los instrumentos de medición

9.4.3.1. Descripción general

El conjunto del sistema de ensayo deberá cumplir todos los criterios aplicables de calibración, verificación y validación de ensayos previstos en el cuadro 8.1, incluidos los requisitos de la verificación de la linealidad recogidos en los apartados 8.1.4 y 8.2. Los instrumentos deberán cumplir las especificaciones del cuadro 9.2 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 9.2.

9.4.3.2. Requisitos de los componentes

En el cuadro 9.3 se recogen las especificaciones de los transductores de par, régimen y presión, 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 apartado 8.1.4. En cuanto a las mediciones de emisiones gaseosas, se podrán utilizar analizadores cuyos algoritmos de compensación sean funciones de otros componentes gaseosos medidos y de las propiedades del combustible utilizado para el ensayo específico del motor. Todo algoritmo de compensación deberá compensar sin afectar a ninguna ganancia (es decir, sin distorsión).

Cuadro 9.3

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	Precisión ^(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. A.)	1 Hz (N. A.)	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	2,5 s	2 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Analizador continuo de gas de escape diluido	x	5 s	1 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Analizador de gas continuo	x	5 s	1 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Analizador de gas por lotes	x	N. A.	N. A.	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición
Balanza de partículas gravimétrica	m _{PM}	N. A.	N. A.	Véase 9.4.11.	0,5 µg
Balanza de partículas inercial	m _{PM}	5 s	1 Hz	2,0 % de pt. o 2,0 % de la medición	1,0 % de pt. o 1,0 % de la medición

^(a) La precisión y la repetibilidad se determinan con los mismos datos recogidos, como se indica en 9.4.3, y se basan en valores absolutos. Se entiende por «pt.» el valor medio global esperado en el límite de las emisiones; «máx.» se refiere al valor de pico esperado en el límite de las emisiones a lo largo del ciclo de ensayo, no al máximo del intervalo del instrumento; «de la medición» se refiere a la media real medida durante el ciclo de ensayo.

9.4.4. Medición de los parámetros del motor y las condiciones ambientales

9.4.4.1. Sensores de régimen y par

9.4.4.1.1. Aplicación

Los instrumentos de medición de las entradas y salidas de trabajo durante el funcionamiento del motor deberán cumplir las especificaciones recogidas en este apartado. Se recomienda utilizar sensores, transductores y medidores que cumplan las especificaciones del cuadro 9.3. Los sistemas generales de medición de entradas y salidas de trabajo deberán superar las verificaciones de la linealidad del apartado 8.1.4.

9.4.4.1.2. Trabajo del eje

El trabajo y la potencia se calcularán a partir de los transductores de régimen y par con arreglo al apartado 9.4.4.1. Los sistemas generales de medición de régimen y par deberán superar la calibración y las verificaciones de los apartados 8.1.7 y 8.1.4.

El par inducido por la inercia de los componentes de aceleración y deceleración conectados al volante, como el eje motor y el rotor del dinamómetro, se compensarán según convenga, aplicando las buenas prácticas técnicas.

9.4.4.2. Transductores de presión, sensores de temperatura y sensores del punto de rocío

Los sistemas generales de medición de la presión, la temperatura y el punto de rocío deberán superar la calibración del apartado 8.1.7.

Los transductores de presión se situarán en un entorno de temperatura controlada o compensarán los cambios de temperatura a lo largo de su intervalo de funcionamiento esperado. Los materiales del transductor serán compatibles con el fluido que se esté midiendo.

9.4.5. Mediciones relacionadas con el flujo

En cualquier tipo de caudalímetro (de combustible, aire de admisión, gas de escape sin diluir, gas de escape diluido, muestras) se acondicionará el flujo según convenga para evitar estelas, turbulencias, flujos circulares o pulsaciones de flujo que puedan afectar a la precisión o la repetibilidad del instrumento. En algunos medidores, esto se conseguirá utilizando un conducto recto de longitud suficiente (por ejemplo, una longitud igual a 10 diámetros de la tubería, como mínimo) o bien codos, aletas de enderezamiento o placas perforadas (o amortiguadores neumáticos de pulsaciones, en el caso del caudalímetro de combustible), 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 apartado 8.1.8.1. En toda medición del flujo se tendrá en cuenta el combustible que rodee el motor o que vuelva del motor al depósito de combustible.

9.4.5.2. Caudalímetro de aire de admisión

El sistema general de medición del flujo de aire de admisión deberá someterse a la calibración del apartado 8.1.8.2.

9.4.5.3. Caudalímetro de gas de escape sin diluir

9.4.5.3.1. Requisitos de los componentes

El sistema general de medición del flujo de gas de escape deberá cumplir los requisitos de linealidad del apartado 8.1.4. Todo caudalímetro de gas de escape sin diluir estará diseñado para compensar adecuadamente los cambios de los estados termodinámicos, el fluido y la 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 9.3. 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 apartado 8.2.1.2.

9.4.5.3.3. Refrigeración del gas de escape

Se permite la refrigeración del gas de escape antes del caudalímetro con las restricciones siguientes:

- La muestra de partículas no se extraerá después de la refrigeración.
- Si la refrigeración provoca que las temperaturas del gas de escape superiores a 202 °C disminuyan por debajo de los 180 °C, la muestra de NMHC no se extraerá después de la refrigeración.
- Si la refrigeración provoca condensación acuosa, la muestra de NO_x no se extraerá después de la refrigeración salvo que el refrigerante supere la verificación del apartado 8.1.11.4.
- Si la refrigeración provoca condensación acuosa antes de que el flujo llegue a un caudalímetro, 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 a los apéndices A.7 y A.8.

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 escape diluido y un medidor de aire de dilución.

9.4.5.4.2. Requisitos de los componentes

El sistema general de medición del caudal de gas de escape diluido deberá superar la calibración y las verificaciones previstas en los apartados 8.1.8.4 y 8.1.8.5. Se podrán utilizar los medidores siguientes:

- 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 la temperatura del gas de escape diluido constante en un sistema CVS.
- 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 del gas de escape

Se podrá refrigerar el gas de escape diluido antes del caudalímetro, a condición de que se respeten las disposiciones siguientes:

- La muestra de partículas no se extraerá después de la refrigeración.
- Si la refrigeración provoca que las temperaturas del gas de escape superiores a 202 °C disminuyan por debajo de los 180 °C, la muestra de NMHC no se extraerá después de la refrigeración.
- Si la refrigeración provoca condensación acuosa, la muestra de NO_x no se extraerá después de la refrigeración salvo que el refrigerante supere la verificación del apartado 8.1.11.4.
- 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 a los apéndices A.7 y A.8.

9.4.5.5. Caudalímetro de muestras para muestreo por lotes

Se utilizará un caudalímetro de muestras para determinar el caudal de muestreo o el flujo total del que se tomen muestras en un sistema de muestreo por lotes a lo largo de un intervalo de ensayo. La diferencia entre dos caudalímetros se puede utilizar para calcular el flujo de muestreo en un túnel de dilución, por ejemplo para la medición de las partículas en la dilución de flujo parcial y la medición de las partículas en el flujo de dilución secundario. Las especificaciones relativas a la medición del flujo diferencial para extraer una muestra proporcional de gas de escape sin diluir se dan en el apartado 8.1.8.6.1, y las relativas a la calibración de la medición del flujo diferencial se dan en el apartado 8.1.8.6.2.

El sistema general del caudalímetro de muestras deberá someterse a la calibración del apartado 8.1.8.

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 apartado 9.5.1 y a las concentraciones previstas durante los ensayos. Se podrán usar separadores de gases de flujo crítico, de tubo capilar o de medidor de masa térmica. Para garantizar la correcta separación de los gases, se aplicarán según convenga las correcciones de la viscosidad (si no lo hace el software interno del separador

de gases). El sistema de separación de gases deberá superar la verificación de la linealidad prevista en el apartado 8.1.4.5. Otra posibilidad es verificar el mezclador con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo, utilizando gas NO con un 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 CO₂

Tanto en el muestreo por lotes como en el continuo, para medir las concentraciones de CO y CO₂ 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 someterse a la calibración y las verificaciones previstas en el apartado 8.1.9.1.

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. Las concentraciones de hidrocarburos se determinarán sobre una base de carbono 1 (C₁). Los valores de los hidrocarburos metánicos y no metánicos se determinarán como se indica en el apartado 9.4.7.1.4. Los analizadores FID calentados mantendrán todas las superficies expuestas a emisiones a una temperatura de 191 ± 11 °C.

9.4.7.1.2. Requisitos de los componentes

El sistema basado en FID para medir THC o CH₄ deberá superar todas las verificaciones relativas a la medición de hidrocarburos previstas en el apartado 8.1.10.

9.4.7.1.3. Combustible FID y aire del quemador

El combustible FID y el aire del quemador deberán cumplir las especificaciones del apartado 9.5.1. El combustible FID y el aire del quemador no se deberán mezclar antes de entrar en el analizador FID, a fin de garantizar que este funciona con una llama de difusión, y no con una llama premezclada.

9.4.7.1.4. Metano

Los analizadores FID miden los hidrocarburos totales (THC). Para determinar los hidrocarburos no metánicos (NMHC), se cuantificará el metano, CH₄, ya sea con un separador no metánico y un analizador FID, como se indica en el apartado 9.4.7.2., ya con un cromatógrafo de gases, como se indica en el apartado 9.4.7.3. En caso de que los NMHC se determinen mediante un analizador FID, el factor de respuesta de este al CH₄, RF_{CH_4} , se determinará como se indica en el apartado 8.1.10.1. Los cálculos relacionados con los NMHC se describen en los apéndices A.7 y A.8.

9.4.7.1.5. Hipótesis relativa al metano

En lugar de medir el metano, se permite suponer que el 2 % de los hidrocarburos totales medidos corresponden a metano, como se indica en los apéndices A.7 y A.8.

9.4.7.2. Separador de hidrocarburos no metánicos

9.4.7.2.1. Aplicación

Se podrá utilizar un separador no metánico para medir el CH₄ con un analizador FID. El separador no metánico oxida todos los hidrocarburos no metánicos en CO₂ y H₂O. Se podrá utilizar un separador no metánico para los gases de escape sin diluir y para los diluidos, tanto en el muestreo por lotes como en el continuo.

9.4.7.2.2. Funcionamiento del sistema

El funcionamiento se determinará como se indica en el apartado 8.1.10.3, y los resultados obtenidos se utilizarán para calcular la emisión de NMHC en A.7 y A.8.

9.4.7.2.3. Configuración

El separador no metánico se configurará con una canalización de derivación para llevar a cabo la verificación descrita en el apartado 8.1.10.3.

9.4.7.2.4. Optimización

El separador no metánico se puede optimizar para maximizar la penetración del CH_4 y la oxidación del resto de los hidrocarburos. Para optimizar el funcionamiento se podrá humidificar una muestra y se podrá diluir una muestra con aire u oxígeno (O_2) antes del separador no metánico. Toda humidificación y dilución de una muestra se deberá tener en cuenta en los cálculos de emisiones.

9.4.7.3. Cromatógrafo de gases

Aplicación. En el muestreo por lotes se podrá utilizar un cromatógrafo de gases para medir las concentraciones de CH_4 de los gases de escape diluidos. Aunque para medir el CH_4 también se puede utilizar un separador no metánico, como se indica en el apartado 9.4.7.2, para comparar con cualquier procedimiento de medición alternativo propuesto en el apartado 5.1.3 se utilizará un procedimiento de referencia basado en un cromatógrafo de gases.

9.4.8. Mediciones de NO_x

Para la medición de NO_x se han especificado dos instrumentos. Ambos se pueden utilizar, a condición de que cumplan los criterios especificados en el apartado 9.4.8.1 o en el apartado 9.4.8.2. Se utilizará el detector quimioluminiscente como procedimiento de referencia para la comparación con cualquier procedimiento alternativo de medición previsto con arreglo al apartado 5.1.3 del presente anexo.

9.4.8.1. Detector quimioluminiscente

9.4.8.1.1. Aplicación

Con un detector quimioluminiscente (CLD) acoplado combinado con un convertidor NO_2 -NO se puede medir la concentración de NO_x en el gas de escape sin diluir o diluido, tanto en el muestreo por lotes como en el continuo.

9.4.8.1.2. Requisitos de los componentes

El sistema basado en el CLD deberá superar la verificación de la amortiguación prevista en el apartado 8.1.11.1. Se podrá utilizar un CLD calentado o no calentado, y un CLD que funcione con presión atmosférica o en vacío.

9.4.8.1.3. Convertidor NO_2 -NO

Antes del CLD se colocará un convertidor NO_2 -NO interno o externo que haya superado la verificación del apartado 8.1.11.5 y que esté configurado con una derivación para facilitar esta verificación.

9.4.8.1.4. Efectos de la humedad

Todas las temperaturas del CLD se mantendrán, para evitar la condensación acuosa. Para retirar la humedad de una muestra antes de un CLD, se utilizará una de las configuraciones siguientes:

- a) Un CLD conectado después de un secador o enfriador a su vez situado después de un convertidor NO_2 -NO que supere la verificación del apartado 8.1.11.5.
- b) Un CLD conectado después de un secador o enfriador térmico que supere la verificación del apartado 8.1.11.4.

9.4.8.1.5. Tiempo de respuesta

Para mejorar el tiempo de respuesta del CLD se podrá utilizar un CLD calentado.

9.4.8.2. Analizador de ultravioletas no dispersivo

9.4.8.2.1. Aplicación

Tanto en el muestreo por lotes como en el continuo, para medir la concentración de NO_x en los gases de escape sin diluir o diluidos se utilizará un analizador de ultravioletas no dispersivo (NDUV).

9.4.8.2.2. Requisitos de los componentes

El sistema basado en el NDUV deberá superar las verificaciones previstas en el apartado 8.1.11.3.

9.4.8.2.3. Convertidor NO_2 -NO

En caso de que el analizador NDUV solo mida NO, antes del analizador NDUV se colocará un convertidor externo NO_2 -NO que haya superado la verificación prevista en el apartado 8.1.11.5. 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 NO₂-NO que supere la verificación del apartado 8.1.11.5.
- b) Un NDUV conectado después de un secador o un enfriador térmico que supere la verificación del apartado 8.1.11.4.

9.4.9. Mediciones de O₂

Se utilizará un analizador de detección paramagnética (PMD) o magnetoneumática (MPD) para medir la concentración de O₂ 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 (ZrO₂) para medir la relación aire/combustible en el gas de escape sin diluir. Las mediciones de O₂ con mediciones de aire de admisión o flujo de combustible se podrán utilizar para calcular el caudal de gas de escape con arreglo a los apéndices A.7 y A.8.

9.4.11. Mediciones de partículas con balanza gravimétrica

Se utilizará una balanza para pesar las partículas netas recogidas en el medio de filtro de muestreo.

El requisito mínimo de resolución de la balanza será una repetibilidad inferior o igual a los 0,5 microgramos recomendados en el cuadro 9.3. 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 apartado 9.5.2.

La balanza se configurará de manera que el tiempo de reposo y la estabilidad sean óptimos en su ubicación.

9.5. Gases analíticos y normas relativas a la masa

9.5.1. Gases analíticos

Los gases analíticos deberán cumplir las especificaciones sobre precisión y pureza de la presente sección.

9.5.1.1. Especificaciones de los gases

Se aplicarán a los gases las prescripciones siguientes:

- a) Se utilizarán gases purificados para poner a cero los instrumentos de medida y para la mezcla con los gases de calibración. Se utilizarán gases cuya contaminación no supere los valores siguientes en el cilindro de gas o en la salida del generador de gas de cero:
 - i) Contaminación del 2 %, medida respecto de la concentración media prevista por la norma. 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) Contaminación especificada en el cuadro 9.4, aplicable a las mediciones de gas de escape sin diluir o diluido.
 - iii) Contaminación especificada en el cuadro 9.5, aplicable a las mediciones de gas de escape sin diluir.

Cuadro 9.4

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 a C ₁)	≤ 0,05 µmol/mol	≤ 0,05 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
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 se ajusten a patrones basados en normas reconocidas nacional o internacionalmente.

Cuadro 9.5

Límites de la contaminación aplicables a las mediciones de gas de escape sin diluir [$\mu\text{mol/mol}$ = ppm (3.2)]

Componente	Aire sintético purificado ^(a)	N ₂ purificado ^(a)
THC (equivalentes a C ₁)	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$
CO	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$
CO ₂	$\leq 400 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 400 \mu\text{mol/mol}$
O ₂	de 0,18 a 0,21 mol/mol	—
NO _x	$\leq 0,1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,1 \mu\text{mol/mol}$

^(a) No es necesario que estos niveles de pureza se ajusten a patrones basados en normas reconocidas nacional o internacionalmente.

- b) Los gases utilizados con el analizador FID cumplirán las prescripciones siguientes:
- i) Se utilizará combustible FID con una concentración de H₂ de (0,39 a 0,41) mol/mol, y el resto de He. La mezcla no contendrá más de 0,05 $\mu\text{mol/mol}$ de THC.
 - ii) El aire del quemador FID cumplirá las especificaciones relativas al aire purificado recogidas en la letra a) del presente apartado.
 - iii) En cuanto al gas de cero del FID, los detectores de ionización de llama se pondrán a cero con aire purificado que cumpla las especificaciones de la letra a) del presente apartado, excepto que la concentración de O₂ del gas purificado podrá adoptar cualquier valor.
 - iv) En cuanto al gas patrón propano del FID, el FID de THC se ajustará y calibrará con concentraciones de ajuste de propano, C₃H₈. La calibración se efectuará sobre una base de carbono 1 (C₁).
 - v) En cuanto al gas patrón metano del FID, si un FID de CH₄ se ajusta y calibra siempre con un separador no metánico, el FID se ajustará y calibrará con concentraciones de ajuste de metano, CH₄. La calibración se efectuará sobre una base de carbono 1 (C₁).
- 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 $\pm 1,0$ %:
- i) CH₄, dilución con aire sintético purificado y/o N₂ (según convenga).
 - ii) C₂H₆, dilución con aire sintético purificado y/o N₂ (según convenga).
 - iii) C₃H₈, dilución con aire sintético purificado y/o N₂ (según convenga).
 - iv) CO, dilución con N₂ purificado.
 - v) CO₂, dilución con N₂ purificado.
 - vi) NO, dilución con N₂ purificado.
 - vii) NO₂, dilución con aire sintético purificado.
 - viii) O₂, dilución con N₂ purificado.
 - ix) C₃H₈, CO, CO₂, NO, dilución con N₂ purificado.
 - x) C₃H₈, CH₄, CO, CO₂, NO, dilución con N₂ purificado.
- d) Se podrán usar gases de especies diferentes de las enumeradas en la letra c) de este apartado (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 dentro de un margen del $\pm 3,0$ % y cumplan los requisitos de estabilidad del apartado 9.5.1.2.

- e) Se podrán generar gases de calibración propios mediante un dispositivo de mezclas de precisión, como un separador de gases, para diluir los gases con N₂ purificado o aire sintético purificado. Si los separadores de gases cumplen las especificaciones del apartado 9.4.5.6 y los gases que se mezclen cumplen los requisitos de las letras a) y c) del presente apartado, se considerará que las mezclas resultantes cumplen los requisitos del presente apartado 9.5.1.1.

9.5.1.2. Concentración y fecha de caducidad

Se registrará la concentración de todo gas de calibración normalizado y de la fecha de caducidad especificada por el proveedor del gas.

- a) 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 apartado.
- b) Los gases de calibración se podrán volver a etiquetar y a utilizar tras su fecha de caducidad con la aprobación previa del organismo de homologación.

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.

Se respetará la vida útil de todos los gases de calibración. Se registrará la fecha de caducidad de los gases de calibración indicada por el fabricante.

9.5.2. Normas relativas a la masa

Se utilizarán pesos de calibración de la balanza de partículas 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 partículas no utilizado. El informe de calibración recogerá también la densidad de los pesos.

Apéndice A.1

(Reservado)

Apéndice A.2

Estadísticas

A.2.1. Media aritmética

La media aritmética, $\bar{y}$, se calculará de la manera siguiente:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (\text{A.2-1})$$

A.2.2. Desviación estándar

La desviación estándar de una muestra no sesgada (p. ej., $N-1$), σ_y , se calculará de la manera siguiente:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{(N-1)}} \quad (\text{A.2-2})$$

A.2.3. Valor cuadrático medio

El valor cuadrático medio, ms_y , se calculará de la manera siguiente:

$$ms_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2} \quad (\text{A.2-3})$$

A.2.4. Test t

Para determinar si los datos superan un test t , se utilizarán las ecuaciones y los cuadros siguientes:

- a) En el caso de un test t para muestras no apareadas, el valor de t y el número de grados de libertad, v , se calcularán como sigue:

$$t = \frac{|\bar{y}_{ref} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \quad (\text{A.2-4})$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{ref}^2/N_{ref})^2}{N_{ref}-1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N-1}} \quad (\text{A.2-5})$$

- b) En el caso de un test t para muestras apareadas, el valor de t y el número de grados de libertad, v , se calcularán como sigue, teniendo en cuenta que ε_i son los errores (p. ej., las diferencias) entre cada par de y_{refi} e y_i :

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_{\varepsilon}} \quad v = N - 1 \quad (\text{A.2-6})$$

- c) Se utilizará el cuadro A.2.1 del presente apartado 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 el test t .

Cuadro A.2.1

Valores críticos de t y número de grados de libertad, n

n	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

n	Confianza	
	90 %	95 %
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.2.5. Test F

El valor de F se calculará de la manera siguiente:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \quad (\text{A.2-7})$$

- En el caso de un test F con un intervalo de confianza del 90 %, se utilizará el cuadro 2 del presente apartado para comparar F con los valores de $F_{\text{crit}90}$ tabulados en función de $(N-1)$ y $(N_{\text{ref}}-1)$. Si F es inferior a $F_{\text{crit}90}$, F supera el test F con un intervalo de confianza del 90 %.
- En el caso de un test F con un intervalo de confianza del 95 %, se utilizará el cuadro 3 del presente apartado para comparar F con los valores de $F_{\text{crit}95}$ tabulados en función de $(N-1)$ y $(N_{\text{ref}}-1)$. Si F es inferior a $F_{\text{crit}95}$, F supera el test F con un intervalo de confianza del 95 %.

Cuadro A.2.2

Valores críticos de F , $F_{\text{crit}90}$, en función de $N-1$ y $N_{\text{ref}}-1$ con un intervalo de confianza del 90 %

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
$N_{\text{ref}}-1$																			
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

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
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
20	2,949	2,561	2,351	2,219	2,128	2,061	2,008	1,967	1,933	1,904	1,859	1,811	1,759	1,731	1,702	1,671	1,639	1,604	1,567
23	2,937	2,549	2,339	2,207	2,115	2,047	1,995	1,953	1,919	1,890	1,845	1,796	1,744	1,716	1,686	1,655	1,622	1,587	1,549
24	2,927	2,538	2,327	2,195	2,103	2,035	1,983	1,941	1,906	1,877	1,832	1,783	1,730	1,702	1,672	1,641	1,607	1,571	1,533
25	2,918	2,528	2,317	2,184	2,092	2,024	1,971	1,929	1,895	1,866	1,820	1,771	1,718	1,689	1,659	1,627	1,593	1,557	1,518
26	2,909	2,519	2,307	2,174	2,082	2,014	1,961	1,919	1,884	1,855	1,809	1,760	1,706	1,677	1,647	1,615	1,581	1,544	1,504
27	2,901	2,511	2,299	2,165	2,073	2,005	1,952	1,909	1,874	1,845	1,799	1,749	1,695	1,666	1,636	1,603	1,569	1,531	1,491
28	2,894	2,503	2,291	2,157	2,064	1,996	1,943	1,900	1,865	1,836	1,790	1,740	1,685	1,656	1,625	1,593	1,558	1,520	1,478
29	2,887	2,495	2,283	2,149	2,057	1,988	1,935	1,892	1,857	1,827	1,781	1,731	1,676	1,647	1,616	1,583	1,547	1,509	1,467
30	2,881	2,489	2,276	2,142	2,049	1,980	1,927	1,884	1,849	1,819	1,773	1,722	1,667	1,638	1,606	1,573	1,538	1,499	1,456
40	2,835	2,440	2,226	2,091	1,997	1,927	1,873	1,829	1,793	1,763	1,715	1,662	1,605	1,574	1,541	1,506	1,467	1,425	1,377
60	2,791	2,393	2,177	2,041	1,946	1,875	1,819	1,775	1,738	1,707	1,657	1,603	1,543	1,511	1,476	1,437	1,395	1,348	1,291
120	2,748	2,347	2,130	1,992	1,896	1,824	1,767	1,722	1,684	1,652	1,601	1,545	1,482	1,447	1,409	1,368	1,320	1,265	1,193
1 000+	2,706	2,303	2,084	1,945	1,847	1,774	1,717	1,670	1,632	1,599	1,546	1,487	1,421	1,383	1,342	1,295	1,240	1,169	1,000

Cuadro A.2.3

Valores críticos de F , $F_{\text{crit}95}$, en función de $N-1$ y $N_{\text{ref}}-1$ con un intervalo de confianza del 95 %

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
$N_{\text{ref}}-1$																			
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

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1 000+
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
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
1 000+	3,842	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,000

A.2.6. Pendiente

La pendiente de regresión de los mínimos cuadrados, a_{1y} , se calculará de la manera siguiente:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) \cdot (y_{\text{ref}i} - \bar{y}_{\text{ref}})}{\sum_{i=1}^N (y_{\text{ref}i} - \bar{y}_{\text{ref}})^2} \quad (\text{A.2-8})$$

A.2.7. Ordenada en el origen

La ordenada en el origen de la regresión lineal de los mínimos cuadrados, a_{0y} , se calculará de la manera siguiente:

$$a_{0y} = \bar{y} - (a_{1y} \cdot \bar{y}_{\text{ref}}) \quad (\text{A.2-9})$$

A.2.8. Estimación estándar del error

La estimación estándar del error, SEE , se calculará de la manera siguiente:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{\text{ref}i})]^2}{N - 2}} \quad (\text{A.2-10})$$

A.2.9. Coeficiente de determinación

El coeficiente de determinación, r^2 , se calculará de la manera siguiente:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{\text{ref}i})]^2}{\sum_{i=1}^N [y_i - \bar{y}]^2} \quad (\text{A.2-11})$$

Apéndice A.3

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:

$$a_g = 9,7803267715 [1 + 5,2790414 \times 10^{-3} \sin^2 \vartheta + 2,32718 \times 10^{-5} \sin^4 \vartheta + 1,262 \times 10^{-7} \sin^6 \vartheta + 7 \times 10^{-10} \sin^8 \vartheta] \quad (\text{A.3-1})$$

donde:

ϑ = grados de latitud norte o sur

Apéndice A.4

Verificación del flujo de carbono

A.4.1. 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 CO₂. Por ello, el control de la verificación del sistema se basa en las mediciones de CO₂.

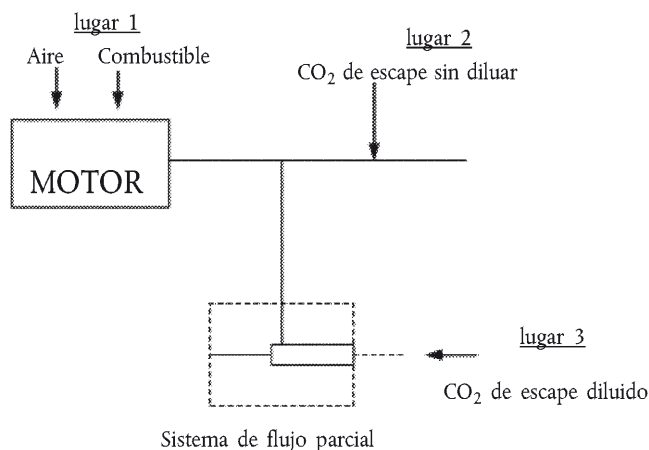
El flujo de carbono que entra en los sistemas de medición del gas de escape se determina a partir del caudal de combustible. El flujo de carbono en distintos puntos de muestreo de los sistemas de muestreo de emisiones y de partículas se determina a partir de las concentraciones de CO₂ y de los caudales de gas en dichos puntos.

En este sentido, el motor genera un flujo de carbono conocido, y la constatación de que el flujo de carbono es idéntico en el tubo de escape y en la salida del sistema de muestreo de partículas de flujo parcial permite confirmar la ausencia de fugas y la precisión de la medición del flujo. 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 flujo.

La figura A.4.1 muestra los puntos de muestreo en los que deberán comprobarse los flujos de carbono. En los apartados siguientes aparecen las ecuaciones específicas para los flujos de carbono en cada uno de los puntos de muestreo.

Figura A.4.1

Puntos de medición para verificar el flujo de carbono



A.4.2. 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_aO_e, viene dado por:

$$q_{mCf} = \frac{12.011}{12.011 + a + 15.9994 \cdot e} \cdot q_{mf} \quad (\text{A.4-1})$$

donde:

q_{mf} = caudal másico de combustible [kg/s]

A.4.3. 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 CO₂ sin diluir y del caudal másico del gas de escape:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO_2,f} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12.011}{M_e} \quad (\text{A.4-2})$$

donde:

$c_{\text{CO}_2,r}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape sin diluir [%]

$c_{\text{CO}_2,a}$ = 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 el apartado A.7.3.2 o en el apartado A.8.2.2.

A.4.4. 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.4-2, con la única diferencia de que está completada por el factor de dilución q_{mdew}/q_{mp} .

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{\text{CO}_2,d} - c_{\text{CO}_2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12.011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \quad (\text{A.4-3})$$

donde:

$c_{\text{CO}_2,d}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución [%]

$c_{\text{CO}_2,a}$ = concentración en base húmeda de CO_2 en el aire ambiente [%]

q_{mdew} = flujo 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} = flujo de muestreo del gas de escape 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 el apartado A.7.3.2 o en el apartado A.8.2.2.

A.4.5. 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 apartado 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.5

(Reservado)

Apéndice A.6

(Reservado)

Apéndice A.7

Cálculos de emisiones con base molar

A.7.0. Conversión de los símbolos

A.7.0.1. Símbolos generales

Apéndice A.7 ⁽¹⁾	Apéndice A.8	Unidad	Cantidad
A		m^2	Área
A_t		m^2	Sección del cuello del venturi
a_0	b, D_0	p.d. ⁽⁷⁾	Ordenada en el origen de la línea de regresión, intersección de una función de calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)
a_1	m	p.d. ⁽⁷⁾	Pendiente de la línea de regresión
β	r_D	m/m	Relación entre los diámetros
C		—	Coefficiente
C_d	C_d	—	Coefficiente de descarga
C_f		—	Coefficiente de flujo
d	d	m	Diámetro
DR	r_d	—	Índice de dilución ⁽²⁾
e	e	g/kWh	Base específica del freno
e_{gas}	e_{gas}	g/kWh	Emisiones específicas de los componentes gaseosos
e_{PM}	e_{PM}	g/kWh	Emisiones específicas de las partículas
f		Hz	Frecuencia
f_n	n	$\text{min}^{-1}, \text{s}^{-1}$	Frecuencia de rotación (eje)
γ		—	Relación entre calores específicos
K			Factor de corrección
K_s	X_0	s/rev	Factor de corrección del deslizamiento de la PDP
k_{Dr}	k_{Dr}	—	Factor de ajuste a la baja
	k_h		Factor de corrección de humedad para NO_x
k_r	k_r	—	Factor de regeneración multiplicativa
k_{Ur}	k_{Ur}	—	Factor de ajuste al alza
μ	μ	$\text{kg/(m}\cdot\text{s)}$	Viscosidad dinámica
M	M	g/mol	Masa molar ⁽³⁾
$M_{\text{gas}}^{(4)}$	M_{gas}	g/mol	Masa molar de los componentes gaseosos
m	m	kg	Masa

Apéndice A.7 (1)	Apéndice A.8	Unidad	Cantidad
$\dot{m}$	q_m	kg/s	Índice másico
ν		m ² /s	Viscosidad cinemática
N			Total en la serie
n		mol	Cantidad de sustancia
$\dot{n}$		mol/s	Índice de cantidad de sustancia
P	P	kW	Potencia
p	p	kPa	Presión
p_{abs}	p_p	kPa	Presión absoluta
$p_{\text{H}_2\text{O}}$	p_r	kPa	Presión de vapor de agua
PF	$1 - E$	%	Fracción de penetración (E = eficiencia de la conversión)
$\dot{V}$	q_v	m ³ /s	Caudal volumétrico
ρ	ρ	kg/m ³	Densidad másica
r		—	Relación de presiones
R_a		μm	Rugosidad media de la superficie
$Re^\#$	Re	—	Número de Reynolds
$RH\%$	RH	%	Humedad relativa
σ	σ	—	Desviación estándar
S		K	Constante de Sutherland
T	T_a	K	Temperatura absoluta
T	T	°C	Temperatura
T		N·m	Par motor
t	t	s	Tiempo
Δt	Δt	s	Intervalo de tiempo
V	V	m ³	Volumen
$\dot{V}$	q_v	m ³ /s	Caudal volumétrico
W	W	kWh	Trabajo
W_{act}	W_{act}	kWh	Trabajo del ciclo efectivo del ciclo de ensayo
WF	WF	—	Factor de ponderación
w	w	g/g	Fracción de la masa

Apéndice A.7 ⁽¹⁾	Apéndice A.8	Unidad	Cantidad
X ⁽⁵⁾	c	mol/mol, % vol	Fracción molar de la cantidad de sustancia ⁽⁶⁾ /concentración, también en $\mu\text{mol/mol}$ = ppm
$\bar{x}$		mol/mol	Concentración media ponderada por el flujo
y		—	Variable genérica
$\bar{y}$		—	Media aritmética
Z		—	Factor de compresibilidad

⁽¹⁾ Véanse los subíndices; p. ej.: $\dot{m}_{\text{air}}$ para el caudal másico del aire seco o $\dot{m}_{\text{fuel}}$ para el caudal másico del combustible.

⁽²⁾ Relación de dilución r_d en el apéndice A.8 y DR en el apéndice A.7: diferentes símbolos pero el mismo significado y las mismas ecuaciones. Factor de dilución D en el apéndice A.8 y $x_{\text{dil/exh}}$ en el apéndice A.7: diferentes símbolos pero el mismo significado físico; la ecuación (A.7-47) muestra la relación existente entre $x_{\text{dil/exh}}$ y DR .

⁽³⁾ p.d.= por definir.

⁽⁴⁾ Véanse en el apartado A.7.1.1 de la presente sección los valores aplicables para las masas molares. En los casos del NO_x y los HC, los Reglamentos especifican las masas molares efectivas basándose en la especiación hipotética, no en la real.

⁽⁵⁾ Véanse los símbolos específicos en la tabla de balance químico.

⁽⁶⁾ Las fracciones molares correspondientes a THC y NMHC se expresan en una base equivalente a C1.

⁽⁷⁾ p.d.= por definir.

A.7.0.2. Subíndices

Apéndice A.7	Apéndice A.8 ⁽¹⁾	Cantidad
abs		Cantidad absoluta
act	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
	i	Medición instantánea (p. ej., 1 Hz)
i		Un individuo de una serie

Apéndice A.7	Apéndice A.8 ⁽¹⁾	Cantidad
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 del la PDP
smpl		Muestreo
span		Cantidad de gas patrón
SSV		Venturi subsónico
std		Cantidad estándar
test		Cantidad de ensayo
total		Cantidad total
uncor		Cantidad no corregida
vac		Cantidad de vacío
weight		Peso de calibración
wet		Cantidad en base húmeda
zero		Cantidad de cero

(¹) En el apéndice A.8, 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», aire de dilución, como en « p_d = presión de 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 ». Esta es la razón de que la columna del apéndice A.8 esté casi vacía.

A.7.0.3. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos (utilizados también como subíndices)

Apéndice A.7	Apéndice A.8	Cantidad
Ar	Ar	Argón
C1	C1	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
CH ₄	CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	C ₂ H ₆	Etano
C ₃ H ₈	C ₃ H ₈	Propano
CO	CO	Monóxido de carbono
CO ₂	CO ₂	Dióxido de carbono
DOP	DOP	Diociltalato
H		Hidrógeno atómico
H ₂		Hidrógeno molecular
HC	HC	Hidrocarburo
H ₂ O	H ₂ O	Agua
He		Helio
N		Nitrógeno atómico
N ₂		Nitrógeno molecular
NMHC	NMHC	Hidrocarburo no metánico
NO _x	NO _x	Óxidos de nitrógeno
NO	NO	Óxido nítrico
NO ₂	NO ₂	Dióxido de nitrógeno
O		Oxígeno atómico
PM	PM	Partículas
S		Azufre

A.7.0.4. Símbolos y abreviaturas de la composición del combustible

Apéndice A.7 ⁽¹⁾	Apéndice A.8 ⁽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]

Apéndice A.7 ⁽¹⁾	Apéndice A.8 ⁽²⁾	Cantidad
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)
β	ε	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 al combustible de ecuación química $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$

⁽²⁾ Relativo al combustible de ecuación química $CH_aO_\varepsilon N_\delta S_\gamma$

⁽³⁾ La fracción másica w acompañada del símbolo del componente químico como subíndice.

⁽⁴⁾ Préstese atención a la diferencia de significado del símbolo β en los dos apéndices sobre el cálculo de emisiones: en el apéndice A.8 se refiere a un combustible con ecuación química $CH_a S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (es decir, la ecuación $C_\beta H_a S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$, donde $\beta = 1$, suponiendo un átomo de carbono por molécula), mientras que en el apéndice A.7 se refiere a la relación oxígeno-carbono con $CH_a O_\beta S_\gamma N_\delta$. Por lo tanto, la β del apéndice A.7 corresponde al ε del apéndice A.8.

A.7.0.5. Símbolos del balance químico utilizados en el apéndice A.7.

$x_{dil/exh}$	= cantidad de gas de dilución o exceso de aire por mol de gas de escape
x_{H_2Oexh}	= 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
$x_{H_2Oexhdry}$	= 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 (sin diluir o diluido) seco
$x_{raw/exhdry}$	= cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape (sin diluir o diluido) seco
$x_{O_2intdry}$	= cantidad de O_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco
$x_{CO_2intdry}$	= cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco
$x_{H_2Ointdry}$	= cantidad de H_2O en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco
x_{CO_2int}	= cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión
x_{CO_2dil}	= cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución
$x_{CO_2dildry}$	= cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco
$x_{H_2Odildry}$	= cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco
x_{H_2Odil}	= 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
$x_{H_2O[emission]meas}$	= cantidad de agua en la muestra en el lugar de detección de la emisión
x_{H_2Oint}	= cantidad de agua en el aire de admisión, basada en una medición de la humedad del aire de admisión

A.7.1. Parámetros básicos y relaciones

A.7.1.1. Aire seco y productos químicos

En el presente anexo se utilizan los valores siguientes para la composición del aire seco:

$$x_{\text{O2airdry}} = 0,209445 \text{ mol/mol}$$

$$x_{\text{CO2airdry}} = 0,000375 \text{ mol/mol}$$

En el presente anexo se utilizan las masas molares o masas efectivas siguientes de productos químicos:

$$M_{\text{air}} = 28,96559 \text{ g/mol (aire seco)}$$

$$M_{\text{Ar}} = 39,948 \text{ g/mol (argón)}$$

$$M_{\text{C}} = 12,0107 \text{ g/mol (carbono)}$$

$$M_{\text{CO}} = 28,0101 \text{ g/mol (monóxido de carbono)}$$

$$M_{\text{CO2}} = 44,0095 \text{ g/mol (dióxido de carbono)}$$

$$M_{\text{H}} = 1,00794 \text{ g/mol (hidrógeno atómico)}$$

$$M_{\text{H2}} = 2,01588 \text{ g/mol (hidrógeno molecular)}$$

$$M_{\text{H2O}} = 18,01528 \text{ g/mol (agua)}$$

$$M_{\text{He}} = 4,002602 \text{ g/mol (helio)}$$

$$M_{\text{N}} = 14,0067 \text{ g/mol (nitrógeno atómico)}$$

$$M_{\text{N2}} = 28,0134 \text{ g/mol (nitrógeno molecular)}$$

$$M_{\text{NMHC}} = 13,875389 \text{ g/mol [hidrocarburos no metánicos ^(a)]}$$

$$M_{\text{NOx}} = 46,0055 \text{ g/mol [óxidos de nitrógeno ^(b)] La masa molar efectiva de NO_x se define por la masa molar del dióxido de nitrógeno, NO₂.$$

$$M_{\text{O}} = 15,9994 \text{ g/mol (oxígeno atómico)}$$

$$M_{\text{O2}} = 31,9988 \text{ g/mol (oxígeno molecular)}$$

$$M_{\text{C3H8}} = 44,09562 \text{ g/mol (propano)}$$

$$M_{\text{S}} = 32,065 \text{ g/mol (azufre)}$$

$$M_{\text{THC}} = 13,875389 \text{ g/mol [hidrocarburos totales ^(a)]}$$

^(a) Las masas molares efectivas de THC y NMHC se definen por una relación atómica hidrógeno-carbono, α , de 1,85.

^(b) The effective molar mass of NO_x is defined by the molar mass of nitrogen dioxide, NO₂.

En el presente anexo se utiliza la siguiente constante R para los gases ideales:

$$R = 8,314472 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

En el presente anexo se utilizan las siguientes relaciones de los calores específicos γ [J/(kg · K)]/[J/(kg · K)] para el aire de dilución y el gas de escape diluido:

$$\gamma_{\text{air}} = 1,399 \text{ (relación de los calores específicos del aire de admisión o el aire de dilución)}$$

$$\gamma_{\text{dil}} = 1,399 \text{ (relación de los calores específicos del gas de escape diluido)}$$

$$\gamma_{\text{dil}} = 1,385 \text{ (relación de los calores específicos del gas de escape sin diluir)}$$

A.7.1.2. Aire húmedo

En la presente sección se indica cómo determinar la cantidad de agua en un gas ideal:

A.7.1.2.1. Presión de vapor del agua

La presión de vapor del agua $p_{\text{H}_2\text{O}}$ [kPa] para una situación de temperatura de saturación dada, T_{sat} [K], se calculará de la manera siguiente:

- a) Para las mediciones de la humedad realizadas a temperaturas ambientales comprendidas entre 0 y 100 °C o para las mediciones de la humedad realizadas por encima del agua sobreenfriada a temperaturas ambientales de -50 a 0 °C:

$$\begin{aligned} \log_{10}(p_{\text{H}_2\text{O}}) = & 10,79574 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{\text{sat}}}\right) - 5,02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{\text{sat}}}{273,16}\right) + \\ & 1,50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8,2969 \cdot \left(\frac{T_{\text{sat}}}{273,16} - 1\right)}\right) + 0,42873 \cdot 10^{-3} \cdot \\ & \left(10^{4,76955 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{\text{sat}}}\right) - 1}\right) - 0,2138602 \end{aligned} \quad (\text{A.7-1})$$

donde:

$p_{\text{H}_2\text{O}}$ = presión de vapor del agua en condiciones de temperatura de saturación [kPa]

T_{sat} = temperatura de saturación del agua en las condiciones medidas [K]

- b) Para las mediciones de la humedad realizadas por encima de hielo a temperaturas ambientales de (-100 a 0) °C:

$$\begin{aligned} \log_{10}(p_{\text{sat}}) = & -9,096853 \cdot \left(\frac{273,16}{T_{\text{sat}}} - 1\right) - 3,566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273,16}{T_{\text{sat}}}\right) + 0,876812 \cdot \\ & \left(1 - \frac{T_{\text{sat}}}{273,16}\right) - 0,2138602 \end{aligned} \quad (\text{A.7-2})$$

donde:

T_{sat} = temperatura de saturación del agua en las condiciones medidas [K]

A.7.1.2.2. Punto de rocío

Si la humedad se mide como un punto de rocío, la cantidad de agua en un gas ideal $x_{\text{H}_2\text{O}}$ [mol/mol] se medirá como sigue:

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{abs}}} \quad (\text{A.7-3})$$

donde:

$x_{\text{H}_2\text{O}}$ = cantidad de agua en un gas ideal [mol/mol]

$p_{\text{H}_2\text{O}}$ = presión de vapor del agua en el punto de rocío medido, $T_{\text{sat}} = T_{\text{dew}}$ [kPa]

p_{abs} = presión absoluta estática húmeda en el lugar de la medición del punto de rocío [kPa]

A.7.1.2.3. Humedad relativa

Si la humedad se mide como una humedad relativa RH%, la cantidad de agua en un gas ideal $x_{\text{H}_2\text{O}}$ [mol/mol] se calculará de la manera siguiente:

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{RH}\%}{100} \cdot \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{abs}}} \quad (\text{A.7-4})$$

donde:

RH% = humedad relativa [%]

$p_{\text{H}_2\text{O}}$ = presión de vapor del agua al 100 % de humedad relativa en el lugar de medición de la humedad relativa, $T_{\text{sat}} = T_{\text{amb}}$ [kPa]

p_{abs} = presión absoluta estática húmeda en el lugar de la medición de la humedad relativa [kPa]

A.7.1.3. Propiedades del combustible

La ecuación química general del combustible es $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta\text{S}_\gamma\text{N}_\delta$, 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 $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta$. Los valores por defecto de la composición del combustible se podrán utilizar como sigue:

Cuadro A.7.1

Valores por defecto de la relación atómica hidrógeno-carbono, α , de la relación atómica oxígeno-carbono, β , y de la fracción másica del combustible, w_C para los combustibles diésel

Combustible	Relaciones hidrógeno atómico carbono y oxígeno atómico carbono $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta$	Concentración másica de carbono, w_C [g/g]
Diésel	$\text{CH}_{1,85}\text{O}_0$	0,866

A.7.1.4. HC totales y concentración de HC no metánicos

A.7.1.4.1. Determinación de los THC y correcciones de la contaminación inicial THC/CH_4

- a) Si se han de determinar las emisiones de THC, $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]}$ se calculará a partir de la concentración de la contaminación THC inicial $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}}$ del apartado 7.3.1.2, como sigue:

$$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} = x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{uncorr}} - x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}} \quad (\text{A.7-5})$$

donde:

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ = concentración de THC corregida en función de la contaminación [mol/mol]

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{uncorr}}$ = concentración de THC no corregida [mol/mol]

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}}$ = concentración de la contaminación THC inicial [mol/mol]

- b) Para determinar los NMHC según se indica en el apartado A.7.1.4.2., se corregirá $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]}$ en función de la contaminación HC inicial mediante la ecuación (A.7-5). La contaminación inicial del tren de muestras de CH_4 se podrá corregir mediante la ecuación (A.7-5), sustituyendo en CH_4 las concentraciones por los THC.

A.7.1.4.2. Determinación de los NMHC

Para determinar la concentración de NMHC, x_{NMHC} , se seguirá uno de los métodos siguientes:

- a) Si no se ha medido el CH_4 , las concentraciones de NMHC se podrán determinar como sigue:

La corrección de fondo de la masa de NMHC se comparará con la corrección de fondo de la masa de THC. Si la corrección de fondo de la masa de NMHC es superior a 0,98 veces la corrección de fondo de la masa de THC, la corrección de fondo de la masa de NMHC se tomará como 0,98 veces la corrección de fondo de la masa de THC. Si se omiten los cálculos de NMHC, la corrección de fondo de la masa de NMHC se tomará como 0,98 veces la corrección de fondo de la masa de THC.

- b) En el caso de los separadores no metánicos, x_{NMHC} se calculará con las fracciones de penetración del separador no metánico (PF) de CH_4 y C_2H_6 del apartado 8.1.10.3 y utilizando la contaminación HC y la concentración de THC corregida de seco a húmedo $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ como se determina en la letra a) del apartado A.7.1.4.1:

- i) Para las fracciones de penetración determinadas mediante una configuración de NMC como la indicada en el apartado 8.1.10.3.4.1 se utilizará la ecuación siguiente:

$$x_{\text{NMHC}} = \frac{x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} - x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}}{1 - RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_6[\text{THC-FID}]}} \quad (\text{A.7-6})$$

donde:

x_{NMHC} = concentración de NMHC

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC y de seco a húmedo, medida con el FID de THC durante el muestreo evitando el NMC

$x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC (opcional) y de seco a húmedo, medida por el FID NMC durante el muestreo a través del NMC

$RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$ = factor de respuesta del FID de THC al CH_4 , con arreglo al apartado 8.1.10.1.4

$RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$ = combinación del factor de respuesta al etano y la fracción de penetración del separador no metánico, con arreglo al apartado 8.1.10.3.4.1

- ii) Para las fracciones de penetración determinadas mediante la configuración de NMC indicada en el apartado 8.1.10.3.4.2 se utilizará la ecuación siguiente:

$$x_{\text{NMHC}} = \frac{x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} \cdot PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}}{PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - PF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}} \quad (\text{A.7-7})$$

donde:

x_{NMHC} = concentración de NMHC

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC y de seco a húmedo, medida por el FID de THC durante el muestreo evitando el NMC

$PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$ = fracción de penetración del CH_4 del separador no metánico, con arreglo al apartado 8.1.10.3.4.2

$x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC (opcional) y de seco a húmedo, medida por el FID NMC durante el muestreo a través del NMC

$PF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$ = fracción de penetración del etano del separador no metánico, con arreglo al apartado 8.1.10.3.4.2

- iii) Para las fracciones de penetración determinadas mediante la configuración de NMC indicada en el apartado 8.1.10.3.4.3, se utilizará la ecuación siguiente:

$$x_{\text{NMHC}} = \frac{x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} \cdot PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}}{PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}} \quad (\text{A.7-8})$$

donde:

x_{NMHC} = concentración de NMHC

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC y de seco a húmedo, medida por el FID THC durante el muestreo evitando el NMC

$PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$ = fracción de penetración del separador no metánico en el CH_4 , con arreglo al apartado 8.1.10.3.4.3

$x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC (opcional) y de seco a húmedo, medida por el FID NMC durante el muestreo a través del NMC

$RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$ = combinación del factor de respuesta al etano y la fracción de penetración del separador no metánico, con arreglo al apartado 8.1.10.3.4.3

$RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$ = factor de respuesta del FID de THC al CH_4 , con arreglo al apartado 8.1.10.1.4

- c) En el caso de un cromatógrafo de gases, x_{NMHC} se calculará utilizando el factor de respuesta del analizador de THC (RF) para CH_4 , del apartado 8.1.10.1.4, y la concentración de THC inicial corregida según la contaminación por HC y de seco a húmedo $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ determinada en la letra a) anterior, como sigue:

$$x_{\text{NMHC}} = x_{\text{THC[THC-FID]cor}} - RF_{\text{CH4[THC-FID]}} \cdot x_{\text{CH4}} \quad (\text{A.7-9})$$

donde:

x_{NMHC} = concentración de NMHC

$x_{\text{THC[THC-FID]cor}}$ = concentración de THC, corregida según la contaminación por HC y de seco a húmedo, medida por el FID de THC

x_{CH4} = concentración de CH₄, corregida según la contaminación por HC (opcional) y de seco a húmedo, medida por el cromatógrafo de gases FID

$RF_{\text{CH4[THC-FID]}}$ = factor de respuesta del FID de THC al CH₄

A.7.1.4.3. Aproximación a los NMHC a partir de los THC

Las emisiones de NMHC (hidrocarburos no metánicos) se pueden aproximar como el 98 % de los THC (hidrocarburos totales).

A.7.1.5. Concentración media ponderada según el flujo

En algunos apartados del presente anexo puede ser necesario calcular una concentración media ponderada según el flujo para determinar la aplicabilidad de ciertas disposiciones. La media ponderada según el flujo 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 flujo es la suma de los productos de las concentraciones registradas por el caudal molar de los gases de escape correspondientes, dividida por la suma de los valores de caudal registrados. Otro ejemplo: la concentración en la bolsa de un sistema CVS es igual a la concentración media ponderada en función del flujo, pues el propio sistema CVS pondera la concentración en la bolsa en función del flujo. Ya cabría esperar una concentración media ponderada según el flujo determinada de una emisión basándose en ensayos previos con motores similares o ensayos con equipos e instrumentos similares.

A.7.2. Balances químicos del combustible, el aire de admisión y el gas de escape

A.7.2.1. Aspectos generales

Los balances químicos del combustible, el aire de admisión y el gas de escape se podrán utilizar para calcular los flujos, 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 flujos de los otros dos. Por ejemplo, se pueden utilizar los balances químicos junto con el aire de admisión o con el flujo de combustible para determinar el flujo de gas de escape sin diluir.

A.7.2.2. Procedimientos que requieren balances químicos

Son necesarios balances químicos para determinar los siguientes valores:

- La cantidad de agua en un flujo de gas de escape sin diluir o diluido, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, cuando no se haya medido la cantidad de agua para corregir la cantidad de agua retirada por el sistema de muestreo.
- La fracción media ponderada en función del flujo del aire de dilución en el gas de escape diluido, $x_{\text{dil/exh}}$, cuando no se haya medido el flujo 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.7.2.3. 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, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, la fracción de aire de dilución en el gas de escape diluido (o exceso de aire en el gas de escape bruto), $x_{\text{dil/exh}}$, y la cantidad de productos sobre una base de C1 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 $\pm 0,0025$ 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, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, se determinarán las concentraciones completamente secas, x_{dry} y $x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$. 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 7.1.

Para completar un balance químico se procederá como sigue:

- a) Las concentraciones medidas, como $x_{\text{CO}_2\text{meas}}$, x_{NOmeas} y $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$, se convertirán en concentraciones secas dividiéndolas por uno menos la cantidad de agua presente durante sus respectivas mediciones; por ejemplo, $x_{\text{H}_2\text{O}x\text{CO}_2\text{meas}}$, $x_{\text{H}_2\text{O}x\text{NOmeas}}$ y $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$. Si la cantidad de agua presente durante una medición «húmeda» es la misma que la cantidad de agua desconocida en el flujo de gas de escape, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, deberá ser calculada de manera iterativa para ese valor en el sistema de ecuaciones. Si solo se miden los NO_x totales, y no se miden NO y NO_2 por separado, se aplicarán las buenas prácticas técnicas para distinguir en la concentración de NO_x totales entre NO y NO_2 para los balances químicos. Se podrá suponer que la concentración molar de NO_x , x_{NO_x} , 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_{NO_x} es el 25 % de NO y el 75 % de NO_2 . Para calcular la masa de emisiones de NO_x se utilizará la masa molar de NO_2 para la masa molar efectiva de todas las especies de NO_x , independientemente de la fracción real de NO_2 en NO_x .
- b) Las ecuaciones (A.7-10 a A.7-26) de la letra d) del presente apartado A.7.2.3 se han de introducir en un programa informático para calcular de manera iterativa $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, x_{Ccombdry} y $x_{\text{dil/exh}}$. Se aplicarán las buenas prácticas técnicas para estimar los valores iniciales de $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, x_{Ccombdry} y $x_{\text{dil/exh}}$. 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 ($0,75 < x_{\text{dil}} < 0,95$), 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 c) de este apartado, donde la unidad x es mol/mol, se utilizan los siguientes símbolos y subíndices:

Símbolo	Descripción
$x_{\text{dil/exh}}$	Cantidad de gas de dilución o exceso de aire de dilución por mol de gas de escape
$x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$	Cantidad de H_2O 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
$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$	Cantidad de agua en el gas de escape por mol seco de gas de escape seco
$x_{\text{prod/intdry}}$	Cantidad de productos estequiométricos secos por mol seco de aire de admisión
$x_{\text{dil/exhdry}}$	Cantidad de gas de dilución y/o exceso de aire por mol de gas de escape seco
$x_{\text{int/exhdry}}$	Cantidad de aire de admisión necesaria para obtener productos de combustión propiamente dichos por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido)
$x_{\text{raw/exhdry}}$	Cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido)
$x_{\text{O}_2\text{intdry}}$	Cantidad de O_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco. Se puede suponer $x_{\text{O}_2\text{intdry}} = 0,209445$ mol/mol
$x_{\text{CO}_2\text{intdry}}$	Cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco. Se puede suponer $x_{\text{CO}_2\text{intdry}} = 375$ mmol/mol, pero se recomienda medir la concentración real en el aire de admisión
$x_{\text{H}_2\text{Ointdry}}$	Cantidad de H_2O en el aire de admisión por mol de aire de admisión seco
$x_{\text{CO}_2\text{int}}$	Cantidad de CO_2 en el aire de admisión por mol de aire de admisión

Símbolo	Descripción
$x_{\text{CO}_2\text{dil}}$	Cantidad de CO_2 en el gas de dilución por mol de gas de dilución
$x_{\text{CO}_2\text{dildry}}$	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 $x_{\text{CO}_2\text{dildry}} = 375 \text{ mmol/mol}$, pero se recomienda medir la concentración real en el aire de admisión
$x_{\text{H}_2\text{O}\text{dildry}}$	Cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución seco
$x_{\text{H}_2\text{O}\text{dil}}$	Cantidad de H_2O en el gas de dilución por mol de gas de dilución
$x_{[\text{emisión}]\text{meas}}$	Cantidad de emisión medida en la muestra en el analizador de gases correspondiente
$x_{[\text{emisión}]\text{dry}}$	Cantidad de emisión por mol seco de muestra seca
$x_{\text{H}_2\text{O}[\text{emisión}]\text{meas}}$	Cantidad de agua en la muestra en el lugar de detección de la emisión. Estos valores se medirán o estimarán según las indicaciones del apartado 9.3.2.3.1.
$x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}}$	Cantidad de agua en el aire de admisión, basada en una medición de la humedad del aire de admisión
α	Relación atómica hidrógeno-carbono de la mezcla de combustible(s) ($\text{CH}_\alpha \text{O}_\beta$) que se quema, ponderada por el consumo molar
β	Relación atómica oxígeno-carbono de la mezcla de combustible(s) ($\text{CH}_\alpha \text{O}_\beta$) que se quema, ponderada por el consumo molar

d) Las ecuaciones siguientes se utilizarán para calcular de manera iterativa $x_{\text{dil/exh}}$, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ y x_{Ccombdry} :

$$x_{\text{dil/exh}} = 1 - \frac{x_{\text{raw/exhdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}} \quad (\text{A.7-10})$$

$$x_{\text{H}_2\text{Oexh}} = 1 - \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}} \quad (\text{A.7-11})$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO}_2\text{dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO}_2\text{dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO}_2\text{int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.7-12})$$

$$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2} (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + x_{\text{H}_2\text{O}\text{dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.7-13})$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Oexh}}} \quad (\text{A.7-14})$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{\text{O}_2\text{int}}} \left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 \right) (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) - (x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}} - 2x_{\text{NO}_2\text{dry}}) \right] \quad (\text{A.7-15})$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta \right) (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + (2x_{\text{THCdry}} + x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}}) \right] + x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.7-16})$$

$$x_{\text{O}_2\text{int}} = \frac{0,209820 - x_{\text{CO}_2\text{intdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{O}\text{intdry}}} \quad (\text{A.7-17})$$

$$x_{\text{CO}_2\text{int}} = \frac{x_{\text{CO}_2\text{intdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{O}\text{intdry}}} \quad (\text{A.7-18})$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}\text{intdry}} = \frac{x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}}} \quad (\text{A.7-19})$$

$$x_{\text{CO2dil}} = \frac{x_{\text{CO2dildry}}}{1 + x_{\text{H2Odildry}}} \quad (\text{A.7-20})$$

$$x_{\text{H2Odildry}} = \frac{x_{\text{H2Odil}}}{1 - x_{\text{H2Odil}}} \quad (\text{A.7-21})$$

$$x_{\text{COdry}} = \frac{x_{\text{COmeas}}}{1 - x_{\text{H2OCOmeas}}} \quad (\text{A.7-22})$$

$$x_{\text{CO2dry}} = \frac{x_{\text{CO2meas}}}{1 - x_{\text{H2OCO2meas}}} \quad (\text{A.7-23})$$

$$x_{\text{NOdry}} = \frac{x_{\text{NOmeas}}}{1 - x_{\text{H2ONomeas}}} \quad (\text{A.7-24})$$

$$x_{\text{NO2dry}} = \frac{x_{\text{NO2meas}}}{1 - x_{\text{H2ONO2meas}}} \quad (\text{A.7-25})$$

$$x_{\text{THCdry}} = \frac{x_{\text{THCmeas}}}{1 - x_{\text{H2OTHCmeas}}} \quad (\text{A.7-26})$$

Al final del balance químico, el caudal molar $\dot{n}_{\text{exh}}$ se calcula como se especifica en los apartados A.7.3.3 y A.7.4.3.

A.7.2.4. Corrección de NO_x en función de la humedad

Todas las concentraciones de NO_x , incluidas las concentraciones de fondo del aire de dilución, se corregirán en función de la humedad del aire de admisión mediante la siguiente ecuación:

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (9,953 \cdot x_{\text{H2O}} + 0,832) \quad (\text{A.7-27})$$

donde:

x_{NOxuncor} = concentración molar de NO_x en el gas de escape no corregida [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{H2O} = cantidad de agua en el aire de admisión [mol/mol]

A.7.3. Emisiones de gases sin diluir

A.7.3.1. 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 flujo molar y por la masa molar del gas de escape, y a continuación se integrará en el ciclo de ensayo:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot dt \quad (\text{A.7-28})$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión de gases genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gas} = concentración molar instantánea de gas genérico en base húmeda [mol/mol]

t = tiempo [s]

Dado que la ecuación (A.7-28) se ha de resolver por integración numérica, se transforma en:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot dt \Rightarrow m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{A.7-29})$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gasi} = concentración molar instantánea de gas genérico en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de 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 caudal continuo, en el caso general del caudal variable, la masa de la emisión de gases m_{gas} [g/ensayo] se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{A.7-30})$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

x_{gasi} = fracción molar instantánea de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

- b) También con caudal continuo, pero en el caso particular del caudal constante, la masa de la emisión gaseosa, m_{gas} [g/ensayo], se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad (\text{A.7-31})$$

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]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ = 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.7-30) se puede simplificar como sigue:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \quad (\text{A.7-32})$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

F = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

A.7.3.2. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Los parámetros de este apartado se obtienen de los resultados del balance químico calculados en el apartado A.7.2. Existe la siguiente relación entre las concentraciones molares de gas en el flujo medido x_{gasdry} y x_{gas} , en mol/mol, expresadas en base seca y en base húmeda respectivamente:

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\text{A.7-33})$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Odry}}} \quad (\text{A.7-34})$$

donde:

$x_{\text{H}_2\text{O}}$ = fracción molar de agua en el flujo medido en base húmeda [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{Odry}}$ = fracción molar de agua en el flujo medido en base seca [mol/mol]

En el caso de las emisiones gaseosas, se realizará una corrección de la concentración genérica x [mol/mol], en función del agua retirada, como sigue:

$$x = x_{\text{[emission]meas}} \left[\frac{(1 - x_{\text{H}_2\text{Oexh}})}{1 - x_{\text{H}_2\text{O[emission]meas}}} \right] \quad (\text{A.7-35})$$

donde:

$x_{\text{[emission]meas}}$ = fracción molar de emisión en el flujo medido en el lugar de la medición [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{O[emission]meas}}$ = cantidad de agua en el flujo medido a la concentración de medida [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ = cantidad de agua en el caudalímetro [mol/mol]

A.7.3.3. 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 apartado A.7.2.3. 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 apartado A.7.2.3. Se resolverá para el balance químico del apartado A.7.2.3 a la misma frecuencia de actualización y registro que $\dot{n}_{\text{int}}$ o $\dot{m}_{\text{fuel}}$.

a) Caudal del cárter. El flujo 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 flujo del cárter al aire de admisión, después del caudalímetro del aire de admisión.
- ii) Durante los ensayos de emisiones, el flujo del cárter se dirige al sistema de escape con arreglo al apartado 6.10.
- iii) Las emisiones y el flujo 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 de la manera siguiente:

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{n}_{\text{int}}}{\left[1 + \frac{(x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{raw/exhdry}})}{(1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}})} \right]} \quad (\text{A.7-36})$$

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]

$x_{\text{int/exhdry}}$ = cantidad de aire de admisión necesaria para obtener productos de combustión propiamente dichos por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido) [mol/mol]

$x_{\text{raw/exhdry}}$ = cantidad de gas de escape sin diluir, sin exceso de aire, por mol de gas de escape seco (sin diluir o diluido) [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$ = 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 $\dot{m}_{\text{fuel}}$, $\dot{n}_{\text{exh}}$ [mol/s], se calculará de la manera siguiente:

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{m}_{\text{fuel}} \cdot w_{\text{C}} \cdot (1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}})}{M_{\text{C}} \cdot x_{\text{Ccombdry}}} \quad (\text{A.7-37})$$

donde:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones

$\dot{m}_{\text{fuel}}$ = caudal de combustible incluida la humedad en el aire de admisión [g/s]

w_{C} = fracción másica de carbono del combustible dado [g/g]

$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$ = cantidad de H₂O 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]

A.7.4. Emisiones de gases diluidos

A.7.4.1. Cálculo de la masa de emisiones y corrección de fondo

Las ecuaciones para el cálculo de la masa de emisiones gaseosas m_{gas} [g/ensayo] en función de los caudales de las emisiones molares son las siguientes:

a) Muestreo continuo, caudal variable

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{véase A.7-29})$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

m_{gasi} = concentración molar instantánea de gas genérico en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

Muestreo continuo, caudal constante

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad (\text{véase A.7-31})$$

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]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

Δt = duración del intervalo de ensayo

- b) En el muestreo por lotes, independientemente de que el caudal sea variable o constante, se utilizará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \quad (\text{véase A.7-32})$$

donde:

M_{gas} = masa molar de la emisión genérica [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$ = caudal molar instantáneo de gas de escape en base húmeda [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ = fracción molar media de la emisión gaseosa en base húmeda [mol/mol]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

- c) 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 durante el 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 n_{airdil} [mol] se multiplicará por la concentración media de la emisión de fondo. Podrá tratarse de una media ponderada según el tiempo o una media ponderada según el 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 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 apartado A.7.2. 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 siguientes:

$$m_{\text{bkgnd}} = M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gasdil}} \cdot n_{\text{airdil}} \text{ o } m_{\text{bkgnd}} = M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{dil/exh}} \cdot \bar{x}_{\text{bkgnd}} \cdot n_{\text{dexh}} \quad (\text{A.7-38})$$

$$m_{\text{gascor}} = m_{\text{gas}} - m_{\text{bkgnd}} \quad (\text{A.7-39})$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión gaseosa [g]

m_{bknd} = masa total de fondo [g]

m_{gascor} = masa de gas corregida en función de las emisiones de fondo [g]

M_{gas} = masa molecular de la emisión de gases genérica [g/mol]

x_{gasdil} = concentración de la emisión gaseosa en el aire de dilución [mol/mol]

n_{airdil} = flujo molar del 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]

$\bar{x}_{\text{bknd}}$ = fracción de gas de fondo [mol/mol]

n_{dexh} = flujo total de gas de escape diluido [mol]

A.7.4.2. 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 (apartado A.7.3.2). En el caso del aire de dilución se realizará una medición de la humedad con el fin de calcular su fracción de vapor de agua $x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{dil}}}$ [mol/mol]:

$$x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{dil}}_{\text{dry}}} = \frac{x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{dil}}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{dil}}}} \quad (\text{véase A.7-21})$$

donde:

$x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{dil}}}$ = fracción molar de agua en el flujo de aire de dilución [mol/mol]

A.7.4.3. Caudal molar del gas de escape

a) Cálculo por medio del balance químico.

El caudal molar $\dot{n}_{\text{exh}}$ [mol/s], se puede calcular a partir del caudal másico de combustible $\dot{m}_{\text{fuel}}$:

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{m}_{\text{fuel}} \cdot w_{\text{C}} \cdot (1 + x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{exhdry}}})}{M_{\text{C}} \cdot x_{\text{C}^{\text{combdry}}}} \quad (\text{véase A.7-37})$$

donde:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = caudal molar del gas de escape sin diluir a partir del que se miden las emisiones

$\dot{m}_{\text{fuel}}$ = caudal de combustible incluida la humedad en el aire de admisión [g/s]

w_{C} = fracción másica de carbono del combustible dado [g/g]

$x_{\text{H}_2\text{O}^{\text{exhdry}}}$ = cantidad de H₂O por mol seco de flujo medido [mol/mol]

M_{C} = masa molecular del carbono 12,0107 g/mol

$x_{\text{C}^{\text{combdry}}}$ = 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:

- 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 del apéndice 1 del presente anexo, para determinar el caudal molar $\dot{n}$ [mol/s], como sigue:

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad (A.7-40)$$

donde:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP}} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0 \quad (A.7-41)$$

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 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 C_d en función de $Re^\#$ determinado con arreglo al apéndice 1 del presente anexo, el caudal molar del venturi subsónico (SSV) durante un ensayo de emisiones $\dot{n}$ [mol/s] se calculará de la manera siguiente:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (A.7-42)$$

donde:

p_{in} = presión en la entrada [Pa]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m²]

R = constante 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 flujo 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 apéndice 1 del presente anexo. A continuación se calculará su caudal molar $\dot{n}$ [mol/s] durante un ensayo de emisiones.

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (A.7-43)$$

donde:

p_{in} = presión en la entrada [Pa]

A_t = área de la sección del cuello del venturi [m²]

R = constante 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 flujo del CFV [-]

A.7.4.4. Determinación de las partículas

A.7.4.4.1. 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 flujo total. Se multiplicará la concentración media de partículas $\overline{M}_{PM}$ (que ya está en unidades de masa por mol de muestra) por el flujo total para obtener la masa total de partículas, m_{PM} [g]:

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^N (\dot{n}_i \cdot \Delta t_i) \quad (\text{A.7-44})$$

donde:

$\dot{n}_i$ = caudal molar instantáneo de los gases de escape [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentración media de partículas [g/mol]

Δt_i = intervalo de muestreo [s]

b) Muestreo a partir de un caudal constante:

Si se recoge una muestra por lotes de un caudal constante de gas de escape, se determinará el caudal molar medio del cual se extrae la muestra. Se multiplicará la concentración media de partículas por el flujo total para obtener la masa total de partículas, m_{PM} [g]:

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad (\text{A.7-45})$$

donde:

$\dot{n}$ = caudal molar de los gases de escape [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentración media de partículas [g/mol]

Δt = duración del intervalo de ensayo [s]

En el caso del muestreo con relación de dilución (DR) constante, m_{PM} [g], se calculará con la siguiente ecuación:

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad (\text{A.7-46})$$

donde:

m_{PMdil} = masa de partículas en el aire de dilución [g]

DR = relación de dilución [-] definida como la relación entre la masa de la emisión, m, y la masa del gas de escape diluido, $m_{\text{dil/exh}}$ ($DR = m/m_{\text{dil/exh}}$).

La relación de dilución se puede expresar como función de $x_{\text{dil/exh}}$:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{\text{dil/exh}}} \quad (\text{A.7-47})$$

A.7.4.4.2. Corrección de fondo

Para la corrección de fondo de las partículas, se adoptará el mismo enfoque que en el apartado A.7.4.1. Multiplicando $\bar{M}_{\text{Pmbkgnd}}$ por el flujo total de aire de dilución, se obtiene la masa total de las partículas de fondo, m_{Pmbkgnd} [g]. Al restar la masa total de fondo de la masa total se obtiene la masa de fondo corregida de las partículas, m_{Pmcor} [g]:

$$m_{\text{Pmcor}} = m_{\text{PMuncor}} - \bar{M}_{\text{Pmbkgnd}} \cdot n_{\text{airdil}} \quad (\text{A.7-48})$$

donde:

m_{PMuncor} = masa de partículas sin corregir [g]

$\bar{M}_{\text{Pmbkgnd}}$ = concentración media de partículas en el aire de dilución [g/mol]

n_{airdil} = flujo molar de aire de dilución [mol]

A.7.5. Trabajo a lo largo del ciclo de ensayo y emisiones específicas

A.7.5.1. Emisiones de gases

A.7.5.1.1. Ciclo transitorio y ciclo modal con aumentos

Para el gas de escape sin diluir y diluido se remite, respectivamente, a los apartados A.7.3.1 y A.7.4.1. 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 calcula como sigue:

$$W_{\text{act}} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3 \cdot 600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^N (n_i \cdot T_i) \quad (\text{A.7-49})$$

donde:

P_i = potencia instantánea del motor [kW]

n_i = régimen instantáneo del motor [min^{-1}]

T_i = par instantáneo del motor [N·m]

W_{act} = trabajo efectivo a lo largo del ciclo de ensayo [kWh]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

Se calcularán las emisiones específicas e_{gas} [g/kWh] de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.7-50})$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo del ciclo de ensayo [kWh]

En el caso de un ciclo transitorio, el resultado final del ensayo, e_{gas} [g/kWh], será una media ponderada obtenida del ensayo de arranque en frío y el ensayo de arranque en caliente, utilizando:

$$e_{\text{gas}} = \frac{(0,1 \cdot m_{\text{cold}}) + (0,9 \cdot m_{\text{hot}})}{(0,1 \cdot W_{\text{actcold}}) + (0,9 \cdot W_{\text{acthot}})} \quad (\text{A.7-51})$$

En el caso de una regeneración del gas de escape infrecuente (periódica) (apartado 6.6.2), las emisiones específicas se corregirán con el factor multiplicativo de ajuste k_r [ecuación (6-4)] o con los dos pares separados de factores aditivos de ajuste k_{Ur} [factor al alza de la ecuación (6-5)] y k_{Dr} [factor a la baja de la ecuación (6-6)].

A.7.5.1.2. Ciclo de modo discreto en estado continuo

Las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], se calculan como sigue:

$$e_{\text{gas}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (\dot{m}_{\text{gas}i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.7-52})$$

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], con $P_i = P_{\text{maxi}} + P_{\text{auxi}}$ (véanse los apartados 6.3 y 7.7.1.2).

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

A.7.5.2. Emisiones de partículas

A.7.5.2.1. Ciclo transitorio y ciclo modal con aumentos

Las emisiones específicas de las partículas se calcularán con la ecuación (A.7-50), donde e_{gas} [g/kWh], y m_{gas} [g/ensayo] se sustituyen por e_{PM} [g/kWh] y m_{PM} [g/ensayo] respectivamente:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.7-53})$$

donde:

m_{PM} = masa total de la emisión de partículas, calculada con arreglo al apartado A.8.3.4 [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo del ciclo de ensayo [kWh]

Las emisiones en el ciclo transitorio compuesto (es decir, fase fría y fase caliente) se calcularán como se indica en el apartado A.7.5.1.

A.7.5.2.2. Ciclo de modo discreto en estado continuo

La emisión específica de partículas, e_{PM} [g/kWh], se calculará de la manera siguiente:

A.7.5.2.2.1. En el método de filtro único

$$e_{\text{PM}} = \frac{\dot{m}_{\text{PM}}}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.7-54})$$

donde:

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], con $P_i = P_{\text{maxi}} + P_{\text{auxi}}$ (véanse los apartados 6.3 y 7.7.1.2)

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

$\dot{m}_{\text{PM}}$ = caudal másico de partículas [g/h]

A.7.5.2.2.2. En el método de múltiples filtros

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^N (\dot{m}_{PMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (A.7-55)$$

donde:

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (véanse los apartados 6.3 y 7.7.1.2)

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

$\dot{m}_{PMi}$ = caudal másico de partículas en el modo i [g/h]

En el método de filtro único, el factor de ponderación efectiva WF_{effi} de cada modo se calculará de la manera siguiente:

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \quad (A.7-56)$$

donde:

$m_{smpldexhi}$ = masa de la muestra de gas de escape diluido que pasa **por los filtros de muestreo de partículas en el modo i** [kg]

$m_{smpldexh}$ = masa de la muestra de gas de escape diluido que pasa por los filtros de muestreo de partículas [kg]

$\dot{m}_{eqdexhweti}$ = caudal másico del gas de escape diluido equivalente en el modo i [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhweti}}$ = caudal másico medio equivalente del gas de escape diluido [kg/s]

El valor de los factores de ponderación efectivos deberá coincidir con el de los factores de ponderación enumerados en el anexo 5, con una tolerancia de $\pm 0,005$ (valor absoluto).

Apéndice A.7.1

Calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)

En el presente apéndice 1 se describen los cálculos necesarios para calibrar distintos caudalímetros. En el apartado A.7.6.1 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 apartados restantes describen los cálculos de calibración específicos de determinados tipos de caudalímetros.

A.7.6.1. Conversiones de los medidores de referencia

En las ecuaciones de calibración de esta sección se utiliza el caudal molar, $\dot{n}_{\text{ref}}$, como cantidad de referencia. Si el medidor de referencia adoptado produce un caudal de diferente cantidad, como el caudal volumétrico estándar, $\dot{V}_{\text{stdref}}$, el caudal volumétrico real, $\dot{V}_{\text{actref}}$, o el caudal másico, $\dot{m}_{\text{ref}}$, el valor obtenido por el medidor de referencia se convertirá a un caudal molar mediante las ecuaciones siguientes, teniendo 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:

$$\dot{n}_{\text{ref}} = \frac{\dot{V}_{\text{stdref}} \cdot p_{\text{std}}}{T_{\text{std}} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{\text{actref}} \cdot p_{\text{act}}}{T_{\text{act}} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{\text{ref}}}{M_{\text{mix}}} \quad (\text{A.7-57})$$

donde:

$\dot{n}_{\text{ref}}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

$\dot{V}_{\text{stdref}}$ = caudal volumétrico de referencia, corregido para una presión estándar y una temperatura estándar [m³/s]

$\dot{V}_{\text{actref}}$ = caudal volumétrico de referencia, a la presión y la temperatura reales [m³/s]

$\dot{m}_{\text{ref}}$ = caudal másico de referencia [g/s]

p_{std} = presión estándar [Pa]

p_{act} = presión real del gas [Pa]

T_{std} = temperatura estándar [K]

T_{act} = temperatura real del gas [K]

R = constante de gases [J/(mol · K)]

M_{mix} = masa molar del gas [g/mol]

A.7.6.2. Cálculos de calibración de la PDP

Para cada posición de la válvula reguladora y a partir de los valores determinados en el apartado 8.1.8.4, se calcularán los valores siguientes de acuerdo con lo indicado a continuación:

a) Volumen bombeado por la PDP por revolución, V_{rev} [m³/rev]:

$$V_{\text{rev}} = \frac{\bar{n}_{\text{ref}} \cdot R \cdot \bar{T}_{\text{in}}}{\bar{p}_{\text{in}} \cdot \bar{f}_{\text{nPDP}}} \quad (\text{A.7-58})$$

donde:

$\bar{n}_{\text{ref}}$ = valor medio del caudal molar de referencia [mol/s]

R = constante de gases [J/(mol · K)]

$\bar{T}_{\text{in}}$ = temperatura media de admisión [K]

$\bar{p}_{\text{in}}$ = presión media de admisión [en Pa]

$\bar{f}_{\text{nPDP}}$ = velocidad media de rotación [rev/s]

b) Factor de corrección del deslizamiento de la PDP, K_s [s/rev]

$$K_s = \frac{1}{\bar{f}_{\text{nPDP}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}_{\text{out}} - \bar{p}_{\text{in}}}{\bar{p}_{\text{out}}}} \quad (\text{A.7-59})$$

donde:

$\bar{n}_{\text{ref}}$ = caudal molar medio de referencia [mol/s]

$\bar{T}_{\text{in}}$ = temperatura media de admisión [K]

$\bar{p}_{\text{in}}$ = presión media de admisión [Pa]

$\bar{p}_{\text{out}}$ = presión media en la salida [Pa]

$\bar{f}_{\text{nPDP}}$ = velocidad media de revolución de la PDP [rev/s]

R = constante de gases [J/(mol · 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 anexo 4B, apéndice A.2.

- d) Se repetirán las etapas a) a c) de este apartado para cada velocidad de funcionamiento de la PDP.

- e) El cuadro siguiente ilustra estos cálculos para diferentes valores de $\bar{f}_{\text{nPDP}}$:

Cuadro A.7.2

Ejemplo de datos de calibración de la PDP

$\bar{f}_{\text{nPDP}}$ [rev/min]	$\bar{f}_{\text{nPDP}}$ [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 apartado A.7.4.3, letra b).

A.7.6.3. Ecuaciones de funcionamiento del venturi e hipótesis admisibles

En esta sección se describen las ecuaciones aplicables al venturi y las hipótesis admisibles para calibrar un venturi y calcular el flujo con un venturi. Dada la similitud de funcionamiento entre el venturi subsónico (SSV) y el venturi de flujo 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} y r_{CFV}). Estas ecuaciones suponen un flujo unidimensional comprimible sin viscosidad isentrópica de un gas ideal. En el apartado A.7.6.3, 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 flujo, C_f , se basa en el supuesto relativo al gas ideal de que el exponente isentrópico, γ , es igual a la relación entre los calores específicos, c_p/c_v . Si las buenas prácticas técnicas dictan el uso del exponente isentrópico 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 de la manera siguiente:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{\text{in}}}{\sqrt{Z \cdot M_{\text{mix}} \cdot R \cdot T_{\text{in}}}} \quad (\text{A.7-60})$$

donde:

C_d = coeficiente de descarga, determinado en el apartado A.7.6.3, letra a) [-]

C_f = coeficiente de flujo, determinado en el apartado A.7.6.3, 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 de gases J/(mol · K)

T_{in} = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

a) Con los datos recogidos en el apartado 8.1.8.4, se calcula C_d utilizando la ecuación siguiente:

$$C_d = \dot{n}_{\text{ref}} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{\text{mix}} \cdot R \cdot T_{\text{in}}}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{\text{in}}} \quad (\text{A.7-61})$$

donde:

$\dot{n}_{\text{ref}}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

Los otros símbolos son los mismos que en la ecuación (A.7-60).

b) C_f se determinará por uno de los métodos siguientes:

i) Solo para los caudalímetros CFV, $C_{f\text{CFV}}$ se deriva del cuadro siguiente 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.7.3

$C_{f\text{CFV}}$ en función de β y γ para los caudalímetros CFV

β	$C_{f\text{CFV}}$	
	$\gamma_{\text{exh}} = 1,385$	$\gamma_{\text{dexh}} = \gamma_{\text{air}} = 1,399$
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

C_{fCFV}		
β	$\gamma_{exh} = 1,385$	$\gamma_{dexh} = \gamma_{air} = 1,399$
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, se podrá utilizar la ecuación siguiente para calcular C_f :

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot \left(r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right) \cdot \gamma^{\frac{1}{\gamma}}}{(\gamma - 1) \cdot \left(\beta^4 - r^{\frac{2}{\gamma}} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (A.7-62)$$

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), apartado 3, de esta sección

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 calcula con la siguiente ecuación:

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{p_{in}} \quad (A.7-63)$$

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 calcula de manera iterativa con la siguiente ecuación:

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma-1}{2} \right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma+1}{2} \quad (A.7-64)$$

- 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:

- 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: $Z = 1$.
- En toda la gama de gases de escape, se podrá suponer una relación de calores específicos constante $\gamma = 1,385$.
- 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 $\gamma = 1,399$.
- 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_{H_2O} , determinada como se indica en el apartado A.7.1.2, como sigue:

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H_2O}) + M_{H_2O} \cdot (x_{H_2O}) \quad (A.7-65)$$

donde:

$$M_{air} = 28,96559 \text{ g/mol}$$

$$M_{H_2O} = 18,01528 \text{ g/mol}$$

$$x_{H_2O} = \text{cantidad de agua en el aire de dilución o de calibración [mol/mol]}$$

- 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 $\pm 1\%$ 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 siguiente 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.7.4

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 el T_{dew} [°C] de calibración es...	se supone la constante M_{mix} [g/mol] siguiente	para los intervalos siguientes de T_{dew} [°C] durante los ensayos de emisiones ⁽⁴⁾
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

⁽⁴⁾ Intervalo válido para todos los ensayos de calibración y emisiones en el intervalo de presión atmosférica (80 000 a 103 325) kPa.

A.7.6.4 Calibración del SSV

a) Enfoque con base molar. Para calibrar un caudalímetro SSV se seguirán estos pasos:

- Se calculará el número de Reynolds, $Re^{\#}$, de cada caudal molar de referencia utilizando el diámetro del cuello del venturi, d_t . 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. De manera alternativa, para aproximar μ se podrá utilizar el modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland:

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\text{mix}} \cdot \dot{n}_{\text{ref}}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \quad (\text{A.7-66})$$

donde:

d_t = diámetro del cuello del SSV [m]

M_{mix} = masa molar de la mezcla [kg/mol]

$\dot{n}_{\text{ref}}$ = caudal molar de referencia [mol/s]

y, utilizando el modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{\text{in}}}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{\text{in}} + S} \right) \quad (\text{A.7-67})$$

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.7.5

Parámetros del modelo de viscosidad de tres coeficientes de Sutherland

Gas ⁽⁴⁾	μ_0	T_0	S	Intervalo de temperatura con un margen de error del $\pm 2\%$	Límite de presión
	kg/(m·s)	K	K	K	kPa
Aire	$1,716 \times 10^{-5}$	273	111	170 a 1 900	$\leq 1\,800$
CO ₂	$1,370 \times 10^{-5}$	273	222	190 a 1 700	$\leq 3\,600$
H ₂ O	$1,12 \times 10^{-5}$	350	1 064	360 a 1 500	$\leq 10\,000$
O ₂	$1,919 \times 10^{-5}$	273	139	190 a 2 000	$\leq 2\,500$
N ₂	$1,663 \times 10^{-5}$	273	107	100 a 1 500	$\leq 1\,600$

⁽⁴⁾ 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.7-61), donde C_f se obtiene de la ecuación (A.7-62), o se podrá utilizar cualquier expresión matemática, incluidos polinomios y series de potencias. La ecuación siguiente es un ejemplo de expresión matemática utilizada comúnmente para relacionar C_d y $Re^\#$:

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^\#}} \quad (\text{A.7-68})$$

- iii) Se efectuará un análisis de regresión de mínimos cuadrados para determinar los coeficientes más adecuados para la ecuación y se calcularán las estadísticas de regresión de la ecuación, el error estándar estimado, SEE , y el coeficiente de determinación, r^2 , con arreglo al anexo 4B, apéndice A.2.
- iv) Si la ecuación cumple los criterios de $SEE < 0,5 \cdot \dot{m}_{\text{ref max}}$ (o $\dot{m}_{\text{ref max}}$) y $r^2 \geq 0,995$, se podrá utilizar para determinar C_d para los ensayos de emisiones, como se indica en el apartado A.7.4.3, letra b).
- v) Si los criterios de SEE y r^2 no se cumplen, se podrán aplicar las buenas prácticas técnicas para omitir los puntos de calibración a fin de cumplir las estadísticas de regresión. Para que se cumplan los criterios se utilizarán como mínimo siete puntos de calibración.
- vi) Si omitiendo puntos no se resuelven las discrepancias, se adoptarán medidas correctivas. Por ejemplo, se seleccionará otra expresión matemática para la ecuación de C_d en función de $Re^\#$, se buscarán fugas o se repetirá el proceso de calibración. Si el proceso se ha de repetir, se aplicarán a las mediciones tolerancias más estrictas y se permitirá más tiempo para estabilizar los flujos.
- vii) Una vez que la ecuación cumpla los criterios de regresión, solo se utilizará para determinar los caudales que se encuentren dentro del intervalo de los caudales de referencia utilizados para cumplir los criterios de regresión de la ecuación C_d en función de $Re^\#$.

A.7.6.5. Calibración del CFV

- a) Enfoque con base molar. Algunos caudalímetros consisten en un solo venturi y otros consisten en múltiples venturis y utilizan diferentes combinaciones de venturis para medir los diferentes caudales. En el caso de los caudalímetros CFV que constan de múltiples venturis, se podrá efectuar la calibración de cada venturi independientemente para determinar un coeficiente de descarga separado, C_d , para cada venturi, o bien la calibración de cada combinación de venturis como un venturi. Cuando se calibre una combinación de venturis, se tomará como A_t la suma de las superficies de los cuellos de los venturis activos; como d_t , la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los diámetros de los cuellos de los venturis activos, y la relación entre la raíz cuadrada de la suma de los diámetros de los cuellos de los venturis activos (d_t) y el diámetro de la entrada común de todos los venturis (D) como relación entre los cuellos y los diámetros de entrada de los venturis. Para determinar el C_d de un venturi único o una combinación única de venturis, se procederá como sigue:

- i) Con los datos recogidos en cada punto de consigna de calibración, se calculará un C_d individual para cada punto mediante la ecuación (A.7-60);
- ii) La media y la desviación estándar de todos los valores de C_d se calcularán mediante las ecuaciones (A.2-1) y (A.2-2).
- iii) Si la desviación estándar de todos los valores de C_d es inferior o igual al 0,3 % del C_d medio, en la ecuación (A.7-43) se utilizará el C_d medio y el CFV solo se utilizará por debajo del valor inferior de r medido durante la calibración.

$$r = 1 - (\Delta p/p_{in}) \quad (A.7-69)$$

- iv) Si la desviación estándar de todos los valores de C_d supera el 0,3 % del C_d medio, se omitirán los valores de C_d correspondientes al punto de medición recogido en el valor inferior de r medido en la calibración.
- v) 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.
- vi) Si quedan siete o más valores de C_d , se volverá a calcular la media y la desviación estándar de los valores de C_d que queden.
- vii) Si la desviación estándar de los C_d restantes es inferior o igual al 0,3 % de la media de los C_d restantes, ese C_d medio se utilizará en la ecuación (A.7-43) y solo se utilizarán los valores de CFV inferiores al valor más bajo de r asociado al C_d restante.
- viii) Si la desviación estándar de los C_d restantes sigue superando el 0,3 % de la media de los valores de los C_d restantes, se repetirán los pasos indicados en la letra a), incisos iv) a viii), de esta sección.

Apéndice A.7.2

Corrección de la desviación

A.7.7.1. Ámbito y frecuencia

Los cálculos de este apéndice 2 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 2. En todos los cálculos de emisiones posteriores, las respuestas del analizador de gases se utilizarán con corrección de la desviación. El umbral aceptable para la desviación de un analizador de gases en un intervalo de ensayo se especifica en el apartado 8.2.2.2.

A.7.7.2. Principios de corrección

En los cálculos del presente apéndice 2 se utilizan las respuestas de un analizador de gases a las concentraciones de cero y patrón 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.7.7.3. 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 apartado A.7.5 del anexo 4B, apéndice A.7. 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 apartado 8.2.2.2.

A.7.7.4. Corrección de la desviación

Todas las señales del analizador de gases se corregirán como sigue:

- En cada concentración registrada, x_i , se corregirá el muestreo continuo o el muestreo por lotes, $\bar{x}$.
- La corrección de la desviación se efectuará con arreglo a la siguiente ecuación:

$$x_{\text{driftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \cdot \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \cdot (A.7 - 70)$$

donde:

x_{driftcor} = concentración con corrección de la desviación [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{refzero} = concentración de referencia del gas de cero, que suele ser cero salvo que se le conozca otro valor [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{refspan} = concentración de referencia del gas patrón [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{prespan} = repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración de gas patrón [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{postspan} = repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración de gas patrón [$\mu\text{mol/mol}$]

x_i o $\bar{x}$ = concentración registrada, es decir, medida, durante el ensayo, antes de la corrección de la deriva [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{prezero} = repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero [$\mu\text{mol/mol}$]

x_{postzero} = repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas de cero [$\mu\text{mol/mol}$]

- 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 ajuste se pueden haber producido antes de uno o más intervalos de ensayo previos.
- 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 ajuste se pueden haber obtenido antes de uno o más intervalos de ensayo posteriores.

- e) Si alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas patrón, x_{prespan} , no se registra, se tomará como x_{prespan} la concentración de referencia del gas patrón: $x_{\text{prespan}} = x_{\text{refspan}}$.
- f) Si alguna respuesta del analizador en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero, x_{prezero} , no se registra, se tomará como x_{prezero} la concentración de referencia del gas de cero: $x_{\text{prezero}} = x_{\text{refzero}}$.
- g) Por lo general, la concentración de referencia del gas de cero, x_{refzero} , es cero: $x_{\text{refzero}} = 0 \text{ } \mu\text{mol/mol}$. Sin embargo, en algunos casos la concentración de x_{refzero} podría no ser nula. 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 $375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$. En este caso, $x_{\text{refzero}} = 375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$. 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 $x_{\text{refzero}} = 375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$, el analizador se regulará para dar un valor de $375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$ cuando entre en él el gas de cero.
-

Apéndice A.8

Cálculos de emisiones con base másica

A.8.0. Conversión de símbolos

A.8.0.1. Símbolos generales

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Unidad	Cantidad
b, D_0	a_0	p.d. ⁽³⁾	Ordenada en el origen de la línea de regresión
m	a_1	p.d. ⁽³⁾	Pendiente de la línea de regresión
A/F_{st}		—	Relación estequiométrica aire/combustible
C_d	C_d	—	Coefficiente de descarga
c	x	ppm, % vol	Concentración [$\mu\text{mol/mol}$ = 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	Emisiones específicas de componentes gaseosos
e_{PM}	e_{PM}	g/kWh	Emisiones específicas de partículas
E	$1 - PF$	%	Eficiencia de la conversión (PF = factor de penetración)
F_s		—	Factor estequiométrico
f_c		—	Factor carbono
H		g/kg	Humedad absoluta
K_V		$[(\sqrt{K} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{s})/\text{kg}]$	Función de calibración del CFV
k_f		m^3/kg combustible	Factor específico del combustible
k_h		—	Factor de corrección de humedad para NO_x , motores diésel
k_{Dr}	k_{Dr}	—	Factor de ajuste a la baja
k_r	k_r	—	Factor de regeneración multiplicativa

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Unidad	Cantidad
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	¹	g/mol	Masa molar del gas de escape
M_{gas}	M_{gas}	g/mol	Masa molar de los componentes gaseosos
m	m	kg	Masa
q_m	$\dot{m}$	kg/s	Caudal másico
m_d	¹	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
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

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Unidad	Cantidad
m_{sep}	¹	kg	Masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas
m_{ssd}		kg	Masa del aire de dilución secundario
n	f_n	min^{-1}	Régimen del motor
n_p		r/s	Velocidad de bombeo de la PDP
P	P	kW	Potencia
p	p	kPa	Presión
p_a		kPa	Presión atmosférica en seco
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	$p_{\text{H}_2\text{O}}$	kPa	Presión de vapor del agua
p_s		kPa	Presión atmosférica en seco
$1 - E$	PF	%	Fracción de penetración
q_{mad}	$\dot{m}^{(1)}$	kg/s	Caudal másico del aire de admisión en base seca
q_{maw}	⁽¹⁾	kg/s	Caudal másico del 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_{mCp}	⁽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 del gas de escape diluido equivalente 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

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Unidad	Cantidad
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 de análisis 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_d	DR	—	Índice de dilución ⁽²⁾
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
σ	σ	—	Desviación estándar
T	T	°C	Temperatura
T_a		K	Temperatura absoluta
t	t	s	Tiempo
Δ	Δ	s	Intervalo de tiempo
u		—	Relación entre las densidades del componente del gas y el gas de escape
V	V	m ³	Volumen
q_V	$\dot{V}$	m ³ /s	Caudal volumétrico
V_0		m ³ /r	Volumen de gas bombeado por la PDP por revolución
W	W	kWh	Trabajo
W_{act}	W_{act}	kWh	Trabajo del ciclo efectivo del ciclo de ensayo
WF	WF	—	Factor de ponderación

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Unidad	Cantidad
w	w	g/g	Fracción málica
X_0	K_s	s/rev	Función de calibración de la PDP
$\bar{y}$	$\bar{y}$		Media aritmética

(¹) Véanse los subíndices; p. ej.: $\dot{m}_{\text{air}}$ para el caudal málico de aire seco, $\dot{m}_{\text{fuel}}$ para el caudal málico de combustible, etc.

(²) Relación de dilución r_d en el apéndice A.8 y DR en el apéndice A.7: diferentes símbolos pero el mismo significado y las mismas ecuaciones. Factor de dilución D en el apéndice A.8 y x_{dil} en el apéndice A.7: diferentes símbolos pero el mismo significado físico; la ecuación (A.7-47) muestra la relación existente entre x_{dil} y DR.

(³) p.d. = por definir

A.8.0.2.

Subíndices

Apéndice A.8 (¹)	Apéndice A.7	Cantidad
act	act	Cantidad real
i		Medición instantánea (p. ej., 1 Hz)
	i	Un individuo de una serie

(¹) En el apéndice A.8, el significado del subíndice viene dado por la cantidad asociada. Por ejemplo, el subíndice «d» puede indicar una base seca, como en « c_d = concentración en base seca», el aire de dilución, como en « p_d = presión del vapor de saturación del aire de dilución» o « $k_{w,d}$ = factor de corrección seco a húmedo para el aire de dilución», relación de dilución, como en « r_d ».

A.8.0.3.

Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos (utilizados también como subíndices)

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Cantidad
Ar	Ar	Argón
C1	C1	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
CH ₄	CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	C ₂ H ₆	Etano
C ₃ H ₈	C ₃ H ₈	Propano
CO	CO	Monóxido de carbono
CO ₂	CO ₂	Dióxido de carbono
DOP	DOP	Diocetilftalato
HC	HC	Hidrocarburo
H ₂ O	H ₂ O	Agua
NMHC	NMHC	Hidrocarburo no metánico
NO _x	NO _x	Óxidos de nitrógeno
NO	NO	Óxido nítrico
NO ₂	NO ₂	Dióxido de nitrógeno

Apéndice A.8	Apéndice A.7	Cantidad
PM	PM	Partículas
S	S	Azufre

A.8.0.4. Símbolos y abreviaturas de la composición del combustible

Apéndice A.8 ⁽¹⁾	Apéndice A.7 ⁽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 al combustible de ecuación química $CH_aO_eN_\delta S_\gamma$

⁽²⁾ Relativo al combustible de ecuación química $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$

⁽³⁾ Préstese atención a la diferencia de significado del símbolo β en los dos apéndices sobre el cálculo de emisiones: en el apéndice A.8 se refiere a un combustible con ecuación química $CH_aS_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (es decir, la ecuación $C_\beta H_a S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$, donde $\beta = 1$, suponiendo un átomo de carbono por molécula), mientras que en el apéndice A.7 se refiere a la relación oxígeno-carbono con $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$. Por lo tanto, la β del apéndice A.7 corresponde al ε del apéndice A.8.

⁽⁴⁾ La fracción másica w acompañada del símbolo del componente químico como subíndice.

A.8.1. Parámetros básicos

A.8.1.1. Determinación de la concentración de HC metánicos y no metánicos

El cálculo de los NMHC y del CH_4 depende del método de calibración que se utilice. El FID para la medición sin NMC se calibrará con propano. Para la calibración del FID en serie con NMC se admiten los métodos siguientes:

a) Gas de calibración: propano; el propano se deriva, sin pasar por el NMC.

b) Gas de calibración: metano; el metano pasa por el NMC.

En el caso a), la concentración de NMHC (c_{NMHC} [-]) y de CH_4 (c_{CH_4} [-]) se calculará de la manera siguiente:

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{CH_4}) - c_{HC(w/NMC)}}{E_{C_2H_6} - E_{CH_4}} \quad (A.8-1a)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} - c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{C_2H_6})}{RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (E_{C_2H_6} - E_{CH_4})} \quad (A.8-2a)$$

En el caso b), la concentración de NMHC y CH_4 se calculará de la manera siguiente:

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{CH_4}) - c_{HC(w/NMC)} \cdot RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (1 - E_{CH_4})}{E_{C_2H_6} - E_{CH_4}} \quad (A.8-1b)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \cdot RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (1 - E_{CH_4}) - c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{C_2H_6})}{RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (E_{C_2H_6} - E_{CH_4})} \quad (A.8-2b)$$

donde:

$c_{HC(w/NMC)}$ = concentración de HC con el gas de muestreo pasando a través del NMC [ppm]

$c_{\text{HC(w/oNMC)}}$ = concentración de HC con el gas de muestreo derivándose, sin pasar por el NMC [ppm]

$RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$ = factor de respuesta al metano, determinada de acuerdo con el apartado 8.1.10.1.4. [-]

E_{CH_4} = eficiencia del metano, determinada según lo dispuesto en el apartado 8.1.10.3. [-]

$E_{\text{C}_2\text{H}_6}$ = eficiencia del etano, determinada según lo dispuesto en el apartado 8.1.10.3. [-]

Si $RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]} < 1,05$, se podrá omitir en las ecuaciones A.8-1a, A.8-1b

y A.8-2b.

Las emisiones de NMHC (hidrocarburos no metánicos) se pueden aproximar como el 98 % de los THC (hidrocarburos totales).

A.8.2. Emisiones de gases sin diluir

A.8.2.1. Emisiones gaseosas

A.8.2.1.1. Ensayos en estado continuo

Se calculará el índice de emisiones de una emisión gaseosa $q_{\text{mgas},i}$ para cada modo i del ensayo en estado continuo. La concentración de la emisión gaseosa se multiplicará por su flujo correspondiente:

$$q_{(\text{mgas},i)} = k_h \cdot k \cdot u_{\text{gas}} \cdot q_{\text{mew},i} \cdot c_{\text{gas},i} \cdot 3\,600 \quad (\text{A.8-3})$$

donde:

$q_{\text{mgas},i}$ = índice de emisiones en el modo i del ensayo en estado continuo [g/h]

k = 1 para $c_{\text{gasr},w,i}$ [ppm], y $k = 10\,000$ para $c_{\text{gasr},w,i}$ [% volumen]

k_h = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x (véase el apartado A.8.2.2.)

u_{gas} = factor específico del componente o relación entre la densidad del componente gaseoso y la del gas de escape [-]; se calcula con la ecuación (A.8-12) o con la ecuación (A.8-13)

$q_{\text{mew},i}$ = caudal másico del gas de escape en el modo i en base húmeda [kg/s]

$c_{\text{gas},i}$ = concentración de la emisión en el gas de escape sin diluir en modo i , en base húmeda [ppm o % volumen]

A.8.2.1.2. 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 en el mismo instante y los flujos de gas de escape e integrando a lo largo del ciclo de ensayo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N (q_{\text{mew},i} \cdot c_{\text{gas},i}) \quad (\text{A.8-4})$$

donde:

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

k_h = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x

k = 1 para $c_{\text{gasr},w,i}$ [ppm], y $k = 10\,000$ para $c_{\text{gasr},w,i}$ [% volumen]

u_{gas} = factor específico del componente [-] (véase el apartado A.8.2.4.)

N = número de mediciones [-]

$q_{\text{mew},i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape en base húmeda [kg/s]

$c_{\text{gas},i}$ = concentración de la emisión instantánea en el gas de escape sin diluir, en base húmeda [ppm o % volumen]

En los apartados siguientes se indica cómo calcular las cantidades necesarias ($c_{\text{gas},i}$, u_{gas} y $q_{\text{mew},i}$).

A.8.2.2. 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:

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (\text{A.8-5})$$

donde:

k_w = factor de conversión seco a húmedo [-]

c_d = concentración de la emisión en base seca [ppm o % volumen]

En el caso de la combustión completa, el factor de conversión seco a húmedo del gas de escape sin diluir se conoce como $k_{w,a}$ [-] y se calcula del modo siguiente:

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot k_f \cdot 1\,000} \right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right)} \quad (\text{A.8-6})$$

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/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 [m³/kg combustible]

con:

$$k_f = 0,055594 \cdot w_H + 0,0080021 \cdot w_N + 0,0070046 \cdot w_O \quad (\text{A.8-7})$$

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.8-6), se supondrá que la relación p_r/p_b cumple:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right)} = 1,008 \quad (\text{A.8-8})$$

En el caso de la combustión incompleta (mezclas aire/combustible ricas) y en los ensayos de emisiones sin mediciones directas del flujo de aire, es preferible calcular $k_{w,a}$ mediante un segundo método:

$$k_{w,a} = \frac{\frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1}}{1 - \frac{p_r}{p_b}} \quad (\text{A.8-9})$$

donde:

c_{CO_2} = concentración de CO₂ en el gas de escape sin diluir, en base seca [% volumen]

c_{CO} = concentración de CO en el gas de escape sin diluir, en base seca [ppm]

p_r = presión del agua después del refrigerante [kPa] [véase la ecuación (A.8-9)]

p_b = presión barométrica total [kPa] [véase la ecuación (A.8-9)].

α = relación molar hidrógeno-carbono [-]

k_{w1} = humedad del aire de admisión [-]

$$k_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + 1,608 \cdot H_a} \quad (\text{A.8-10})$$

A.8.2.3. Corrección de los NO_x en función de la humedad y la temperatura

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x se deberá corregir en función de la temperatura y la humedad del aire ambiente utilizando los factores k_h [-] determinados según la ecuación siguiente. Este factor es válido para un rango de humedad entre 0 y 25 g H₂O/kg aire seco.

$$k_h = \frac{15,698 \cdot H_a}{1\,000} + 0,832 \quad (\text{A.8-11})$$

donde:

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]

A.8.2.4. Factor u específico del componente

A.8.2.4.1. Valores tabulados

Aplicando algunas simplificaciones (hipótesis sobre el valor λ y sobre las condiciones del aire de admisión que se muestran en el cuadro siguiente) a las ecuaciones del apartado A.8.2.4.2, se pueden calcular los valores de u_{gas} (véase el apartado A.8.2.1). Los valores de u_{gas} se muestran en el cuadro A.8.1.

Cuadro A.8.1

Valores u del gas de escape sin diluir y densidades del componente (los valores u se calculan para una concentración de emisiones expresada en ppm)

Gas	NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
ρ_{gas} [kg/m ³]	2,053	1,250	0,621	1,9636	1,4277	0,716
Combustible	ρ_e [kg/m ³]	Coeficiente u_{gas} a $\lambda = 2$, aire seco, 273 K, 101,3 kPa				
Diésel	1,2939	0,001587	0,000966	0,000479	0,001518	0,001103

A.8.2.4.2. Valores calculados

El factor específico del componente, $u_{\text{gas},i}$, 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:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \cdot 1\,000) \quad (\text{A.8-12})$$

o bien:

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \cdot 1\,000) \quad (\text{A.8-13})$$

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]

La masa molar del gas de escape, $M_{e,i}$, se derivará, para un combustible de composición general $\text{CH}_a\text{O}_e\text{N}_d\text{S}_g$ y suponiendo una combustión completa, como sigue:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,001 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,0065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \quad (\text{A.8-14})$$

donde:

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible en base húmeda [kg/s]

$q_{maw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de admisión en base húmeda [kg/s]

α = relación molar hidrógeno-carbono [-]

δ = relación molar nitrógeno-carbono [-]

ε = relación molar oxígeno-carbono [-]

γ = relación atómica azufre-carbono [-]

H_a = humedad del aire de admisión [g H₂O/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 $\rho_{e,i}$ [kg/m³], se derivará como sigue:

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \quad (\text{A.8-15})$$

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 H₂O/kg aire seco]

k_f = volumen adicional de combustión [m³/kg combustible] [véase la ecuación (A.8-7)]

A.8.2.5. Caudal másico del gas de escape

A.8.2.5.1. Método de medición de aire y combustible

Consiste en la medición del flujo de aire y el flujo de combustible con caudalímetros adecuados. El cálculo del flujo instantáneo del gas de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (\text{A.8-16})$$

donde:

$q_{maw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de admisión [kg/s]

$q_{mf,i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]

A.8.2.5.2. Método de medición con gas trazador

Este método consiste en medir la concentración de un gas trazador en el gas de escape. El cálculo del flujo instantáneo del gas de escape, $q_{mew,i}$ [kg/s], se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_b)} \quad (\text{A.8-17})$$

donde:

q_{Vt} = caudal de gas trazador [m³/s]

$c_{mix,i}$ = concentración instantánea del gas trazador después de la mezcla [ppm]

ρ_e = 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.8.2.5.3. Método de medición del flujo de aire y la relación aire/combustible

Consiste en el cálculo de la masa de gas de escape a partir del flujo de aire y de la relación aire/combustible. El cálculo del caudal másico instantáneo del gas de escape, $q_{mew,i}$ [kg/s], se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right) \quad (\text{A.8-18})$$

donde:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,065 \cdot \gamma} \quad (\text{A.8-19})$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}}} \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4,764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \quad (\text{A.8-20})$$

donde:

$q_{maw,i}$ = caudal másico del aire de admisión húmedo [kg/s]

A/F_{st} = relación estequiométrica aire/combustible [-]

λ_i = índice 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 CO₂ en el gas de escape sin diluir en base seca [%]
 c_{HCw} = concentración de HC en el gas de escape sin diluir en base húmeda [ppm C1]
 α = relación molar hidrógeno-carbono [-]
 δ = relación molar nitrógeno-carbono [-]
 ε = relación molar oxígeno-carbono [-]
 γ = relación atómica azufre-carbono [-]

A.8.2.5.4. Método del balance de carbono, procedimiento en una fase

La siguiente ecuación se puede utilizar para calcular el caudal másico de gas de escape húmedo, $q_{\text{mew},i}$ [kg/s]:

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{mf},i} \cdot \left[\frac{1,4 \cdot w_{\text{C}}^2}{(1,0828 \cdot w_{\text{C}} + k_{\text{fd}} \cdot f_{\text{c}}) f_{\text{c}}} \left(1 + \frac{H_{\text{a}}}{1\,000} \right) + 1 \right] \quad (\text{A.8-21})$$

donde el factor carbono, f_{c} [-], viene dado por:

$$f_{\text{c}} = 0,5441 \cdot (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2d,a}}) + \frac{c_{\text{COd}}}{18\,522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17\,355} \quad (\text{A.8-22})$$

donde:

- $q_{\text{mf},i}$ = caudal másico instantáneo del combustible [kg/s]
 w_{C} = contenido en carbono del combustible [% masa]
 H_{a} = humedad del aire de admisión [g H₂O/kg aire seco]
 k_{fd} = volumen adicional de combustión en base seca [m³/kg combustible]
 c_{CO2d} = concentración en base seca de CO₂ en el gas de escape sin diluir [%]
 $c_{\text{CO2d,a}}$ = concentración en base seca de CO₂ 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 en base seca restando el agua formada por combustión a partir de k_{f} :

$$k_{\text{fd}} = k_{\text{f}} - 0,11118 \cdot w_{\text{H}} \quad (\text{A.8-23})$$

donde:

- k_{f} = factor específico del combustible de la ecuación (A.8-7) [m³/kg combustible]
 w_{H} = contenido en hidrógeno del combustible [% masa]

A.8.3. Emisiones de gases diluidos

A.8.3.1. Masa de las emisiones gaseosas

A.8.3.1.1. Medición con sistema de dilución de flujo total (CVS)

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 flujo 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 siguiente ecuación:

$$m_{\text{gas}} = k_{\text{h}} \cdot k \cdot u_{\text{gas}} \cdot c_{\text{gas}} \cdot m_{\text{ed}} \quad (\text{A.8-24})$$

donde:

- u_{gas} = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire, según el cuadro A.8.2 o bien calculada con la ecuación (A.8-35) [-]
 c_{gas} = concentración media corregida de las concentraciones de fondo del componente en base húmeda [ppm o % volumen] respectivamente
 k_{h} = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x

$k = 1$ para $c_{\text{gasr,w,i}}$ [ppm], y $k = 10\,000$ para $c_{\text{gasr,w,i}}$ [% volumen]

m_{ed} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo [kg/ensayo]

En los sistemas con compensación de flujo (sin intercambiador de calor), la masa de los contaminantes m_{gas} [g/ensayo] se determinará mediante el cálculo de las emisiones máscas instantáneas, la integración y la corrección de fondo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$m_{\text{gas}} = k_h \cdot k \cdot \left\{ \sum_{i=1}^N [(m_{\text{ed},i} \cdot c_e \cdot u_{\text{gas}})] - \left[\left(m_{\text{ed}} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{\text{gas}} \right) \right] \right\} \quad (\text{A.8-25})$$

donde:

c_e = concentración de la emisión en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm o % volumen]

c_d = concentración de la emisión en el aire de dilución, en base húmeda [ppm o % volumen]

$m_{\text{ed},i}$ = 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.8.2 [-]

D = factor de dilución [véase la ecuación (A.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

k_h = factor de corrección NO_x [-], que solo se aplica para calcular la emisión de NO_x

$k = 1$ para c en [ppm], y $k = 10\,000$ para c en [% volumen]

Las concentraciones c_{gas} , c_e y c_d pueden ser valores medidos en una muestra por lotes (es decir, en una bolsa, excepto en el caso de NO_x y HC) o bien promediados por integración continua. También $m_{\text{ed},i}$ 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.8.3.2. Conversión de la concentración de seco a húmedo

Todas las concentraciones del apartado A.8.3.2 se convertirán mediante la ecuación (A.8-5) ($c_w = k_w \cdot c_d$).

A.8.3.2.1. Gas de escape diluido

Todas las concentraciones medidas en base seca se convertirán a concentraciones en base húmeda aplicando una de las dos ecuaciones siguientes:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{\text{CO2w}}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1,008 \quad (\text{A.8-26})$$

o bien:

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{\text{CO2d}}}{200}} \right) \cdot 1,008 \quad (\text{A.8-27})$$

donde:

$k_{w,e}$ = factor de conversión seco a húmedo para el gas de escape diluido [-]

α = relación molar hidrógeno-carbono del combustible [-]

c_{CO2w} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base húmeda [% volumen]

c_{CO2d} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base seca [% volumen]

El factor de corrección de seco a húmedo, k_{w2} , tiene en cuenta el contenido en agua tanto del aire de admisión como del aire de dilución:

$$k_{w2} = \frac{1,608 \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (\text{A.8-28})$$

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.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

A.8.3.2.2. Factor de dilución

El factor de dilución D [-], que es necesario para la corrección de fondo y para el cálculo de k_{w2} , se calcula del modo siguiente:

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{HC},e} + c_{\text{CO},e}) \cdot 10^{-4}} \quad (\text{A.8-29})$$

donde:

F_S = factor estequiométrico [-]

$c_{\text{CO}_2,e}$ = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en base húmeda [% volumen]

$c_{\text{HC},e}$ = concentración de HC en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm C1]

$c_{\text{CO},e}$ = concentración de CO en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm]

El factor estequiométrico se calculará de la manera siguiente:

$$F_S = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (\text{A.8-30})$$

donde:

α = relación molar hidrógeno-carbono en el combustible [-]

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

F_S (diésel) = 13,4

Si se efectúa una medición directa del flujo de gas de escape, el factor de dilución D [-] se podrá calcular como sigue:

$$D = \frac{q_{\text{VCVS}}}{q_{\text{Vew}}} \quad (\text{A.8-31})$$

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.8.3.2.3. Aire de dilución

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1,008 \quad (\text{A.8-32})$$

donde:

$$k_{w3} = \frac{1,608 \cdot H_d}{1\,000 + 1,608 + H_d} \quad (\text{A.8-33})$$

donde:

H_d = humedad del aire de dilución [g H_2O /kg aire seco]

A.8.3.2.4. Determinación de la concentración con corrección de fondo

La concentración media de fondo de los gases contaminantes en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas al objeto de obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo se pueden determinar mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se aplicará la ecuación siguiente:

$$c_{\text{gas}} = c_{\text{gas},e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (\text{A.8-34})$$

donde:

c_{gas} = concentración neta del contaminante gaseoso [ppm o % volumen]

$c_{\text{gas},e}$ = concentración de la emisión en el gas de escape diluido, en base húmeda [ppm o % volumen]

c_d = concentración de la emisión en el aire de dilución, en base húmeda [ppm o % volumen]

D = factor de dilución [véase la ecuación (A.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

A.8.3.3. Factor u específico del componente

El factor u_{gas} específico del componente del gas diluido se puede calcular mediante la ecuación siguiente o bien se puede tomar del cuadro A.8.2. En el cuadro A.8.2, la densidad del gas de escape diluido se ha supuesto igual a la densidad del aire.

$$u = \frac{M_{\text{gas}}}{M_{\text{d,w}} \cdot 1\,000} = \frac{M_{\text{gas}}}{\left[M_{\text{da,w}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + M_{\text{r,w}} \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right] \cdot 1\,000} \quad (\text{A.8-35})$$

donde:

M_{gas} = masa molar del componente gaseoso [g/mol]

$M_{\text{d,w}}$ = masa molar del gas de escape diluido [g/mol]

$M_{\text{da,w}}$ = masa molar del aire de dilución [g/mol]

$M_{\text{r,w}}$ = masa molar del gas de escape sin diluir [g/mol]

D = factor de dilución [véase la ecuación (A.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

Cuadro A.8.2

Valores de u del gas de escape diluido y densidades del componente (los valores u se calculan para las concentraciones de emisiones expresadas en ppm)

Gas		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
ρ_{gas} [kg/m ³]		2,053	1,250	0,621	1,9636	1,4277	0,716
Combustible	ρ_e [kg/m ³]	Coeficiente u_{gas} a $\lambda = 2$, aire seco, 273 K, 101,3 kPa					
Diésel	1,293	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,00110	0,000553

A.8.3.4. Cálculo del caudal másico del gas de escape

A.8.3.4.1. Sistema PDP-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido, m_{ed} , se mantiene a ± 6 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo de la masa del gas de escape diluido [kg/ensayo] a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

$$m_{\text{ed}} = 1,293 \cdot V_0 \cdot n_p \cdot \frac{p_p}{101,325} \cdot \frac{273,15}{\bar{T}} \quad (\text{A.8-36})$$

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].

$\bar{T}$ = 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 flujo (es decir, sin intercambiador de calor), la masa del gas de escape diluido, $m_{\text{ed},i}$ [kg], durante el intervalo de tiempo se calculará de la manera siguiente:

$$m_{\text{ed},i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot n_{p,i} \cdot \frac{p_p}{101,325} \cdot \frac{273,15}{\bar{T}} \quad (\text{A.8-37})$$

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].

$n_{p,i}$ = total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo i [rev/ Δt]

$\bar{T}$ = 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.8.3.4.2. Sistema CFV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del caudal másico a lo largo del ciclo m_{ed} [g/ensayo] se realizará de la manera siguiente:

$$m_{\text{ed}} = \frac{1,293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (\text{A.8-38})$$

donde:

t = duración del ciclo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de flujo crítico en condiciones estándar, $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densidad del aire $[kg/m^3]$ a 273,15 K y 101,325 kPa

Si se utiliza un sistema con compensación del flujo (es decir, sin intercambiador de calor), la masa del gas de escape diluido, $m_{ed,i}$ [kg], durante el intervalo de tiempo se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed,i} = \frac{1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0.5}} \quad (\text{A.8-39})$$

donde:

Δt_i = intervalo de tiempo del ensayo [s]

K_V = coeficiente de calibración del venturi de flujo crítico en condiciones estándar $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T = temperatura absoluta en la entrada del venturi [K]

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

A.8.3.4.3. Sistema SSV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo de la masa de gas de escape diluido a lo largo del ciclo m_{ed} [g/ensayo] se realizará de la manera siguiente:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad (\text{A.8-40})$$

donde:

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densidad del aire a 273,15 K y 101,325 kPa

Δt = duración del ciclo [s]

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) $[m^3/s]$

donde:

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in}} \left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]} \quad (\text{A.8-41})$$

donde:

A_0 = conjunto de constantes y conversiones de unidades = $0,0056940 = 0,0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2} \right]$

d_v = diámetro del cuello del SSV [mm]

C_d = coeficiente de descarga del SSV [-]

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

T_{in} = temperatura en la entrada del venturi [K]

r_p = relación de la presión estática absoluta en el cuello y en la entrada del SSV = $\left(1 - \frac{\Delta p}{p_a} \right)$ [-]

r_D = relación entre el diámetro del cuello del SSV, d , y el diámetro interior del tubo de entrada $\frac{d}{D}$ [-]

Si se utiliza un sistema con compensación del flujo (es decir, sin intercambiador de calor), la masa del gas de escape diluido, $m_{ed,i}$ [kg], durante el intervalo de tiempo se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad (\text{A.8-42})$$

donde:

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = 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.8.3.5. Cálculo de la emisión de partículas

A.8.3.5.1. Ciclo transitorio y ciclo modal con aumentos

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 apartado 8.1.12.2.5.

A.8.3.5.1.1. Sistema de dilución de flujo parcial

El cálculo correspondiente al sistema de doble dilución se muestra en el apartado A.8.3.5.1.2.

A.8.3.5.1.1.1. Cálculo basado en la relación de muestreo

La emisión de partículas durante el ciclo, m_{PM} [g], se calculará con la siguiente ecuación:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1\,000} \quad (A.8-43)$$

donde:

m_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

r_s = relación media de la muestra a lo largo del ciclo de ensayo [-]

donde:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (A.8-44)$$

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 de gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas [kg]

m_{sed} = masa de gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución [kg]

En un sistema de muestreo total, m_{sep} y m_{sed} son idénticos.

A.8.3.5.1.1.2. Cálculo basado en la relación de dilución

La emisión de partículas durante el ciclo, m_{PM} [g], se calculará con la siguiente ecuación:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1\,000} \quad (A.8-45)$$

donde:

m_f = masa de las partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

m_{sep} = masa de 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 de la siguiente manera:

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^N q_{medf,i} \quad (A.8-46)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \quad (A.8-47)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad (A.8-48)$$

donde:

$q_{medf,i}$ = caudal másico instantáneo equivalente del gas de escape diluido [kg/s]

$q_{mew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape en base húmeda [kg/s]

$r_{d,i}$ = relación de dilución instantánea [-]

$q_{mdew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape diluido en base húmeda [kg/s]

$q_{mdw,i}$ = caudal másico instantáneo del aire de dilución [kg/s]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

A.8.3.5.1.2. Sistema de dilución de flujo total

La emisión másica se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (\text{A.8-49})$$

donde:

m_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

m_{sep} = masa de 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]

donde:

$$m_{sep} = m_{set} \cdot m_{ssd} \quad (\text{A.8-50})$$

donde:

m_{set} = masa de gas de escape doblemente diluido que pasa por el filtro de partículas [kg]

m_{ssd} = masa del aire de dilución secundario [kg]

A.8.3.5.1.3. Corrección de fondo

Podrá efectuarse una corrección de fondo de la masa de partículas, $m_{PM,c}$ [g], de la manera siguiente:

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \quad (\text{A.8-51})$$

donde:

m_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo [mg]

m_{sep} = masa de 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.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

A.8.3.5.2. Cálculo correspondiente al ciclo de modo discreto en estado continuo

A.8.3.5.2.1. 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 el sistema con medición de flujo que se muestra en la figura 9.2:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (\text{A.8-52})$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (\text{A.8-53})$$

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_{mdew} se utiliza como q_{medf} .

A.8.3.5.2.2. Cálculo del caudal másico de partículas

El caudal de emisión de partículas a lo largo del ciclo, q_{mPM} [g/h], se calcula del modo siguiente:

- a) Con el método de filtro único

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot q_{medf} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (\text{A.8-54})$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^N q_{medfi} \cdot WF_i \quad (A.8-55)$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^N m_{sepi} \quad (A.8-56)$$

donde:

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

m_f = masa de partículas de la muestra 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 de 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

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (A.8-57)$$

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 del gas de escape diluido equivalente 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 modos individuales 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 sigue:

a) Con el método de filtro único

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (A.8-58)$$

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 los filtros de muestreo de partículas [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.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

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]

b) Con el método de múltiples filtros

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (A.8-59)$$

donde:

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

m_{fi} = masa de la muestra de partículas recogida en el modo i [mg]

$m_{f,d}$ = masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida [mg]

q_{medfi} = caudal másico del gas de escape diluido equivalente en base húmeda en el modo i [kg/h]

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_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.8-29) del apartado A.8.3.2.2] [-]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal másico medio equivalente del gas de escape diluido en base húmeda [kg/s]

Si se efectúa más de una medición, $m_{f,d}/m_d$ se sustituirá por $\overline{m_{f,d}}/\overline{m_d}$.

A.8.4. Trabajo a lo largo del ciclo y emisiones específicas

A.8.4.1. Emisiones gaseosas

A.8.4.1.1. Ciclo transitorio y ciclo modal con aumentos

Para el gas de escape sin diluir y diluido se remite, respectivamente, a los apartados A.8.2.1 y A.8.3.1. Los valores resultantes de la potencia P [kW] se integrarán a lo largo del intervalo de ensayo. El trabajo total, W_{act} [kWh], se calcula como sigue:

$$W_{act} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3 \cdot 600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^N (n_i \cdot T_i) \quad (A.8-60)$$

donde:

P_i = potencia instantánea del motor [kW]

n_i = régimen instantáneo del motor [min^{-1}]

T_i = par instantáneo del motor [Nm]

W_{act} = trabajo real a lo largo del ciclo [kWh]

f = frecuencia de muestreo de datos [Hz]

N = número de mediciones [-]

Se calcularán las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (A.8-61)$$

donde:

m_{gas} = masa total de la emisión [g/ensayo]

W_{act} = trabajo a lo largo del ciclo [kWh]

En el caso de un ciclo transitorio, el resultado final del ensayo, e_{gas} [g/kWh], será una media ponderada obtenida del ensayo de arranque en frío y el ensayo de arranque en caliente, utilizando:

$$e_{gas} = \frac{(0,1 \cdot m_{cold}) + (0,9 \cdot m_{hot})}{(0,1 \cdot W_{act,cold}) + (0,9 \cdot W_{act,hot})} \quad (A.8-62)$$

En el caso de una regeneración del gas de escape infrecuente (periódica) (apartado 6.6.2), las emisiones específicas se corregirán con el factor multiplicativo de ajuste k_r [ecuación (6-4)] o con los dos pares separados de factores aditivos de ajuste k_{Ur} [factor al alza de la ecuación (6-5)] y k_{Dr} [factor a la baja de la ecuación (6-6)].

A.8.4.1.2. Ciclo de modo discreto en estado continuo

Las emisiones específicas, e_{gas} [g/kWh], se calculan como sigue:

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgas,i} \cdot W_{Fi})}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot W_{Fi})} \quad (A.8-63)$$

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], con $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (véanse los apartados 6.3 y 7.7.1.2)

W_{Fi} = factor de ponderación para el modo i [-]

A.8.4.2. Emisiones de partículas

A.8.4.2.1. Ciclo transitorio y ciclo modal con aumentos

Las emisiones específicas de las partículas se calcularán con la ecuación (A.8-61), donde e_{gas} [g/kWh] y m_{gas} [g/ensayo] se sustituyen por e_{PM} [g/kWh], y m_{PM} [g/ensayo], respectivamente:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.8-64})$$

donde:

m_{PM} = masa total de la emisión de partículas, calculada con arreglo al apartado A.8.3.5 [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 apartado A.8.4.1.

A.8.4.2.2. Ciclo de modo discreto en estado continuo

La emisión específica de partículas, e_{PM} [g/kWh], se calculará de la manera siguiente:

a) Con el método de filtro único

$$e_{\text{PM}} = \frac{q_{\text{mPM}}}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.8-65})$$

donde:

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], con $P_i = P_{\text{maxi}} + P_{\text{auxi}}$ (véanse los apartados 6.3 y 7.7.1.2).

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

q_{mPM} = caudal másico de partículas [g/h]

b) Con el método de múltiples filtros

$$e_{\text{PM}} = \frac{\sum_{i=1}^N (q_{\text{mPMi}} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.8-66})$$

donde:

P_i = potencia del motor para el modo i [kW], con $P_i = P_{\text{maxi}} + P_{\text{auxi}}$ (véanse los apartados 6.3 y 7.7.1.2).

WF_i = factor de ponderación para el modo i [-]

q_{mPMi} = caudal másico de partículas en el modo i [g/h]

En el método de filtro único, el factor de ponderación efectivo, WF_{ei} , de cada modo se calculará de la manera siguiente:

$$WF_{\text{ei}} = \frac{m_{\text{sepi}} \cdot \overline{q_{\text{medf}}}}{m_{\text{sep}} \cdot q_{\text{medfi}}} \quad (\text{A.8-67})$$

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]

$\overline{q_{\text{medf}}}$ = 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 anexo 5, con una tolerancia de $\pm 0,005$ (valor absoluto).

Apéndice A.8.1

Calibración del flujo de gas de escape diluido (CVS)

A.8.5. Calibración del sistema CVS

El sistema CVS se calibrará utilizando un caudalímetro preciso y un dispositivo limitador. Se medirá el flujo 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 flujo.

Pueden utilizarse distintos tipos de caudalímetros, por ejemplo un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado, o un turbinímetro calibrado.

A.8.5.1. 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. Se podrá, entonces, trazar la curva del caudal calculado [m^3/s en la entrada de la bomba, para una presión y una temperatura absolutas], referido a una función correlacional correspondiente a una combinación dada de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el flujo de la bomba y la función correlacional. Si un sistema CVS posee un accionamiento de varios regímenes, se efectuará la calibración para cada uno de los regímenes.

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 flujo más bajo (restricción más elevada y régimen de la PDP más bajo).

El caudal de aire (q_{VCVS}) para cada posición del limitador (mínimo 6 posiciones) se calculará en m^3/s (condiciones estándar) a partir de los datos del caudalímetro, siguiendo el método prescrito por el fabricante. A continuación se convertirá el caudal de aire a flujo de la bomba (V_0) en m^3/rev a una temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{q_{\text{VCVS}}}{n} \cdot \frac{T}{273,15} \cdot \frac{101,325}{p_p} \quad (\text{A.8-68})$$

donde:

q_{VCVS} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura en la entrada de la bomba [K]

p_p = presión absoluta en la entrada de la bomba [kPa].

n = régimen de la bomba [rev/s]

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y la pérdida de la bomba, se calculará la función correlacional (X_0) [s/rev] entre el régimen de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (\text{A.8-69})$$

donde:

Δp_p = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba [kPa]

p_p = presión absoluta en la salida de la bomba [kPa].

n = régimen de la bomba [rev/s]

Se realizará un ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados a fin de generar la ecuación de calibración, como sigue:

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad (\text{A.8-70})$$

donde la línea de regresión queda descrita por la ordenada en el origen, D_0 [m^3/rev], y la pendiente, m [m^3/s].

Para un sistema CVS que disponga de varias velocidades, las curvas de calibración generadas para los distintos flujos de la bomba serán aproximadamente paralelas y los valores de la ordenada en el origen (D_0) aumentarán de manera inversamente proporcional al flujo de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación se encontrarán dentro de un margen del $\pm 0,5\%$ 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 cualquier operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

A.8.5.2. Venturi de flujo crítico (CFV)

La calibración del CFV se basa en la ecuación del flujo para un venturi crítico. El flujo de gas es función de la presión y la temperatura en la entrada del venturi.

Para determinar el margen de flujo crítico, K_V se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del venturi. Para el flujo crítico (de estrangulación), K_V tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuye la presión (aumenta el vacío), el venturi queda menos estrangulado y K_V disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del margen admisible.

El caudal de aire, q_{VCVS} , para cada posición del limitador (mínimo 8 posiciones) se calculará en m^3/s (condiciones estándar) a partir de los datos del caudalímetro, siguiendo el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración K_V [$(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg$] se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad (A.8-71)$$

donde:

q_{VSSV} = caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura en la entrada del venturi [K],

p_p = presión absoluta en la entrada del venturi [kPa].

Se calcularán el K_V medio y la desviación estándar. La desviación estándar no superará el $\pm 0,3\%$ del K_V medio.

A.8.5.3. Venturi subsónico (SSV)

La calibración del SSV se basa en la ecuación del flujo para un venturi subsónico. El flujo de gas es una 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 se muestra en la ecuación (A.8-41).

El caudal de aire (q_{VSSV}) para cada posición del limitador (mínimo 16 posiciones) se calculará en m^3/s (condiciones estándar) a partir de los datos del caudalímetro, siguiendo el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibración para cada ajuste, de la manera siguiente:

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} \cdot d_v^2 \cdot p_p \cdot \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \cdot r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (A.8-72)$$

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 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 [-]

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 siguiente:

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_v \cdot \mu} \quad (A.8-73)$$

donde:

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (A.8-74)$$

donde:

$$A_1 = \text{conjunto de constantes y conversiones de unidades} = 27,43831 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{min}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right]$$

$$q_{VSSV} = \text{caudal de aire en condiciones estándar (101,325 kPa, 273,15 K) [m}^3/\text{s]}$$

$$d_V = \text{diámetro del cuello del SSV [mm]}$$

$$\mu = \text{viscosidad absoluta o dinámica del gas [kg/m} \cdot \text{s]}$$

$$b = 1,458 \times 10^6 \text{ (constante empírica) [kg/(m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}^{0,5})]$$

$$S = 110,4 \text{ (constante empírica) [K]}$$

Como q_{VSSV} es un dato introducido en la ecuación de Re , los cálculos comenzarán con un valor inicial supuesto de q_{VSSV} o C_d del venturi de calibración y se repetirán hasta que q_{VSSV} converja. El método de convergencia tendrá una precisión mínima del 0,1 %.

Para un mínimo de dieciséis puntos en la región de flujo subsónico, los valores de C_d calculados a partir de la ecuación que se ajusta a la curva de calibración resultante no variarán más del $\pm 0,5$ % del C_d medido en cada punto de calibración.

Apéndice A.8.2

Corrección de la desviación

A.8.6. Los cálculos de este apéndice se efectúan como se describe en el apéndice A.7.2 del apéndice A.7 del anexo 4B.

$$c_{\text{idriftcor}} = c_{\text{refzero}} + (c_{\text{refspan}} - c_{\text{refzero}}) \cdot \frac{2c_i - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})}{(c_{\text{prespan}} + c_{\text{postspan}}) - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})} \quad (\text{A.8-75})$$

donde:

$$c_{\text{idriftcor}} = \text{concentración con corrección de la desviación [ppm]}$$

$$c_{\text{refzero}} = \text{concentración de referencia del gas de cero, que suele ser cero salvo que se le conozca otro valor [ppm]}$$

$$c_{\text{refspan}} = \text{concentración de referencia del gas patrón [ppm]}$$

$$c_{\text{prespan}} = \text{repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas patrón [ppm]}$$

$$c_{\text{postspan}} = \text{repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas patrón [ppm]}$$

$$c_i \text{ o } \bar{c} = \text{concentración registrada, es decir, medida, durante el ensayo, antes de la corrección de la desviación [ppm]}$$

$$c_{\text{prezero}} = \text{repuesta del analizador de gases en el intervalo previo al ensayo a la concentración del gas de cero [ppm]}$$

$$c_{\text{postzero}} = \text{repuesta del analizador de gases en el intervalo posterior al ensayo a la concentración del gas de cero [ppm]}$$

ANEXO 5

CICLOS DE ENSAYO

1. Ciclos de ensayo

1.1. Ciclo de modo discreto en estado continuo

- a) En los motores de régimen variable, deberá seguirse el siguiente ciclo de ocho modos ⁽¹⁾ de funcionamiento del dinamómetro con el motor de ensayo:

Número de modo	Régimen del motor	Par [%]	Factor de ponderación
1	Nominal (*) o de referencia (**)	100	0,15
2	Nominal (*) o de referencia (**)	75	0,15
3	Nominal (*) o de referencia (**)	50	0,15
4	Nominal (*) o de referencia (**)	10	0,10
5	Intermedio	100	0,10
6	Intermedio	75	0,10
7	Intermedio	50	0,10
8	Ralentí	—	0,15

(*) Para los motores sometidos a ensayo conforme al anexo 4B, se utilizará el régimen desnormalizado (n_{denorm}) en lugar del régimen nominal definido en el apartado 7.7.1.1 del anexo 4B. En tal caso, (n_{denorm}) también se utilizará en lugar del régimen nominal al determinar el régimen intermedio.

(**) El régimen de referencia, definido en el apartado 4.3.1 del anexo 4A, es aplicable solo con carácter opcional en el caso de los motores sometidos a ensayo conforme al mencionado anexo.

- b) En los motores de régimen constante, deberá seguirse el siguiente ciclo de cinco modos ⁽²⁾ de funcionamiento del dinamómetro con el motor de ensayo:

Número de modo	Régimen del motor	Par [%]	Factor de ponderación
1	Nominal	100	0,05
2	Nominal	75	0,25
3	Nominal	50	0,30
4	Nominal	25	0,30
5	Nominal	10	0,10

Las cifras de carga son porcentajes del par correspondiente a la potencia nominal ⁽³⁾ definida como la máxima potencia disponible durante una secuencia de potencia variable que puede ejecutarse durante un número ilimitado de horas al año, entre los intervalos de mantenimiento establecidos y en las condiciones ambientales establecidas, realizándose el mantenimiento de conformidad con las instrucciones del fabricante.

1.2. Ciclo de ensayo con aumentos en estado continuo

- a) En los motores de régimen variable, en caso de ensayo modal con aumentos se aplicará el siguiente ciclo de ensayo de 9 modos:

Modo RMC	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor ⁽⁴⁾ , ⁽⁵⁾	Par [%] ⁽⁶⁾ , ⁽⁷⁾
1a Estado estacionario	126	Ralentí en caliente	0
1b Transición	20	Transición lineal ⁽²⁾	Transición lineal

⁽¹⁾ Idéntico al ciclo C1 descrito en el apartado 8.3 de la norma ISO 8178-4: 2008.

⁽²⁾ Idéntico al ciclo D2 descrito en el apartado 8.4 de la norma ISO 8178-4: 2008.

⁽³⁾ Para entender mejor la definición de potencia motriz, véase la figura 2 de la norma ISO 8528-1:1993(E).

Modo RMC	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor ^(a) , ^(c)	Par [%] ^(b) , ^(c)
2a Estado estacionario	159	Intermedio	100
2b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
3a Estado estacionario	160	Intermedio	50
3b Transición	20	Intermedio	Transición lineal
4a Estado estacionario	162	Intermedio	75
4b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
5a Estado estacionario	246	Nominal	100
5b Transición	20	Nominal	Transición lineal
6a Estado estacionario	164	Nominal	10
6b Transición	20	Nominal	Transición lineal
7a Estado estacionario	248	Nominal	75
7b Transición	20	Nominal	Transición lineal
8a Estado estacionario	247	Nominal	50
8b Transición	20	Transición lineal	Transición lineal
9 Estado estacionario	128	Ralentí en caliente	0

^(a) Régimen conforme a la nota al pie del ensayo de modo discreto en estado continuo.

^(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 hay algún cambio en el nivel de velocidad, una progresión lineal similar para el régimen del motor.

- b) En los motores de régimen constante, en caso de ensayo modal con aumentos se aplicará el siguiente ciclo de ensayo de cinco modos:

Modo RMC	Tiempo en el modo [s]	Régimen del motor	Par [%] ^(a) , ^(b)
1a Estado estacionario	53	Motor regulado	100
1b Transición	20	Motor regulado	Transición lineal
2a Estado estacionario	101	Motor regulado	10
2b Transición	20	Motor regulado	Transición lineal
3a Estado estacionario	277	Motor regulado	75
3b Transición	20	Motor regulado	Transición lineal
4a Estado estacionario	339	Motor regulado	25
4b Transición	20	Motor regulado	Transición lineal
5 Estado estacionario	350	Motor regulado	50

^(a) El par porcentual se refiere al par de ensayo máximo.

^(b) 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.

1.3. Ciclo transitorio

a) En los motores de régimen variable, se aplica el siguiente programa dinamométrico de transición total (velocidad variable y carga variable):

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
1	0	0	35	9	21	69	25	56
2	0	0	36	17	20	70	64	26
3	0	0	37	33	42	71	60	31
4	0	0	38	57	46	72	63	20
5	0	0	39	44	33	73	62	24
6	0	0	40	31	0	74	64	8
7	0	0	41	22	27	75	58	44
8	0	0	42	33	43	76	65	10
9	0	0	43	80	49	77	65	12
10	0	0	44	105	47	78	68	23
11	0	0	45	98	70	79	69	30
12	0	0	46	104	36	80	71	30
13	0	0	47	104	65	81	74	15
14	0	0	48	96	71	82	71	23
15	0	0	49	101	62	83	73	20
16	0	0	50	102	51	84	73	21
17	0	0	51	102	50	85	73	19
18	0	0	52	102	46	86	70	33
19	0	0	53	102	41	87	70	34
20	0	0	54	102	31	88	65	47
21	0	0	55	89	2	89	66	47
22	0	0	56	82	0	90	64	53
23	0	0	57	47	1	91	65	45
24	1	3	58	23	1	92	66	38
25	1	3	59	1	3	93	67	49
26	1	3	60	1	8	94	69	39
27	1	3	61	1	3	95	69	39
28	1	3	62	1	5	96	66	42
29	1	3	63	1	6	97	71	29
30	1	6	64	1	4	98	75	29
31	1	6	65	1	4	99	72	23
32	2	1	66	0	6	100	74	22
33	4	13	67	1	4	101	75	24
34	7	18	68	9	21	102	73	30

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
103	74	24	140	104	44	177	19	10
104	77	6	141	103	44	178	1	18
105	76	12	142	104	33	179	0	16
106	74	39	143	102	27	180	1	3
107	72	30	144	103	26	181	1	4
108	75	22	145	79	53	182	1	5
109	78	64	146	51	37	183	1	6
110	102	34	147	24	23	184	1	5
111	103	28	148	13	33	185	1	3
112	103	28	149	19	55	186	1	4
113	103	19	150	45	30	187	1	4
114	103	32	151	34	7	188	1	6
115	104	25	152	14	4	189	8	18
116	103	38	153	8	16	190	20	51
117	103	39	154	15	6	191	49	19
118	103	34	155	39	47	192	41	13
119	102	44	156	39	4	193	31	16
120	103	38	157	35	26	194	28	21
121	102	43	158	27	38	195	21	17
122	103	34	159	43	40	196	31	21
123	102	41	160	14	23	197	21	8
124	103	44	161	10	10	198	0	14
125	103	37	162	15	33	199	0	12
126	103	27	163	35	72	200	3	8
127	104	13	164	60	39	201	3	22
128	104	30	165	55	31	202	12	20
129	104	19	166	47	30	203	14	20
130	103	28	167	16	7	204	16	17
131	104	40	168	0	6	205	20	18
132	104	32	169	0	8	206	27	34
133	101	63	170	0	8	207	32	33
134	102	54	171	0	2	208	41	31
135	102	52	172	2	17	209	43	31
136	102	51	173	10	28	210	37	33
137	103	40	174	28	31	211	26	18
138	104	34	175	33	30	212	18	29
139	102	36	176	36	0	213	14	51

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
214	13	11	251	48	18	288	71	60
215	12	9	252	54	51	289	92	65
216	15	33	253	88	90	290	82	63
217	20	25	254	103	84	291	61	47
218	25	17	255	103	85	292	52	37
219	31	29	256	102	84	293	24	0
220	36	66	257	58	66	294	20	7
221	66	40	258	64	97	295	39	48
222	50	13	259	56	80	296	39	54
223	16	24	260	51	67	297	63	58
224	26	50	261	52	96	298	53	31
225	64	23	262	63	62	299	51	24
226	81	20	263	71	6	300	48	40
227	83	11	264	33	16	301	39	0
228	79	23	265	47	45	302	35	18
229	76	31	266	43	56	303	36	16
230	68	24	267	42	27	304	29	17
231	59	33	268	42	64	305	28	21
232	59	3	269	75	74	306	31	15
233	25	7	270	68	96	307	31	10
234	21	10	271	86	61	308	43	19
235	20	19	272	66	0	309	49	63
236	4	10	273	37	0	310	78	61
237	5	7	274	45	37	311	78	46
238	4	5	275	68	96	312	66	65
239	4	6	276	80	97	313	78	97
240	4	6	277	92	96	314	84	63
241	4	5	278	90	97	315	57	26
242	7	5	279	82	96	316	36	22
243	16	28	280	94	81	317	20	34
244	28	25	281	90	85	318	19	8
245	52	53	282	96	65	319	9	10
246	50	8	283	70	96	320	5	5
247	26	40	284	55	95	321	7	11
248	48	29	285	70	96	322	15	15
249	54	39	286	79	96	323	12	9
250	60	42	287	81	71	324	13	27

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
325	15	28	362	34	53	399	77	93
326	16	28	363	65	83	400	79	67
327	16	31	364	80	44	401	46	65
328	15	20	365	77	46	402	69	98
329	17	0	366	76	50	403	80	97
330	20	34	367	45	52	404	74	97
331	21	25	368	61	98	405	75	98
332	20	0	369	61	69	406	56	61
333	23	25	370	63	49	407	42	0
334	30	58	371	32	0	408	36	32
335	63	96	372	10	8	409	34	43
336	83	60	373	17	7	410	68	83
337	61	0	374	16	13	411	102	48
338	26	0	375	11	6	412	62	0
339	29	44	376	9	5	413	41	39
340	68	97	377	9	12	414	71	86
341	80	97	378	12	46	415	91	52
342	88	97	379	15	30	416	89	55
343	99	88	380	26	28	417	89	56
344	102	86	381	13	9	418	88	58
345	100	82	382	16	21	419	78	69
346	74	79	383	24	4	420	98	39
347	57	79	384	36	43	421	64	61
348	76	97	385	65	85	422	90	34
349	84	97	386	78	66	423	88	38
350	86	97	387	63	39	424	97	62
351	81	98	388	32	34	425	100	53
352	83	83	389	46	55	426	81	58
353	65	96	390	47	42	427	74	51
354	93	72	391	42	39	428	76	57
355	63	60	392	27	0	429	76	72
356	72	49	393	14	5	430	85	72
357	56	27	394	14	14	431	84	60
358	29	0	395	24	54	432	83	72
359	18	13	396	60	90	433	83	72
360	25	11	397	53	66	434	86	72
361	28	24	398	70	48	435	89	72

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
436	86	72	473	78	73	510	83	73
437	87	72	474	76	73	511	85	73
438	88	72	475	79	73	512	84	73
439	88	71	476	82	73	513	85	73
440	87	72	477	86	73	514	86	73
441	85	71	478	88	72	515	85	73
442	88	72	479	92	71	516	85	73
443	88	72	480	97	54	517	85	72
444	84	72	481	73	43	518	85	73
445	83	73	482	36	64	519	83	73
446	77	73	483	63	31	520	79	73
447	74	73	484	78	1	521	78	73
448	76	72	485	69	27	522	81	73
449	46	77	486	67	28	523	82	72
450	78	62	487	72	9	524	94	56
451	79	35	488	71	9	525	66	48
452	82	38	489	78	36	526	35	71
453	81	41	490	81	56	527	51	44
454	79	37	491	75	53	528	60	23
455	78	35	492	60	45	529	64	10
456	78	38	493	50	37	530	63	14
457	78	46	494	66	41	531	70	37
458	75	49	495	51	61	532	76	45
459	73	50	496	68	47	533	78	18
460	79	58	497	29	42	534	76	51
461	79	71	498	24	73	535	75	33
462	83	44	499	64	71	536	81	17
463	53	48	500	90	71	537	76	45
464	40	48	501	100	61	538	76	30
465	51	75	502	94	73	539	80	14
466	75	72	503	84	73	540	71	18
467	89	67	504	79	73	541	71	14
468	93	60	505	75	72	542	71	11
469	89	73	506	78	73	543	65	2
470	86	73	507	80	73	544	31	26
471	81	73	508	81	73	545	24	72
472	78	73	509	81	73	546	64	70

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
547	77	62	584	89	68	621	65	73
548	80	68	585	99	61	622	68	73
549	83	53	586	77	29	623	65	49
550	83	50	587	81	72	624	81	0
551	83	50	588	89	69	625	37	25
552	85	43	589	49	56	626	24	69
553	86	45	590	79	70	627	68	71
554	89	35	591	104	59	628	70	71
555	82	61	592	103	54	629	76	70
556	87	50	593	102	56	630	71	72
557	85	55	594	102	56	631	73	69
558	89	49	595	103	61	632	76	70
559	87	70	596	102	64	633	77	72
560	91	39	597	103	60	634	77	72
561	72	3	598	93	72	635	77	72
562	43	25	599	86	73	636	77	70
563	30	60	600	76	73	637	76	71
564	40	45	601	59	49	638	76	71
565	37	32	602	46	22	639	77	71
566	37	32	603	40	65	640	77	71
567	43	70	604	72	31	641	78	70
568	70	54	605	72	27	642	77	70
569	77	47	606	67	44	643	77	71
570	79	66	607	68	37	644	79	72
571	85	53	608	67	42	645	78	70
572	83	57	609	68	50	646	80	70
573	86	52	610	77	43	647	82	71
574	85	51	611	58	4	648	84	71
575	70	39	612	22	37	649	83	71
576	50	5	613	57	69	650	83	73
577	38	36	614	68	38	651	81	70
578	30	71	615	73	2	652	80	71
579	75	53	616	40	14	653	78	71
580	84	40	617	42	38	654	76	70
581	85	42	618	64	69	655	76	70
582	86	49	619	64	74	656	76	71
583	86	57	620	67	73	657	79	71

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
658	78	71	695	101	69	732	103	30
659	81	70	696	100	69	733	103	44
660	83	72	697	102	71	734	102	40
661	84	71	698	102	71	735	103	43
662	86	71	699	102	69	736	103	41
663	87	71	700	102	71	737	102	46
664	92	72	701	102	68	738	103	39
665	91	72	702	100	69	739	102	41
666	90	71	703	102	70	740	103	41
667	90	71	704	102	68	741	102	38
668	91	71	705	102	70	742	103	39
669	90	70	706	102	72	743	102	46
670	90	72	707	102	68	744	104	46
671	91	71	708	102	69	745	103	49
672	90	71	709	100	68	746	102	45
673	90	71	710	102	71	747	103	42
674	92	72	711	101	64	748	103	46
675	93	69	712	102	69	749	103	38
676	90	70	713	102	69	750	102	48
677	93	72	714	101	69	751	103	35
678	91	70	715	102	64	752	102	48
679	89	71	716	102	69	753	103	49
680	91	71	717	102	68	754	102	48
681	90	71	718	102	70	755	102	46
682	90	71	719	102	69	756	103	47
683	92	71	720	102	70	757	102	49
684	91	71	721	102	70	758	102	42
685	93	71	722	102	62	759	102	52
686	93	68	723	104	38	760	102	57
687	98	68	724	104	15	761	102	55
688	98	67	725	102	24	762	102	61
689	100	69	726	102	45	763	102	61
690	99	68	727	102	47	764	102	58
691	100	71	728	104	40	765	103	58
692	99	68	729	101	52	766	102	59
693	100	69	730	103	32	767	102	54
694	102	72	731	102	50	768	102	63

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
769	102	61	806	105	94	843	80	26
770	103	55	807	105	100	844	80	26
771	102	60	808	105	98	845	81	25
772	102	72	809	105	95	846	80	21
773	103	56	810	105	96	847	81	20
774	102	55	811	105	92	848	83	21
775	102	67	812	104	97	849	83	15
776	103	56	813	100	85	850	83	12
777	84	42	814	94	74	851	83	9
778	48	7	815	87	62	852	83	8
779	48	6	816	81	50	853	83	7
780	48	6	817	81	46	854	83	6
781	48	7	818	80	39	855	83	6
782	48	6	819	80	32	856	83	6
783	48	7	820	81	28	857	83	6
784	67	21	821	80	26	858	83	6
785	105	59	822	80	23	859	76	5
786	105	96	823	80	23	860	49	8
787	105	74	824	80	20	861	51	7
788	105	66	825	81	19	862	51	20
789	105	62	826	80	18	863	78	52
790	105	66	827	81	17	864	80	38
791	89	41	828	80	20	865	81	33
792	52	5	829	81	24	866	83	29
793	48	5	830	81	21	867	83	22
794	48	7	831	80	26	868	83	16
795	48	5	832	80	24	869	83	12
796	48	6	833	80	23	870	83	9
797	48	4	834	80	22	871	83	8
798	52	6	835	81	21	872	83	7
799	51	5	836	81	24	873	83	6
800	51	6	837	81	24	874	83	6
801	51	6	838	81	22	875	83	6
802	52	5	839	81	22	876	83	6
803	52	5	840	81	21	877	83	6
804	57	44	841	81	31	878	59	4
805	98	90	842	81	27	879	50	5

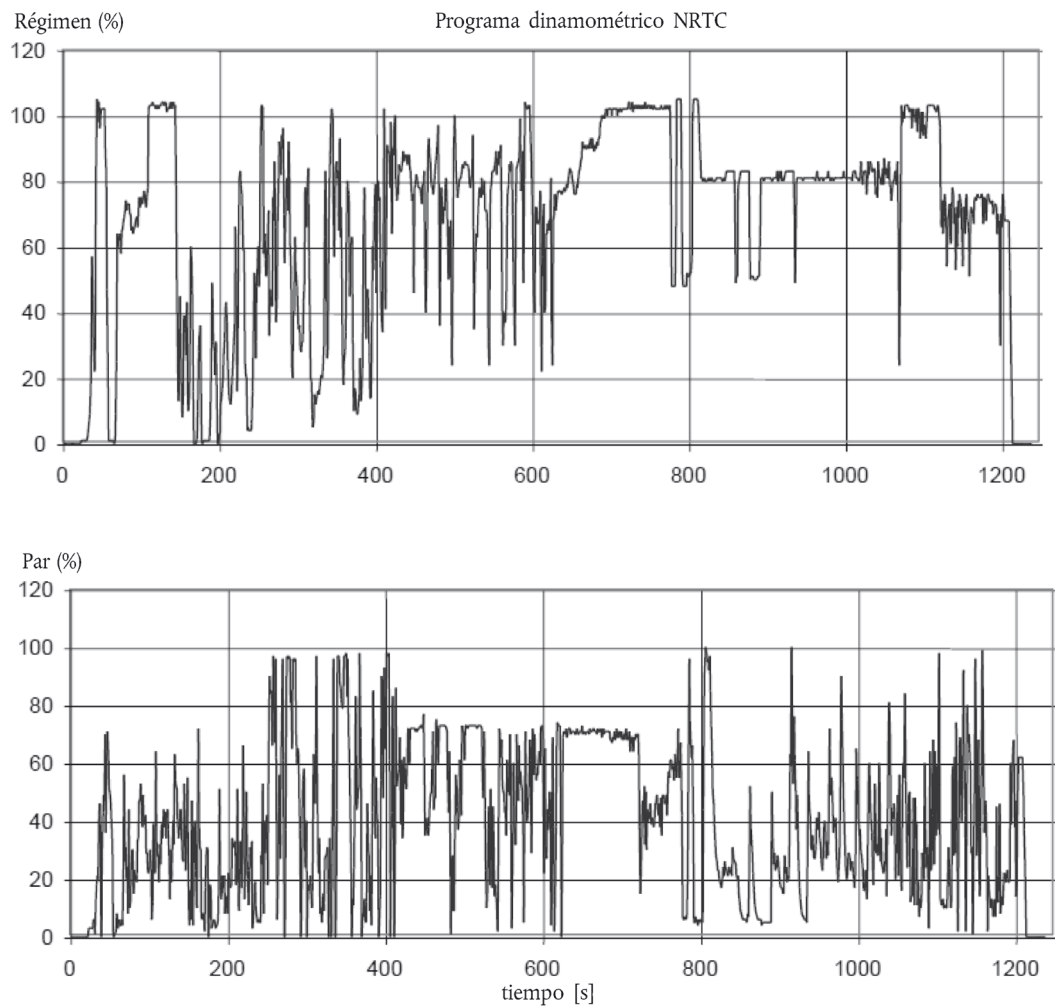
Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
880	51	5	917	81	73	954	81	26
881	51	5	918	83	53	955	81	23
882	51	5	919	80	76	956	81	27
883	50	5	920	81	61	957	81	38
884	50	5	921	80	50	958	81	40
885	50	5	922	81	37	959	81	39
886	50	5	923	82	49	960	81	27
887	50	5	924	83	37	961	81	33
888	51	5	925	83	25	962	80	28
889	51	5	926	83	17	963	81	34
890	51	5	927	83	13	964	83	72
891	63	50	928	83	10	965	81	49
892	81	34	929	83	8	966	81	51
893	81	25	930	83	7	967	80	55
894	81	29	931	83	7	968	81	48
895	81	23	932	83	6	969	81	36
896	80	24	933	83	6	970	81	39
897	81	24	934	83	6	971	81	38
898	81	28	935	71	5	972	80	41
899	81	27	936	49	24	973	81	30
900	81	22	937	69	64	974	81	23
901	81	19	938	81	50	975	81	19
902	81	17	939	81	43	976	81	25
903	81	17	940	81	42	977	81	29
904	81	17	941	81	31	978	83	47
905	81	15	942	81	30	979	81	90
906	80	15	943	81	35	980	81	75
907	80	28	944	81	28	981	80	60
908	81	22	945	81	27	982	81	48
909	81	24	946	80	27	983	81	41
910	81	19	947	81	31	984	81	30
911	81	21	948	81	41	985	80	24
912	81	20	949	81	41	986	81	20
913	83	26	950	81	37	987	81	21
914	80	63	951	81	43	988	81	29
915	80	59	952	81	34	989	81	29
916	83	100	953	81	31	990	81	27

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
991	81	23	1 028	79	51	1 065	79	49
992	81	25	1 029	86	26	1 066	83	50
993	81	26	1 030	82	34	1 067	86	12
994	81	22	1 031	84	25	1 068	64	14
995	81	20	1 032	86	23	1 069	24	14
996	81	17	1 033	85	22	1 070	49	21
997	81	23	1 034	83	26	1 071	77	48
998	83	65	1 035	83	25	1 072	103	11
999	81	54	1 036	83	37	1 073	98	48
1 000	81	50	1 037	84	14	1 074	101	34
1 001	81	41	1 038	83	39	1 075	99	39
1 002	81	35	1 039	76	70	1 076	103	11
1 003	81	37	1 040	78	81	1 077	103	19
1 004	81	29	1 041	75	71	1 078	103	7
1 005	81	28	1 042	86	47	1 079	103	13
1 006	81	24	1 043	83	35	1 080	103	10
1 007	81	19	1 044	81	43	1 081	102	13
1 008	81	16	1 045	81	41	1 082	101	29
1 009	80	16	1 046	79	46	1 083	102	25
1 010	83	23	1 047	80	44	1 084	102	20
1 011	83	17	1 048	84	20	1 085	96	60
1 012	83	13	1 049	79	31	1 086	99	38
1 013	83	27	1 050	87	29	1 087	102	24
1 014	81	58	1 051	82	49	1 088	100	31
1 015	81	60	1 052	84	21	1 089	100	28
1 016	81	46	1 053	82	56	1 090	98	3
1 017	80	41	1 054	81	30	1 091	102	26
1 018	80	36	1 055	85	21	1 092	95	64
1 019	81	26	1 056	86	16	1 093	102	23
1 020	86	18	1 057	79	52	1 094	102	25
1 021	82	35	1 058	78	60	1 095	98	42
1 022	79	53	1 059	74	55	1 096	93	68
1 023	82	30	1 060	78	84	1 097	101	25
1 024	83	29	1 061	80	54	1 098	95	64
1 025	83	32	1 062	80	35	1 099	101	35
1 026	83	28	1 063	82	24	1 100	94	59
1 027	76	60	1 064	83	43	1 101	97	37

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
1 102	97	60	1 139	67	80	1 176	67	45
1 103	93	98	1 140	70	67	1 177	75	13
1 104	98	53	1 141	53	70	1 178	75	12
1 105	103	13	1 142	72	65	1 179	73	21
1 106	103	11	1 143	60	57	1 180	68	46
1 107	103	11	1 144	74	29	1 181	74	8
1 108	103	13	1 145	69	31	1 182	76	11
1 109	103	10	1 146	76	1	1 183	76	14
1 110	103	10	1 147	74	22	1 184	74	11
1 111	103	11	1 148	72	52	1 185	74	18
1 112	103	10	1 149	62	96	1 186	73	22
1 113	103	10	1 150	54	72	1 187	74	20
1 114	102	18	1 151	72	28	1 188	74	19
1 115	102	31	1 152	72	35	1 189	70	22
1 116	101	24	1 153	64	68	1 190	71	23
1 117	102	19	1 154	74	27	1 191	73	19
1 118	103	10	1 155	76	14	1 192	73	19
1 119	102	12	1 156	69	38	1 193	72	20
1 120	99	56	1 157	66	59	1 194	64	60
1 121	96	59	1 158	64	99	1 195	70	39
1 122	74	28	1 159	51	86	1 196	66	56
1 123	66	62	1 160	70	53	1 197	68	64
1 124	74	29	1 161	72	36	1 198	30	68
1 125	64	74	1 162	71	47	1 199	70	38
1 126	69	40	1 163	70	42	1 200	66	47
1 127	76	2	1 164	67	34	1 201	76	14
1 128	72	29	1 165	74	2	1 202	74	18
1 129	66	65	1 166	75	21	1 203	69	46
1 130	54	69	1 167	74	15	1 204	68	62
1 131	69	56	1 168	75	13	1 205	68	62
1 132	69	40	1 169	76	10	1 206	68	62
1 133	73	54	1 170	75	13	1 207	68	62
1 134	63	92	1 171	75	10	1 208	68	62
1 135	61	67	1 172	75	7	1 209	68	62
1 136	72	42	1 173	75	13	1 210	54	50
1 137	78	2	1 174	76	8	1 211	41	37
1 138	76	34	1 175	76	7	1 212	27	25

Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %	Tiempo s	Norm. Régimen %	Norm. Par %
1 213	14	12	1 222	0	0	1 231	0	0
1 214	0	0	1 223	0	0	1 232	0	0
1 215	0	0	1 224	0	0	1 233	0	0
1 216	0	0	1 225	0	0	1 234	0	0
1 217	0	0	1 226	0	0	1 235	0	0
1 218	0	0	1 227	0	0	1 236	0	0
1 219	0	0	1 228	0	0	1 237	0	0
1 220	0	0	1 229	0	0	1 238	0	0
1 221	0	0	1 230	0	0			

A continuación se muestra un gráfico del programa dinamométrico NRTC:



ANEXO 6

Características técnicas del combustible de referencia prescritas para los ensayos de homologación y para la verificación de la conformidad de la producción ⁽¹⁾

Cuadro 1

Para las bandas de potencia D a G

	Límites y unidades ⁽¹⁾ ⁽²⁾	Método de ensayo
Índice de cetano ⁽⁴⁾	Mínimo 45 ⁽⁷⁾ Máximo 50	ISO 5165
Densidad a 15 °C	Mínimo 835 kg/m ³ Máximo 845 kg/m ³ ⁽¹⁰⁾	ISO 3675, ASTM D4052
Punto de destilación ⁽³⁾ del 95 %	Máximo 370 °C	ISO 3405
Viscosidad a 40 °C	Mínimo 2,5 mm ² /s Máximo 3,5 mm ² /s	ISO 3104
Contenido en azufre	Mínimo 0,1 % masa ⁽⁹⁾ Máximo 0,2 % masa ⁽⁸⁾	ISO 8754 ISO 24260:
Punto de ignición	Mínimo 55 °C	ISO 2719
CFPP	Mínimo - Máximo +5 °C	EN 116
Corrosión de la tira de cobre	Máximo 1	ISO 2160
Carbono Conradson en residuo (10 % DR)	Máximo 0,3 % masa	ISO 10370
Contenido en cenizas	Máximo 0,01 % masa	ASTM D482 ⁽¹¹⁾
Contenido en agua	Máximo 0,05 % masa	ASTM D95, D1744
Índice de neutralización (ácido fuerte)	Mínimo 0,20 mg KOH/g	
Estabilidad a la oxidación ⁽⁵⁾	Máximo 2,5 mg/100 ml	ASTM D2274
Aditivos ⁽⁶⁾		

⁽¹⁾ Si es preciso calcular el rendimiento térmico de un motor o de un vehículo, el poder calorífico del combustible se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

Energía especificada (poder calorífico) (neto) MJ/kg = $(46,423 - 8,792 d^2 + 3,170 d) \times (1 - (x + y + s)) + 9,420 s - 2,499 x$

donde:

d es la densidad a 15 °C

x es la proporción por masa de agua (porcentaje dividido por 100)

y es la proporción por masa de cenizas (porcentaje dividido por 100)

s es la proporción por masa de azufre (porcentaje dividido por 100)

⁽²⁾ Los valores indicados en la especificación son «valores verdaderos». Al establecer los valores límite se han aplicado los términos de la norma ASTM D 3244 «Defining a Basis for Petroleum Product Quality Disputes» (Definición de una norma para los desacuerdos sobre la calidad de los productos derivados del petróleo), y al fijar un valor mínimo se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de 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 estadísticas, el fabricante de combustible 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 las prescripciones de la especificación, se aplicarían los términos de la norma ASTM D3244.

⁽³⁾ Las cifras citadas muestran las cantidades evaporadas (porcentaje recuperado + porcentaje perdido).

⁽⁴⁾ El intervalo 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 ASTM D3244, siempre que se dé preferencia a las repeticiones de mediciones en número suficiente sobre las determinaciones únicas, para conseguir la precisión necesaria.

⁽⁵⁾ Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Se recomienda consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

⁽¹⁾ Todas las características del combustible y los valores límite se revisarán a la luz de las tendencias de los mercados.

(6) Este combustible debe basarse únicamente en componentes de la destilación primaria o de productos de craqueado; se permite la desulfuración. No podrá contener ningún aditivo metálico ni mejorador del índice de cetano.

(7) Se permiten valores inferiores, en cuyo caso se habrá de comunicar el índice de cetano del combustible de referencia utilizado.

(8) Se permiten valores superiores, en cuyo caso se habrá de comunicar el contenido en azufre del combustible de referencia utilizado.

(9) Se someterá a examen permanente a la luz de las tendencias de los mercados. A efectos de la homologación inicial de un motor a petición del solicitante, se admitirá un contenido nominal de azufre en peso del 0,05 % (mínimo el 0,03 % en peso), en cuyo caso el nivel medido de partículas deberá corregirse al alza hasta el valor medio especificado nominalmente para el contenido en azufre del combustible (el 0,15 % en peso), por medio de la ecuación siguiente:

$$PT_{adj} = PT + [SFC \times 0,0917 \times (NSLF - FSF)]$$

donde:

PT_{adj} = valor PT ajustado [g/kWh]

PT = valor ponderado de las emisiones específicas medido para la emisión de partículas [g/kWh]

SFC = consumo de combustible específico ponderado [g/kWh], calculado por medio de la ecuación siguiente

NSLF = promedio de la especificación nominal de la fracción másica del contenido en azufre (es decir, el 0,15 %/100)

FSF = fracción másica del contenido en azufre en el combustible [%/100]

Ecuación de cálculo del consumo ponderado de combustible específico:

$$SFC = \frac{\sum_{i=1}^n G_{FUEL,i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i} \quad \text{donde: } P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

A los fines de las evaluaciones de la conformidad de la producción con arreglo al apartado 7.4.2, los requisitos se satisfarán con un combustible de referencia que cumpla el nivel mínimo/máximo del 0,1/0,2 % de la masa.

(10) Se permiten valores superiores hasta 855 kg/m³, en cuyo caso se habrá de comunicar la densidad del combustible de referencia utilizado. A los fines de las evaluaciones de la conformidad de la producción con arreglo al apartado 7.4.2, los requisitos se satisfarán con un combustible de referencia que cumpla el nivel mínimo/máximo de 835/845 kg/m³.

(11) Se sustituirá por EN/ISO 6245 con efecto desde la fecha de aplicación.

Cuadro 2

Para las bandas de potencia H a K

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
Índice de cetano ⁽²⁾		52,0	54,0	EN-ISO 5165
Densidad a 15°C	kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675
Destilación:				
50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405
95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Punto final de ebullición	°C	—	370	EN-ISO 3405
Punto de ignición	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	– 5	EN 116
Viscosidad a 40°C	mm ² /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Contenido en azufre ⁽³⁾	mg/kg	—	300	ASTM D 5453
Corrosión de la tira de cobre		—	clase 1	EN-ISO 2160
Carbono Conradson en el residuo (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Contenido en cenizas	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
Contenido de agua	% m/m	—	0,05	EN-ISO 12937
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974
Estabilidad a la oxidación ⁽⁴⁾	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205

⁽¹⁾ Los valores indicados en la especificación son «valores verdaderos». 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 del combustible 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 las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259.

⁽²⁾ El intervalo 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⁾ Se comunicará el contenido real de azufre del combustible utilizado para el ensayo.

⁽⁴⁾ Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Se recomienda consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

Cuadro 3

Para las bandas de potencia L a P, Q y R

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
Índice de cetano ⁽²⁾			54,0	EN-ISO 5165
Densidad a 15 °C	kg/m ³	833	865	EN-ISO 3675
Destilación:				
50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405
95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Punto final de ebullición	°C	—	370	EN-ISO 3405
Punto de ignición	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	– 5	EN 116
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Contenido en azufre ⁽³⁾	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosión de la tira de cobre		—	clase 1	EN-ISO 2160
Carbono Conradson en residuo (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Contenido en ceniza	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contenido en agua	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974
Estabilidad a la oxidación ⁽⁴⁾	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Lubricidad (diámetro del detector HFRR a 60 °C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
Ésteres metílicos de ácidos grasos	prohibido			

⁽¹⁾ Los valores indicados en la especificación son «valores verdaderos». 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 del combustible 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 las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259.

⁽²⁾ El intervalo 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⁾ Se comunicará el contenido real en azufre del combustible utilizado para el ensayo del tipo I.

⁽⁴⁾ Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Se recomienda consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

ANEXO 7

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 emisiones del cárter del cigüeñal	Sí
	Caudalímetro de aire	Sí
	Filtro de aire	Sí ^(a)
	Silenciador de admisión	Sí ^(a)
	Calentador por inducción del colector de admisión	Sí, equipamiento de serie. A ser posible, debe regularse en la posición más favorable.
2	Sistema de escape	
	Tratamiento posterior 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
	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
5	Equipamiento de refrigeración por líquido	
	Radiador	No
	Ventilador	No
	Carenado del ventilador	No
	Bomba de agua	Sí ^(e)
	Termostato	Sí ^(f)
6	Refrigeración por aire	
	Carenado	No ^(g)
	Ventilador o soplador	No ^(g)
	Dispositivo termorregulador	No

Número	Equipos y accesorios	Instalado para el ensayo de emisiones
7	Equipamiento eléctrico Generador	Sí ^(h)
8	Equipamiento de sobrealimentación Accionamiento por compresor o directamente por el motor, o por los gases de escape Refrigerador del aire de sobrealimentación Bomba del refrigerante o ventilador (accionados por el motor) Dispositivo regulador del flujo de refrigerante	Sí Sí ^(g) , ⁽ⁱ⁾ No ^(g) 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 ^(j)
12	Bomba de aceite lubricante	Sí
13	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. 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, de acuerdo con lo establecido para la aplicación prevista:

- 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, de acuerdo con lo establecido para la aplicación prevista:

- i) Cuando exista riesgo de efecto apreciable en la potencia del motor;
- ii) Cuando el fabricante así lo indique.

En otros casos podrá usarse un sistema equivalente, siempre que la presión medida no difiera en más de 1 000 Pa del límite superior especificado por el fabricante.

^(c) Si el motor lleva un freno de escape incorporado, la válvula de mariposa se fijará en su posición de apertura total.

^(d) Si es necesario, la presión de alimentación de combustible podrá ajustarse para reproducir la presión que exista 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) Potencia mínima del generador: la potencia eléctrica del generador se limitará a la imprescindible para que funcionen los accesorios indispensables para el funcionamiento del motor. Si es necesario conectar una batería, se empleará una batería completamente cargada y en buenas condiciones.

⁽ⁱ⁾ 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.

^(j) La potencia de los sistemas eléctricos o de otros sistemas de arranque se obtendrá a partir del banco de pruebas.

ANEXO 8

REQUISITOS DE DURABILIDAD

1. VERIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN DE LAS BANDAS DE POTENCIA H A P

Este anexo se aplicará únicamente a los motores de encendido por compresión de las bandas de potencia H a P

1.1. En el caso de todas las familias de motores de las bandas de potencia H a P, los fabricantes determinarán un valor del factor de deterioro (*DF*) para cada contaminante regulado. Estos *DF* se utilizarán con fines de homologación y ensayos en la cadena de producción.1.1.1. El ensayo de determinación de los *DF* se realizará como sigue:

1.1.1.1. El fabricante realizará ensayos de durabilidad para acumular horas de funcionamiento del motor de acuerdo con un plan de ensayos, el cual se habrá seleccionado basándose en las buenas prácticas técnicas por ser representativo del funcionamiento del motor en condiciones reales con el fin de establecer las características del deterioro del funcionamiento en lo que se refiere a las emisiones. El período durante el cual se realizará el ensayo de durabilidad será normalmente equivalente a un cuarto del período de durabilidad de las emisiones (EDP) como mínimo

Podrán acumularse horas de rodaje haciendo funcionar el motor en un banco de ensayos dinamométrico o utilizándolo en una máquina en la vida real. Se podrá recurrir a ensayos de durabilidad acelerados si el programa de rodaje se realiza a un factor de carga más elevado que el del uso normal en la vida real. El fabricante determinará el factor de aceleración que relaciona el número de horas del ensayo de durabilidad del motor con el número de horas EDP equivalente basándose en las buenas prácticas técnicas.

Durante el ensayo de durabilidad, no se podrán someter a revisión componentes importantes para las emisiones ni reemplazarlos más que siguiendo el plan de mantenimiento recomendado por el fabricante.

El fabricante del motor seleccionará el motor y los subsistemas o componentes del ensayo que se utilizarán para determinar los *DF* de las emisiones de gases de escape de una familia de motores o de familias de motores con una tecnología de control de las emisiones equivalente basándose en las buenas prácticas técnicas. El criterio consiste en que el motor de ensayo debe representar las características de deterioro de las emisiones de las familias de motores que aplicarán los valores de los *DF* resultantes para la homologación de tipo. Los motores de diferentes diámetros, número de tiempos, configuración, sistemas de gestión del aire o sistemas de combustible se considerarán equivalentes en cuanto a las características de deterioro de las emisiones si hay una base técnica razonable para tal consideración.

Podrán aplicarse los valores de los *DF* de otro fabricante si hay motivos razonables para considerar la equivalencia tecnológica en relación con el deterioro de las emisiones y está demostrado que los ensayos se han realizado de acuerdo con los requisitos especificados.

Los ensayos de emisiones se realizarán siguiendo los procedimientos definidos en el presente Reglamento para el motor de ensayo después del rodaje inicial pero antes de cualquier otro ensayo de rodaje, y a la conclusión del ensayo de durabilidad. Los ensayos de emisiones se podrán efectuar también a intervalos durante el período del ensayo de rodaje y utilizarse para determinar las pautas de deterioro.

1.1.1.2. 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.

1.1.1.3. Determinación de los valores de los *DF* a partir de los ensayos de durabilidad

Por *DF* aditivo se entiende el valor obtenido restando el valor de las emisiones determinado al principio del EDP del valor de las emisiones determinado que representa las prestaciones relativas a las emisiones al final del EDP.

Por *DF* multiplicativo se entiende el nivel de emisiones determinado al final del EDP dividido por el valor de las emisiones registrado al principio del EDP.

Se establecerán distintos valores de *DF* para cada contaminante previsto por la legislación. En el caso de determinar un valor de *DF* relativo a la norma $\text{NO}_x + \text{HC}$, cuando se trate de un *DF* aditivo, dicho valor se determinará basándose en la suma de los contaminantes, a pesar de que un deterioro negativo relativo a un contaminante no puede compensar el deterioro del otro. Para obtener un *DF* multiplicativo para $\text{NO}_x + \text{HC}$ se determinarán y aplicarán *DF* por separado para HC y NO_x al calcular los niveles deteriorados de emisiones a partir del resultado de un ensayo de emisiones antes de combinar los valores de NO_x y HC deteriorados resultantes para determinar el cumplimiento de la norma.

En caso de que los ensayos no se realicen para todo el EDP, los valores de las emisiones al término del EDP se determinarán extrapolando a todo el EDP la pauta de deterioro de las emisiones establecida para el período de ensayo.

Si durante el ensayo de durabilidad de rodaje se han registrado periódicamente los resultados de los ensayos de emisiones, se aplicarán técnicas de tratamiento estadístico estándar basadas en buenas prácticas a fin de determinar los niveles de emisiones al término del EDP. Para determinar los valores finales de las emisiones, podrán aplicarse test de significancia estadística.

Si los resultados de los cálculos son un valor inferior a 1,00 para un *DF* multiplicativo o inferior a 0,00 para un *DF* aditivo, entonces el *DF* será de 1,0 y 0,00 respectivamente.

- 1.1.1.4. Previa autorización de la autoridad de homologación, un fabricante podrá utilizar valores de *DF* establecidos a partir de los resultados de los ensayos de durabilidad realizados para obtener valores de *DF* para la certificación de motores de encendido por compresión de carretera. Ello se autorizará si existe una equivalencia tecnológica entre el motor de carretera de ensayo y las familias de motores no de carretera que aplican los valores de los *DF* para la certificación. Los valores de los *DF* derivados de los resultados de los ensayos de durabilidad de las emisiones de los motores de carretera se calcularán basándose en los valores EDP definidos en el apartado 3.
- 1.1.1.5. En caso de que una familia de motores utilice una tecnología bien conocida, podrá utilizarse un análisis basado en buenas prácticas técnicas en lugar de realizar ensayos para determinar un factor de deterioro para esa familia de motores, previa autorización de la autoridad de homologación.
- 1.2. Información sobre los *DF* en las solicitudes de homologación
- 1.2.1. En el caso de los motores de encendido por compresión que no utilicen ningún dispositivo de postratamiento, en la solicitud de homologación de una familia de motores se especificarán *DF* aditivos para cada contaminante.
- 1.2.2. En el caso de los motores de encendido por compresión que utilicen un dispositivo de postratamiento, en la solicitud de homologación de una familia de motores se especificarán *DF* multiplicativos para cada contaminante.
- 1.2.3. A petición de la autoridad de homologación, el fabricante le aportará información para justificar los valores de los *DF*. Esa información incluirá, por lo general, los resultados de los ensayos de emisiones, el programa de rodaje, los procedimientos de mantenimiento y datos que apoyen las decisiones técnicas sobre la equivalencia tecnológica, si procede.
2. VERIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN DE LAS BANDAS DE POTENCIA Q A R
- 2.1 Generalidades
- 2.1.1. El presente apartado se aplicará a los motores de encendido por compresión de las bandas de potencia Q a R. A petición del fabricante, también podrá aplicarse a los motores de encendido por compresión de las bandas de potencia H a P como alternativa a los requisitos del apartado 1 del presente anexo.
- 2.1.2. En el presente apartado 2 se presentan en detalle los procedimientos para seleccionar los motores que vayan a ser sometidos a ensayo a lo largo de un programa de rodaje a fin de determinar los factores de deterioro para la homologación de tipo y la evaluación de la conformidad de la producción de los motores de la fase IV. Los factores de deterioro se aplicarán, conforme al apartado 2.4.7, a las emisiones medidas con arreglo al anexo 4B del presente Reglamento.
- 2.1.3. 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.
- 2.1.4. En el presente apartado 2 se precisan asimismo las actividades de mantenimiento, relacionadas o no con las emisiones, a las que pueden o deben someterse los motores que sigan un programa de rodaje. Tal mantenimiento deberá ajustarse al realizado en los motores en servicio y ser comunicado a los propietarios de nuevos motores.
- 2.1.5. A petición del fabricante, la autoridad de homologación de tipo podrá autorizar la utilización de factores de deterioro establecidos mediante otros procedimientos distintos de los especificados en los apartados 2.4.1 a 2.4.5. En este caso, el fabricante demostrará, a satisfacción de la autoridad de homologación de tipo, que los otros procedimientos que se han utilizado no son menos rigurosos que los previstos en los apartados 2.4.1 a 2.4.5.
- 2.2. Reservado
- 2.3. Selección de los motores para determinar los factores de deterioro del período de durabilidad de las emisiones
- 2.3.1. Los motores se seleccionarán dentro de la familia de motores definida en el anexo 1B del presente Reglamento con el objeto de la realización de ensayos de emisiones a fin de determinar los factores de deterioro del período de durabilidad de las emisiones.

- 2.3.2. Los motores pertenecientes a diferentes familias de motores podrán agruparse en nuevas familias en función del tipo de sistema de postratamiento del gas de escape utilizado. A fin de agrupar en la misma familia de motores-sistemas de postratamiento motores que presentan distintas configuraciones cilíndricas pero que poseen 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 dichos sistemas de motor son similares.
- 2.3.3. El fabricante del motor seleccionará un motor en representación de la familia de motores-sistemas de postratamiento de conformidad con el apartado 2.3.2 para someterlo a ensayo durante el programa de rodaje definido en el apartado 2.4.2, e informará al respecto a la autoridad de homologación de tipo antes de que se inicien los ensayos.
- 2.3.3.1. En caso de que la autoridad de homologación de tipo decida que el caso más desfavorable de la familia de motores-sistemas de postratamiento puede caracterizarse mejor mediante otro motor, este será seleccionado conjuntamente por la autoridad de homologación de tipo y por el fabricante del motor.
- 2.4. Determinación de los factores de deterioro del período de durabilidad de las emisiones
- 2.4.1. Generalidades
- Los factores de deterioro aplicables 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 ensayos NRSC y NRTC.
- 2.4.2. Programa de rodaje
- Para la puesta en práctica de los programas de rodaje, el fabricante podrá optar por hacer funcionar una máquina equipada con el motor seleccionado a lo largo de un programa de rodaje en servicio o por hacer funcionar el motor seleccionado a lo largo de un programa de rodaje en dinámometro.
- 2.4.2.1. Programa de rodaje en servicio y programa de rodaje en dinámometro
- 2.4.2.1.1. El fabricante determinará la forma y la duración del rodaje y del ciclo de envejecimiento de los motores de conformidad con las buenas prácticas técnicas.
- 2.4.2.1.2. El fabricante determinará los puntos de ensayo donde se comprobarán las emisiones de gases y partículas con los ciclos NRTC y NRSC en caliente. Habrá, como mínimo, tres puntos de ensayo: uno al principio, uno aproximadamente a la mitad y uno al final del programa de rodaje.
- 2.4.2.1.3. Los valores de las emisiones en el punto inicial y en el punto final del período de durabilidad de las emisiones calculado conforme al apartado 2.4.5.2 se situarán dentro de los límites aplicables a la familia de motores, pero los resultados de las emisiones individuales obtenidos en los puntos de ensayo podrán superar dichos valores límites.
- 2.4.2.1.4. A petición del fabricante y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, solo será necesario efectuar un ciclo de ensayo (el ciclo NRSC o bien el ciclo NRTC en caliente) en cada punto de ensayo, y el otro ciclo solo deberá realizarse al principio y al final del programa de rodaje.
- 2.4.2.1.5. En el caso de motores de régimen constante, solo se efectuará el ciclo NRSC en cada punto de ensayo.
- 2.4.2.1.6. Los programas de rodaje podrán ser diferentes para las distintas familias de motores-sistemas de postratamiento.
- 2.4.2.1.7. Los programas de rodaje podrán ser más cortos que el período de durabilidad de las emisiones, pero su duración no será inferior a la equivalente a, al menos, un cuarto del período de durabilidad de las emisiones correspondiente que se especifica en el apartado 3 del presente anexo.
- 2.4.2.1.8. 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 %.
- 2.4.2.1.9. A petición del fabricante y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, se permitirán otros métodos de envejecimiento acelerado.
- 2.4.2.1.10. 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.
- 2.4.2.2. 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.

- 2.4.3. Ensayo del motor
- 2.4.3.1. Estabilización del sistema de motor
- 2.4.3.1.1. El fabricante determinará, para cada familia de motores-sistemas de postratamiento, el número de horas de funcionamiento de la máquina o del motor que son necesarias para que se establezca 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. Otra posibilidad consiste en que el fabricante opte por hacer funcionar el motor o la máquina entre 60 y 125 horas o el tiempo equivalente en el ciclo de envejecimiento para estabilizar el motor-sistema de postratamiento.
- 2.4.3.1.2. Se considerará que el fin del período de estabilización determinado en el apartado 2.4.3.1.1 marca el inicio del programa de rodaje.
- 2.4.3.2. Ensayo de rodaje
- 2.4.3.2.1. Tras la estabilización, el motor estará en funcionamiento durante el programa de rodaje seleccionado por el fabricante, como se describe en el apartado 2.3.2. En los intervalos periódicos del programa de rodaje que el fabricante ha determinado y, cuando sea posible, que la autoridad de homologación de tipo también ha estipulado con arreglo al apartado 2.4.2.2, se someterá a ensayo el motor con respecto a las emisiones de gases y de partículas durante los ciclos NRSC y NRTC en caliente.

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 apartado 2.4.2.1.4, si se ha acordado que solo se efectúe un ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) en cada punto de ensayo, el otro ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) se efectuará al principio y al final del programa de rodaje.

Conforme al apartado 2.4.2.1.5, en el caso de motores de régimen constante, solo se efectuará el ciclo NRSC en cada punto de ensayo.

- 2.4.3.2.2. Durante el programa de rodaje, el mantenimiento del motor se llevará a cabo de conformidad con el punto 2.5.
- 2.4.3.2.3. Durante el programa de rodaje, se podrán llevar a cabo operaciones de mantenimiento no programadas en el motor o en el vehículo, p. ej., si el sistema ordinario de diagnóstico del fabricante detecta un problema que hubiese indicado al maquinista que se ha producido un fallo.
- 2.4.4. Notificación
- 2.4.4.1. Los resultados de todos los ensayos de emisiones (NRTC y NRSC en caliente) realizados durante el programa de rodaje se pondrán a disposición de la autoridad de homologación de tipo. En caso de que se declaren nulos los resultados de un ensayo de emisiones, el fabricante deberá explicar los motivos. En tal caso, se realizará otra serie de ensayos de emisiones dentro de las siguientes 100 horas de rodaje.
- 2.4.4.2. El fabricante llevará un registro de toda la información relativa a los ensayos de emisiones y al mantenimiento llevados a cabo 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.

- 2.4.5. Determinación de los factores de deterioro
- 2.4.5.1. Para cada contaminante medido en los ciclos NRSC y NRTC en caliente en cada punto de ensayo durante el programa de rodaje, se efectuará un análisis de regresión lineal de ajuste óptimo basado en los resultados de todos los ensayos. Los resultados de cada ensayo relativos a cada contaminante se expresarán con el mismo número de decimales, más uno, que el valor límite para dicho contaminante aplicable a la familia de motores.

De conformidad con lo dispuesto en los apartados 2.4.2.1.4 o 2.4.2.1.5, si se ha realizado solo un ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) en cada punto de ensayo, el análisis de regresión se realizará atendiendo exclusivamente a los resultados del ciclo de ensayo efectuado en cada punto de ensayo.

A petición del fabricante y con la autorización previa de la autoridad de homologación de tipo, se permitirá una regresión no lineal.

- 2.4.5.2. 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 aplicable al motor sometido a ensayo se calcularán a partir de la ecuación de regresión. Si el programa de rodaje tiene una duración inferior al período de durabilidad de las emisiones, los valores de las emisiones en el punto final del período de durabilidad se determinarán por extrapolación de la ecuación de regresión determinada en el apartado 2.4.5.1.

En el caso de que se utilicen los valores de las emisiones para familias de motores de la misma familia de motores-sistemas de postratamiento pero con períodos de durabilidad de las emisiones distintos, los valores de las emisiones en el punto final del período de durabilidad se recalcularán para cada período de durabilidad de las emisiones por extrapolación o interpolación de la ecuación de regresión determinada en el apartado 2.4.5.1.

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

A petición del fabricante y con la autorización previa de la autoridad de homologación de tipo, se podrá aplicar un factor de deterioro aditivo para cada contaminante. El factor de deterioro aditivo se define como la diferencia entre los valores de las emisiones calculados en el punto final del período de durabilidad y en el inicio del programa de rodaje.

En la figura 1, se muestra un ejemplo para determinar los factores de deterioro mediante regresión lineal en relación con la emisión de NO_x .

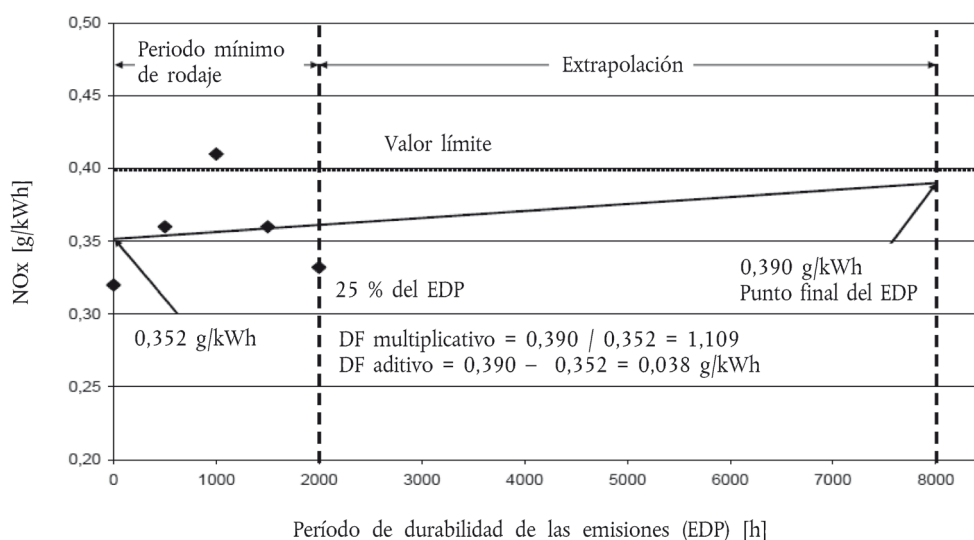
No se permitirá la mezcla de factores de deterioro multiplicativos y aditivos en un mismo conjunto de contaminantes.

Si el resultado de los cálculos es un valor inferior a 1,00 para el factor de deterioro multiplicativo, o inferior a 0,00 para el factor de deterioro aditivo, entonces el factor de deterioro será de 1,0 o 0,00 respectivamente.

Conforme a lo dispuesto al apartado 2.4.2.1.4, si se ha acordado realizar un solo ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) en cada punto de ensayo y realizar el otro ciclo (NRSC o NRTC en caliente) únicamente al principio y al final del programa de rodaje, el factor de deterioro calculado para el ciclo de ensayo realizado en cada punto de ensayo será aplicable también para el otro ciclo de ensayo.

Figura 1

Ejemplo de determinación del DF



- 2.4.6. Factores de deterioro asignados

- 2.4.6.1. Como alternativa al uso de un programa de rodaje para determinar los factores de deterioro, los fabricantes de motores podrán optar por utilizar los factores de deterioro multiplicativos siguientes:

Ciclo de ensayo	CO	HC	NO _x	PM
NRTC	1,3	1,3	1,15	1,05
NRSC	1,3	1,3	1,15	1,05

No se dan los factores de deterioro aditivos asignados. No se permitirá transformar los factores de deterioro multiplicativos asignados en factores de deterioro aditivos.

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 el análisis del diseño o en ensayos, o en una combinación de ambos.

2.4.7. Aplicación de los factores de deterioro

2.4.7.1. Los motores deberán cumplir los límites de emisión de cada contaminante aplicables a la familia de motores después de aplicar los factores de deterioro al resultado del ensayo medido de conformidad con el anexo 4B del presente Reglamento (emisión específica ponderada por el ciclo relativa a las partículas y a cada gas). Dependiendo del tipo de factor de deterioro, 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

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

2.4.7.3. El fabricante podrá optar por trasladar los DF determinados para una familia de motores-sistemas de postratamiento a un sistema de motor que no pertenezca a la misma familia de motores-sistemas de postratamiento. En tales casos, el fabricante deberá demostrar a la autoridad de homologación que el sistema de motor cuya familia de motores-sistemas de postratamiento fue sometida a ensayo inicialmente y el sistema de motor cuyos DF son trasladados tienen especificaciones técnicas y requisitos de instalación en el vehículo similares y que las emisiones de dicho motores o sistema de motor son similares.

En el caso de que se trasladen DF a un sistema de motor con un período de durabilidad de las emisiones distinto, los DF se recalcularán para el período de durabilidad de las emisiones aplicable por extrapolación o interpolación de la ecuación de regresión determinada en el apartado 2.4.5.1.

2.4.7.4. El DF de cada contaminante de cada ciclo de ensayo aplicable se registrará en el documento de resultado de los ensayos establecido en el apéndice 1 del anexo 2 del presente Reglamento.

2.4.8. Verificación de la conformidad de la producción

2.4.8.1. La verificación de la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones se llevará a cabo de conformidad con lo dispuesto en el apartado 7 del presente Reglamento.

2.4.8.2. El fabricante podrá optar por medir las emisiones contaminantes antes de cualquier sistema de postratamiento de gases de escape al mismo tiempo que se efectúa el ensayo de homologación de tipo. Para ello, el fabricante podrá desarrollar, con carácter extraoficial, factores de deterioro distintos para el motor y para el sistema de postratamiento que podrá utilizar como ayuda para auditar el final de la línea de producción.

2.4.8.3. A efectos de la homologación de tipo, solo los factores de deterioro determinado con arreglo a los apartados 2.4.5 o 2.4.6 se registrarán en el documento de resultados de los ensayos establecido en el apéndice 1 del anexo 2 del presente Reglamento.

- 2.5. Mantenimiento
- A los efectos del programa de rodaje, el mantenimiento se realizará de conformidad con el manual de servicio y mantenimiento facilitado por el fabricante.
- 2.5.1. Mantenimiento programado relacionado con las emisiones
- 2.5.1.1. El mantenimiento programado relacionado con las emisiones y efectuado durante el funcionamiento del motor para la puesta en práctica de un programa de rodaje deberá efectuarse a intervalos equivalentes a los que se especificarán en las instrucciones de mantenimiento que el fabricante facilitará al propietario de la máquina o del motor. Este programa de mantenimiento podrá actualizarse en caso necesario a lo largo de todo el programa de rodaje, siempre que no se suprima del programa de mantenimiento ninguna operación que haya sido realizada en el motor de ensayo.
- 2.5.1.2. El fabricante del motor deberá especificar, para el programa de rodaje, cualquier ajuste, limpieza, mantenimiento (en caso necesario) o cambio previsto 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) el 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.
- 2.5.1.3. El mantenimiento programado relacionado con las emisiones críticas solo se realizará si está concebido para efectuarse en uso y si la exigencia de realizar dicho mantenimiento se comunica al propietario de la máquina.
- 2.5.2. Modificaciones del mantenimiento programado
- 2.5.2.1. El fabricante deberá someter a la aprobación de la autoridad de homologación de tipo cualquier nuevo mantenimiento programado que desee realizar durante el programa de rodaje y que luego desee recomendar a los propietarios de máquinas y motores. La solicitud irá acompañada de datos que justifiquen la necesidad del nuevo mantenimiento programado y del intervalo de mantenimiento.
- 2.5.3. Mantenimiento programado no relacionado con las emisiones
- 2.5.3.1. El mantenimiento no relacionado con las emisiones programado que sea razonable y técnicamente necesario (por ejemplo, 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 seleccionados para el programa de rodaje a los intervalos menos frecuentes recomendados al propietario por el fabricante (por ejemplo, no a los intervalos recomendados para una utilización intensiva).
- 2.5.4. Reparación
- 2.5.4.1. Las reparaciones de los componentes de un sistema de motor seleccionado para la realización de ensayos durante un programa de rodaje se efectuarán únicamente como resultado de un fallo de un componente o del mal funcionamiento del sistema de motor. No se permitirá la reparación del motor, del sistema de control de emisiones o del sistema del combustible, salvo con arreglo a lo dispuesto en el apartado 2.5.4.2.

- 2.5.4.2. Si el propio 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 sistema de motor, excepto en el caso de que los componentes que fallan se sustituyan por componentes equivalentes que hayan estado sometidos a un número similar de horas de rodaje.
3. PERÍODO DE DURABILIDAD DE LAS EMISIONES PARA LOS MOTORES DE LAS BANDAS DE POTENCIA H A R
- 3.1. Los fabricantes usarán el PDE del cuadro 1 del presente apartado.

*Cuadro 1***Período de durabilidad de las emisiones para los motores de encendido por compresión (horas) de las bandas de potencia H a R**

Categoría (banda de potencia)	Período de durabilidad de las emisiones (horas)
≤ 37 kW (motores de régimen constante)	3 000
≤ 37 kW (motores de régimen variable)	5 000
> 37 kW	8 000

ANEXO 9

REQUISITOS PARA GARANTIZAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE NO_x**1. INTRODUCCIÓN**

En el presente anexo se exponen los requisitos para asegurar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x. Asimismo, se incluyen los requisitos aplicables a los motores que recurren al uso de un reactivo para reducir las emisiones.

2. REQUISITOS GENERALES

El sistema de motor estará equipado con un sistema de diagnóstico del control de NO_x (NCD) capaz de identificar los casos de mal funcionamiento del control de NO_x (NCM) contemplados en el presente anexo. Los sistemas de motor incluidos en el ámbito de aplicación del presente apartado estarán diseñados, contruidos e instalados de manera que puedan cumplir dichos requisitos a lo largo de la vida normal del motor en condiciones normales de uso. Para cumplir este objetivo, es aceptable que los motores que hayan sido utilizados más allá del período de vida útil especificado en el apartado 3.1 del anexo 8 del presente Reglamento presenten cierto deterioro en las prestaciones y la sensibilidad del sistema NCD que pueda dar lugar a que se superen los umbrales indicados en el presente anexo antes de que se activen los sistemas de alerta y/o inducción.

2.1. Información requerida

2.1.1. Si el sistema de control de emisiones requiere un reactivo, el fabricante especificará en el apartado 2.2.1.13 del apéndice 1 y en el apartado 2.2.1.13. del apéndice 3 del anexo 1A del presente Reglamento las características de este, entre las que figuran el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo está en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura y la referencia a normas internacionales.

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 exhaustivamente las características funcionales del sistema de alerta al maquinista, como se establece en el apartado 4, y del sistema de inducción del maquinista, como se establece en el apartado 5.

2.1.3. El fabricante proporcionará documentación de instalación que, cuando sea utilizada por el OEM, garantizará que el motor, incluido el sistema de control de emisiones que forma parte del tipo de motor homologado, cuando esté instalado en la máquina, funcione, junto con las partes de máquina necesarias, de forma que cumpla los requisitos del presente anexo. Dicha documentación incluirá los requisitos técnicos detallados y las disposiciones correspondientes al sistema de motor (hardware, software y comunicación) necesarios para la instalación correcta del sistema de motor en la máquina.

2.2. Condiciones de funcionamiento

2.2.1. El sistema de diagnóstico del control de NO_x será operativo en las condiciones siguientes:

- a) a cualquier temperatura ambiente entre 266 K y 308 K (-7 °C y 35 °C);
- b) a cualquier altitud inferior a 1 600 m;
- c) a cualquier temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

El presente párrafo no se aplicará en el caso de que la supervisión del nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento se realice en todas las condiciones en que la medición sea técnicamente viable (por ejemplo, en todas las condiciones en las que un reactivo líquido no esté congelado).

2.3. Protección contra la congelación del reactivo

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 apartado 2.3.2. Los sistemas no calentados cumplirán los requisitos del apartado 2.3.3.

2.3.1.1. La utilización de un sistema de dosificación y de un depósito de reactivo no calentado se indicará en las instrucciones escritas dirigidas al propietario de la máquina.

2.3.2. Depósito de reactivo y sistema de dosificación

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.

2.3.2.2. Criterios de diseño de los sistemas calentados

Los sistemas calentados estarán diseñados de forma que cumplan los requisitos de funcionamiento establecidos en el presente apartado cuando sean sometidos a ensayo utilizando el procedimiento definido.

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.

- 2.3.2.2.2. Tras el período de homogeneización del calor establecido en el apartado 2.3.2.2.1, se arrancará el motor / la máquina y se hará funcionar a un máximo de 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente del siguiente modo:
- a) de 10 a 20 minutos al ralentí;
 - b) y después 50 minutos, como máximo, a un porcentaje de carga nominal no superior al 40 %.
- 2.3.2.2.3. Al término del procedimiento de ensayo del apartado 2.3.2.2.2, el sistema de dosificación del reactivo deberá ser plenamente operativo.
- 2.3.2.3. La evaluación de los criterios de diseño podrá efectuarse en una celda de ensayo en cámara fría utilizando una máquina completa o partes representativas de las que vayan a instalarse en una máquina o basándose en ensayos de campo.
- 2.3.3. Activación de la alerta al maquinista y del sistema de inducción en el caso de un sistema no calentado
- 2.3.3.1. El sistema de alerta al maquinista descrito en el apartado 4 se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).
- 2.3.3.2. El sistema de inducción general descrito en el apartado 5.4 se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo en un plazo máximo de 70 minutos a partir del arranque del vehículo a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).
- 2.4. Requisitos relativos al diagnóstico
- 2.4.1. El sistema NCD será capaz de identificar los casos de NCM contemplados en el presente anexo mediante DTC almacenados en una memoria informática y comunicar dicha información al exterior cuando así se solicite.
- 2.4.2. Requisitos relativos al registro de DTC
- 2.4.2.1. El sistema NCD registrará un DTC por cada NCM distinto.
- 2.4.2.2. El sistema NCD decidirá, en un período de funcionamiento del motor de 60 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 apartado 4.
- 2.4.2.3. En aquellos casos en que los monitores necesiten funcionar durante más de 60 minutos para detectar con exactitud y confirmar un NCM (p. ej., monitores que utilicen modelos estadísticos o actúen respecto al consumo de fluido en el vehículo), la autoridad de homologación de tipo podrá autorizar un período más largo con fines de supervisión si el fabricante justifica la necesidad de un período más largo (p. ej., motivos técnicos, resultados experimentales, experiencia interna, etc.).
- 2.4.3. Requisitos relativos al borrado de los DTC
- a) El sistema NCD no borrará los DTC de la memoria informática hasta que no se haya solucionado el fallo relacionado con el DTC correspondiente.
 - b) El sistema NCD podrá borrar todos los DTC a petición de una herramienta de escaneo o mantenimiento exclusiva proporcionada por el fabricante del motor previa petición, o utilizando una contraseña facilitada por este.
- 2.4.4. Los sistemas NCD no estarán programados ni diseñados para desactivarse parcial o totalmente en función de la antigüedad de la máquina durante la vida real de la misma, ni contendrán ningún algoritmo o estrategia destinada a reducir la eficacia de los mismos en el transcurso del tiempo.
- 2.4.5. Los parámetros de funcionamiento o códigos informáticos reprogramables del sistema NCD deberán ser resistentes a las manipulaciones.
- 2.4.6. Familia de motores NCD
- El fabricante es responsable de determinar la composición de una familia de motores NCD. El agrupamiento de sistemas de motor dentro de una familia de motores NCD se basará en criterios técnicos adecuados y estará sujeto a la autorización de la autoridad de homologación de tipo.
- Motores que no pertenezcan a la misma familia de motores pueden pertenecer a la misma familia de motores NCD.
- 2.4.6.1. Parámetros para definir una familia de motores NCD
- Una familia de motores NCD se caracteriza por parámetros básicos de diseño que deberán ser comunes a los sistemas de motor de la familia.
- Para que se considere que unos sistemas de motor 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 sistema de motor, cuando el fabricante considere que dichos métodos son similares y solo se diferencian para ajustarse a características específicas de los componentes en cuestión (por ejemplo, el tamaño, el flujo de escape, etc.); o sus similitudes se basen en criterios técnicos adecuados.

3. REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

- 3.1. El fabricante proporcionará o hará que se proporcionen a todos los propietarios de motores o máquinas nuevas instrucciones por escrito sobre el sistema de control de emisiones y su funcionamiento correcto.

Dichas instrucciones establecerán que, si el sistema de control de emisiones no funciona correctamente, el sistema de alerta al maquinista informará a este de la existencia de un problema y que la activación del sistema de inducción del maquinista como consecuencia de ignorar esta alerta impedirá que la máquina no pueda realizar su función.

- 3.2. Las instrucciones incluirán requisitos para la utilización y el mantenimiento correctos de los motores a fin de mantener su rendimiento en materia de emisiones, incluido, si procede, el uso adecuado de reactivos consumibles.
- 3.3. Las instrucciones estarán redactadas de manera clara y no técnica usando el mismo lenguaje que en el manual de funcionamiento de las máquinas móviles no de carretera o del motor.
- 3.4. Las instrucciones especificarán si el maquinista debe reponer los reactivos consumibles entre los intervalos normales de mantenimiento. Las instrucciones especificarán también la calidad de los reactivos exigida. Asimismo, indicarán el modo en que el operador debe rellenar el depósito de reactivo. La información también indicará el consumo probable de reactivo para ese tipo de motor y la frecuencia recomendada de reposición.
- 3.5. Asimismo, las instrucciones indicarán que la utilización y la reposición de un reactivo que cumpla las especificaciones correctas son esenciales para que el motor se ajuste a los requisitos necesarios para la expedición del certificado de homologación de tipo correspondiente a dicho tipo de motor.
- 3.6. Las instrucciones explicarán el funcionamiento del sistema de alerta al maquinista y del sistema de inducción del mismo. Además, se explicarán las consecuencias que puede tener, en términos de funcionamiento y de registro de fallos, hacer caso omiso del sistema de alerta y no reponer el reactivo o no rectificar el problema.

4. SISTEMA DE ALERTA AL MAQUINISTA

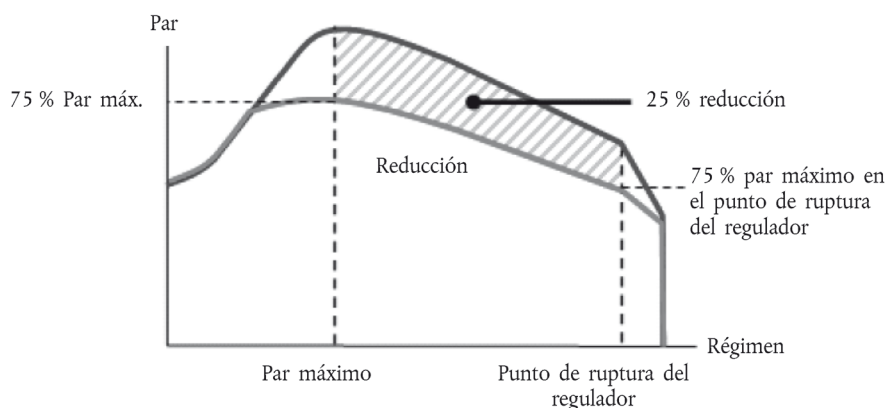
- 4.1. La máquina incluirá un sistema de alerta al maquinista que utilice alarmas visuales que informen al maquinista cuando se haya detectado un bajo nivel de reactivo, una calidad de reactivo incorrecta, la interrupción de la dosificación o un mal funcionamiento del tipo especificado en el apartado 9 y que activará el sistema de inducción del maquinista si no se rectifica oportunamente. El sistema de alerta permanecerá activo cuando se haya activado el sistema de inducción del maquinista descrito en el apartado 5.
- 4.2. La alerta no será la misma que la utilizada para señalar un mal funcionamiento u otro tipo de operaciones de mantenimiento del motor, aunque podrá utilizar el mismo sistema de alerta.
- 4.3. El sistema de alerta al maquinista podrá consistir en uno o más testigos luminosos, o mostrar mensajes breves, que podrán incluir, por ejemplo, mensajes que indiquen claramente:
- a) el tiempo restante antes de la activación de 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.

Cuando se visualicen mensajes, el sistema utilizado al efecto podrá ser el mismo que el utilizado para otros fines de mantenimiento.

- 4.4. A elección del fabricante, el sistema de alerta podrá incluir también un componente auditivo que alerte al maquinista. Se permitirá que el maquinista pueda suprimir las alertas auditivas.
- 4.5. El sistema de alerta al maquinista se activará tal como se especifica en los apartados 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 y 9.3.
- 4.6. El sistema de alerta al maquinista se desactivará cuando las condiciones que provocaron su activación hayan dejado de existir. El sistema de alerta al maquinista no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que motivaron su activación.

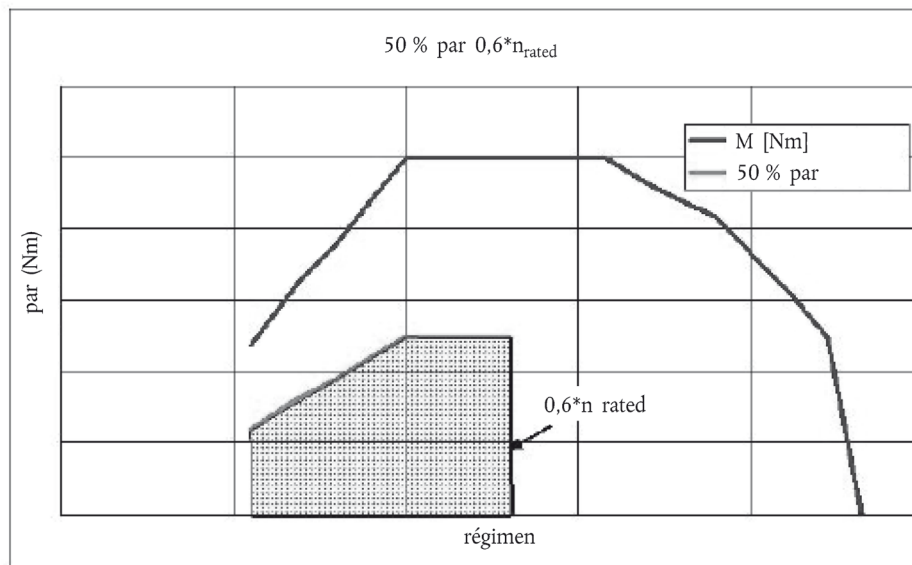
- 4.7. La señal del sistema de alerta podrá ser interrumpida temporalmente por otras señales de advertencia que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.
- 4.8. En el apéndice 2 del presente anexo se detallan los procedimientos de activación y desactivación del sistema de alerta al maquinista.
- 4.9. Como parte de la solicitud de homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de alerta al maquinista, tal como se especifica en el apéndice 2 del presente anexo.
5. SISTEMA DE INDUCCIÓN DEL MAQUINISTA
- 5.1. La máquina contará con un sistema de inducción del maquinista basado en uno de los principios siguientes:
- 5.1.1. un sistema de inducción del maquinista en dos fases que comience con una inducción de bajo nivel (restricción de las prestaciones) a la que seguirá una inducción general (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina);
- 5.1.2. un sistema de inducción general en una fase (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina) activado en las condiciones de un sistema de inducción de bajo nivel especificadas en los apartados 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1, y 9.4.1.
- 5.2. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, el motor podrá instalarse con un medio de desactivación de la inducción del maquinista durante una emergencia declarada por una autoridad nacional o regional, sus servicios de emergencia o sus fuerzas armadas.
- 5.3. Sistema de inducción de bajo nivel
- 5.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel se activará después de que se haya producido cualquiera de las condiciones establecidas en los apartados 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 y 9.4.1.
- 5.3.2. El sistema de inducción de bajo nivel reducirá gradualmente el par máximo disponible del motor a través del rango de regímenes del motor en un 25 %, como mínimo, entre el régimen del par máximo y el punto de ruptura del regulador, tal como se muestra en la figura 1. El par se reducirá un mínimo de un 1 % por minuto.
- 5.3.3. Se podrán utilizar otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación que poseen el mismo grado de severidad o uno mayor.

Figura 1

Esquema de reducción del par de la inducción de bajo nivel

- 5.4. Sistema de inducción general
- 5.4.1. El sistema de inducción general se activará después de que se haya producido cualquiera de las condiciones establecidas en los apartados 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2 y 9.4.2.
- 5.4.2. El sistema de inducción general reducirá la utilidad de la máquina a un nivel lo bastante molesto como para hacer que el maquinista subsane cualquier problema relacionado con los apartados 6 a 9. Las estrategias siguientes son aceptables:
- 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 1 un mínimo de un 1 % por minuto hasta el 50 %, o menos, del par máximo, y el régimen del motor se reducirá gradualmente al 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 2.

Figura 2

Esquema de reducción del par de la inducción general

- 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.
- 5.5. Para 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.
- 5.6. El sistema de inducción del maquinista se desactivará cuando las condiciones que provocaron su activación hayan dejado de existir. El sistema de inducción del maquinista no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que motivaron su activación.
- 5.7. En el apéndice 2 del presente anexo se detallan los procedimientos de activación y desactivación del sistema de inducción del maquinista.
- 5.8. Como parte de la solicitud de homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de inducción del maquinista, tal como se especifica en el apéndice 2 del presente anexo.
6. DISPONIBILIDAD DE REACTIVO
- 6.1. Indicador del nivel de reactivo
- La máquina estará equipada con un indicador que informe claramente al maquinista sobre el nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento del mismo. Para que el nivel mínimo de funcionamiento del indicador de reactivo sea aceptable, deberá indicar continuamente el nivel de reactivo mientras el sistema de alerta al maquinista contemplado en el apartado 4 esté activado. El indicador de reactivo podrá ser analógico o digital y podrá mostrar el nivel como proporción de la capacidad total del depósito, la cantidad de reactivo restante o las horas de funcionamiento estimadas restantes.
- 6.2. Activación del sistema de alerta al maquinista
- 6.2.1. El sistema de alerta al maquinista especificado en el apartado 4 se activará cuando el nivel de reactivo sea inferior al 10 % de la capacidad del depósito de reactivo, o a un porcentaje más alto que decida el fabricante.
- 6.2.2. La alerta dada será lo suficientemente clara, en conjunción con el indicador del nivel de reactivo, como para que el maquinista 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 (por ejemplo, «nivel de urea bajo», «nivel de AdBlue bajo» o «nivel de reactivo bajo»).
- 6.2.3. Inicialmente no será necesario que el sistema de alerta al maquinista esté continuamente activado (por ejemplo, no es necesario que se visualice continuamente un mensaje); sin embargo, la intensidad de la advertencia 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 maquinista (por ejemplo, la frecuencia con la que el testigo luminoso destella). Deberá culminar con una notificación al maquinista del nivel que decida el fabricante, pero deberá ser considerablemente más perceptible en el punto en que se pone en marcha el sistema de inducción del maquinista contemplado en el apartado 6.3 que cuando se activó por primera vez.

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

6.2.5. No será posible apagar el sistema de alerta al maquinista mientras no se haya repuesto el reactivo hasta un nivel en el que ya no se activa.

6.3. Activación del sistema de inducción del maquinista

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

6.3.2. El sistema de inducción general descrito en el apartado 5.4 se activará cuando el nivel de reactivo del depósito 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, si el fabricante así lo decide.

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

7. SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL REACTIVO

7.1. El motor o la máquina incluirán un medio que permita determinar la presencia de un reactivo incorrecto a bordo de una máquina.

7.1.1. El fabricante especificará una concentración de reactivo mínima aceptable CDmin, que hará que las emisiones de NOx del tubo de escape no superen un umbral de 0,9 g/kWh.

7.1.1.1. El valor correcto de la CDmin se demostrará durante la homologación de tipo mediante el procedimiento definido en el apéndice 3 del presente anexo y registrado en la documentación ampliada que se especifica en el apartado 5.3 del presente Reglamento.

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

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

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 los apartados 8 y 9 en un único contador.

7.1.4. En el apéndice 2 del presente anexo se pormenorizan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la calidad del reactivo.

7.2. Activación del sistema de alerta al maquinista

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

7.3. Activación del sistema de inducción del maquinista

7.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el apartado 7.2.

7.3.2. El sistema de inducción general descrito en el apartado 5.4 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 maquinista descrito en el apartado 7.2.

7.3.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de recurrencia de un mal funcionamiento repetitivo, con arreglo al mecanismo descrito en el apéndice 2 del presente anexo.

8. ACTIVIDAD DE DOSIFICACIÓN DEL REACTIVO
 - 8.1. El motor incluirá un medio que permita determinar la interrupción de la dosificación.
 - 8.2. Contador de la actividad de dosificación del reactivo
 - 8.2.1. Se asignará un contador específico para la actividad de dosificación («el contador de actividad de dosificación»). El contador contará el número de horas de funcionamiento del motor que se producen 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 son tales que su comportamiento en materia de emisiones no requiere la dosificación del reactivo.
 - 8.2.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la dosificación del reactivo con uno o más de los fallos enumerados en los apartados 7 y 9 en un único contador.
 - 8.2.2. En el apéndice 2 del presente anexo se pormenorizan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la actividad de dosificación del reactivo.
 - 8.3. Activación del sistema de alerta al maquinista

El sistema de alerta al maquinista descrito en el apartado 4 se activará en caso de que se produzca una interrupción de la dosificación que ponga en marcha el contador de actividad de dosificación con arreglo al apartado 8.2.1. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (por ejemplo, «mal funcionamiento de la dosificación de urea», «mal funcionamiento de la dosificación de AdBlue» o «mal funcionamiento de la dosificación del reactivo»).
 - 8.4. Activación del sistema de inducción del maquinista
 - 8.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el apartado 5.3 se activará si la 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 maquinista descrito en el apartado 8.3.
 - 8.4.2. El sistema de inducción general descrito en el apartado 5.4 se activará si la 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 maquinista descrito en el apartado 8.3.
 - 8.4.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de recurrencia de un mal funcionamiento repetitivo, con arreglo al mecanismo descrito en el apéndice 2 del presente anexo.
9. FALLOS DE SUPERVISIÓN ATRIBUIBLES A LA MANIPULACIÓN
 - 9.1. Además del nivel de reactivo en el depósito de reactivo, la calidad del reactivo y la interrupción de la dosificación, se supervisarán los fallos siguientes debido a que pueden atribuirse a la manipulación:
 - a) una válvula EGR obstruida;
 - b) fallos del sistema NCD, tal como se describe en el apartado 9.2.1.
 - 9.2. Requisitos de supervisión
 - 9.2.1. El sistema NCD será supervisado para detectar fallos eléctricos y retirar o desactivar cualquier sensor que le impida diagnosticar cualquiera de los fallos contemplados en los apartados 6 a 8. (supervisión de componentes).

En una lista no exhaustiva de sensores que afectan a la capacidad de diagnóstico figurarán los que miden directamente la concentración de NO_x, los sensores de la calidad de la urea, los sensores de ambiente y los sensores utilizados para supervisar la actividad de dosificación del reactivo, el nivel de reactivo y el consumo de reactivo.
 - 9.2.2. Contador de la válvula EGR
 - 9.2.2.1. Se asignará un contador específico a una válvula EGR obstruida. El contador de la válvula EGR contará el número de horas de funcionamiento del motor cuando se confirme que el DTC asociado a una válvula EGR obstruida está activo.
 - 9.2.2.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la válvula EGR obstruida con uno o más de los fallos enumerados en los apartados 7, 8 y 9.2.3 en un único contador.
 - 9.2.2.2. En el apéndice 2 del presente anexo se pormenorizan los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la válvula EGR.
 - 9.2.3. Contador(es) del sistema NCD

- 9.2.3.1. Se asignará un contador específico a cada uno de los fallos de supervisión considerados en el apartado 9.1.ii). 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. Se permitirá la agrupación de varios fallos en un solo contador.
- 9.2.3.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo al sistema NCD con uno o más de los fallos enumerados en los apartados 7, 8 y 9.2.2 en un único contador.
- 9.2.3.2. En el apéndice 2 del presente anexo se pormenorizan los criterios y mecanismos de activación y desactivación de los contadores del sistema NCD.
- 9.3. Activación del sistema de alerta al maquinista
- El sistema de alerta al maquinista descrito en el apartado 4 se activará en caso de que se produzca cualquiera de los fallos especificados en el apartado 9.1, e indicará que es necesaria una reparación urgente. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (por ejemplo, «válvula de dosificación del reactivo desconectada», o «fallo de emisiones crítico»).
- 9.4. Activación del sistema de inducción del maquinista
- 9.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el apartado 5.3 se activará si un fallo especificado en el apartado 9.1 no se rectifica en un máximo de 36 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el apartado 9.3.
- 9.4.2. El sistema de inducción general descrito en el apartado 5.4 se activará si un fallo especificado en el apartado 9.1 no se rectifica en un máximo de 100 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el apartado 9.3.
- 9.4.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de recurrencia de un mal funcionamiento repetitivo, con arreglo al mecanismo descrito en el apéndice 2 del presente anexo.
- 9.5. Como alternativa a los requisitos del apartado 9.2, el fabricante podrá utilizar un sensor de NOx emplazado en el gas de escape. En ese caso:
- a) el valor de los NOx no superará un umbral de 0,9 g/kWh;
 - b) se podrá utilizar un único fallo «valor de NOx elevado – causa primaria desconocida»;
 - c) el apartado 9.4.1 dirá «en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor»;
 - d) el apartado 9.4.2 dirá «en un máximo de 20 horas de funcionamiento del motor».
-

Apéndice 1

Requisitos de demostración

1. GENERALIDADES

Durante la homologación se demostrará el cumplimiento de los requisitos del presente anexo realizando, como se ilustra en el cuadro 1 y se especifica en el presente apartado:

- 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.

Cuadro 1

Ilustración del contenido del proceso de demostración conforme a lo dispuesto en los apartados 3 y 4.

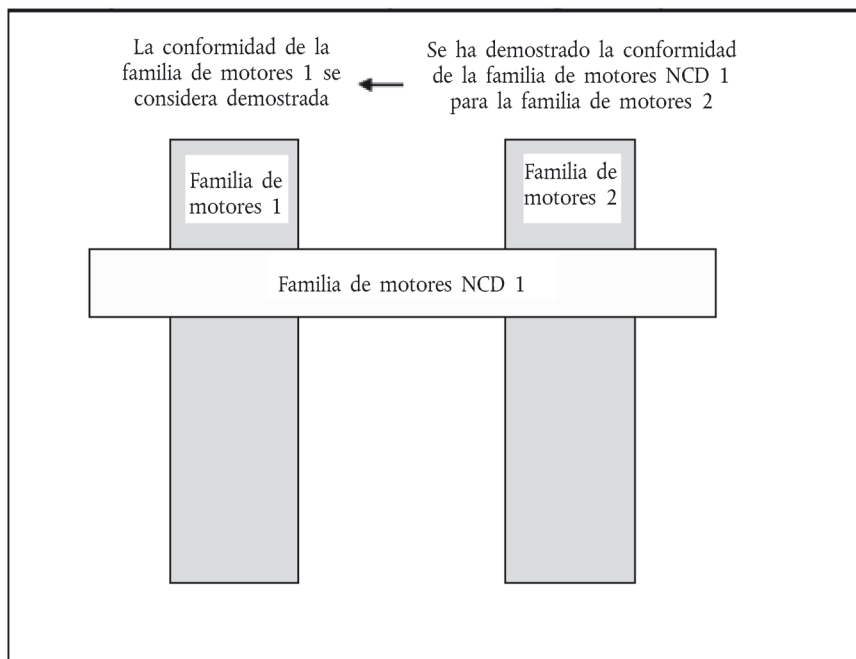
Mecanismo	Elementos de demostración
Activación del sistema de alerta especificada en el apartado 3 del presente apéndice	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda
Activación de la inducción de bajo nivel especificada en el apartado 4 del presente apéndice	— 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 apartado 4.6 del presente apéndice	— Dos ensayos de activación (incl. falta de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda

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 presente apéndice 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 anexo son similares dentro de la familia.

- 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.
- 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.
- 2.3. En caso de que los motores de una familia de motores pertenezcan a una familia de motores NCD que ya haya sido homologada con arreglo al apartado 2.1 (figura 3), se considerará demostrada la conformidad de dicha familia de motores sin realizar más ensayos, siempre que el fabricante demuestre a la autoridad que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente anexo son similares dentro de la familia de motores y la familia de motores NCD de que se trate.

Figura 3

Conformidad previamente demostrada de una familia de motores NCD**3. DEMOSTRACIÓN DE LA ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA**

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 apartados 7 a 9 del presente anexo.

3.2. Selección de los fallos que se someterán a ensayo

3.2.1. A los efectos 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 conforme a lo dispuesto en el apartado 7 del presente anexo.

3.2.2. 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 apartado 9 del presente anexo, la selección se realizará de conformidad con los requisitos siguientes:

3.2.2.1. El fabricante proporcionará a la autoridad de homologación de tipo una lista de dichos fallos potenciales.

3.2.2.2. El fallo que deberá considerarse en el ensayo será seleccionado por la autoridad de homologación de tipo a partir de la lista contemplada en el apartado 3.2.2.1.

3.3. Demostración

3.3.1. A los efectos de esta demostración, se realizará un ensayo aparte para cada uno de los fallos considerados en el apartado 3.1.

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

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

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.

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 ha producido o simulado el fallo, la detección del mismo se realizará como se indica a continuación:

3.3.5.1. El sistema NCD responderá a la introducción de un fallo seleccionado según proceda por la autoridad de homologación de tipo con arreglo a lo dispuesto en el presente apéndice. Se considera que ello queda demostrado si la activación se produce en dos ciclos consecutivos de ensayo del sistema NCD con arreglo a lo dispuesto en el apartado 3.3.7.

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 particular del sistema NCD dentro del ensayo de demostración podrá estar separado por una parada del motor. En el periodo 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 se produzca la supervisión en el arranque siguiente.

- 3.3.5.2. Se considerará demostrada la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme al apartado 3.2.1, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada y el DTC correspondiente al fallo seleccionado ha obtenido la calificación de «confirmado y activo».

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 sistema de motor se hará funcionar durante una o más ciclos de ensayo del sistema NCD a discreción del fabricante.

- 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 podrá ser inferior al 10 % de la capacidad nominal del depósito.

- 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 apartado 6 del presente anexo.

3.3.7. Ciclo de ensayo del sistema NCD

- 3.3.7.1. El ciclo de ensayo del sistema NCD contemplado en el presente apartado 10 para demostrar el funcionamiento correcto del sistema NCD es el NRTC en caliente.

- 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 (por ejemplo, el NRSC) para un monitor 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 monitor que funcione en condiciones de circulación real, y
- b) que el ciclo de ensayo del sistema NCD aplicable especificado en el apartado 3.3.7.1 es menos apropiado para la supervisión en cuestión.

- 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 apartado 3.3, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada.

4. DEMOSTRACIÓN DE LA ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN

- 4.1. La demostración de la activación del sistema de inducción se realizará mediante ensayos sobre un banco de ensayo de motores.

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

- 4.1.2. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, el fabricante puede decidir que los ensayos de demostración se realicen en maquinaria o una máquina completa montando la máquina en un banco de ensayos adecuado o bien haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

- 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 alguno de los fallos que se definen en los apartados 7, 8 o 9 del presente anexo.

- 4.3. A los efectos de esta demostración:
- a) la autoridad de homologación de tipo seleccionará, además de la falta de reactivo, uno de los fallos definidos en los apartados 7, 8 o 9 del presente anexo que se haya utilizado previamente en la demostración del sistema de alerta;
 - b) 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;
 - c) 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;
 - d) la inducción general se demostrará conforme a los requisitos del apartado 4.6 del presente apéndice.
- 4.4. El fabricante deberá demostrar además el funcionamiento del sistema de inducción en las condiciones de fallo que se definen en los apartados 7, 8 o 9 del presente anexo y que no hayan sido elegidas para los ensayos de demostración descritos en los apartados 4.1 a 4.3.
- 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.
- 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.
- 4.5. Ensayo de demostración del sistema de inducción de bajo nivel
- 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.
- 4.5.2. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de falta de reactivo en el depósito, se hará funcionar el sistema de 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 apartado 6.3.1 del presente anexo al que se haya previsto que funcione el sistema de inducción de bajo nivel.
- 4.5.2.1. Con la 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.
- 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 hará funcionar el sistema de motor durante el número pertinente de horas de funcionamiento que se indica en el cuadro 3 del presente apéndice 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.
- 4.5.4. Se considerará que se ha realizado la demostración del sistema de inducción de bajo nivel si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme a los apartados 4.5.2 y 4.5.3, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación de tipo que la ECU del motor ha activado el mecanismo de reducción del par.
- 4.6. Ensayo de demostración del sistema de inducción general
- 4.6.1. Esta demostración comenzará a partir de una condición en la que se haya activado previamente el sistema de inducción de bajo nivel, y podrá realizarse como continuación de los ensayos efectuados para demostrar el sistema de inducción de bajo nivel.
- 4.6.2. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de falta de reactivo en el depósito, se hará funcionar el sistema de 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.
- 4.6.2.1. Con la 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.
- 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 hará funcionar el sistema de motor durante el número adecuado de horas de funcionamiento que se indica en el cuadro 3 del presente apéndice o, a elección del fabricante, hasta que el contador pertinente haya alcanzado el valor al que se activa el sistema de inducción general.
- 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 4.6.2 y 4.6.3, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación de tipo que se ha activado el mecanismo de inducción general contemplado en el presente anexo.

- 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 completa de conformidad con los requisitos del apartado 5.4, bien montando la máquina en un banco de ensayos adecuado o bien haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.
 - 4.7.1. Se hará funcionar la máquina hasta que el contador asociado con el fallo seleccionado haya alcanzado el número pertinente de horas de funcionamiento indicado en el cuadro 3 del presente apéndice 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.
-

Apéndice 2

Descripción de los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al maquinista y de la inducción del maquinista

1. PARA COMPLEMENTAR LOS REQUISITOS ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE ANEXO RELATIVOS A LOS MECANISMOS DE ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DE LA ALERTA AL MAQUINISTA Y DE LA INDUCCIÓN DEL MAQUINISTA, EN EL PRESENTE APÉNDICE 2 SE ESPECIFICAN LOS REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA APLICACIÓN DE DICHOS MECANISMOS.
2. MECANISMOS DE ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA
- 2.1. El sistema de alerta al maquinista se activará cuando el código de problema de diagnóstico (DTC) asociado con un NCM que justifique su activación tenga la calificación que se define en el cuadro 2 del presente apéndice.

Cuadro 2

Activación del sistema de alerta al maquinista

Tipo de fallo	Calificación del DTC relativa a la activación del sistema de alerta
reactivo de mala calidad	confirmado y activo
interrupción de la dosificación	confirmado y activo
válvula EGR obstruida	confirmado y activo
mal funcionamiento del sistema de supervisión	confirmado y activo
umbral de NO _x , si procede	confirmado y activo

- 2.2. El sistema de alerta al maquinista estará desactivado cuando el sistema de diagnóstico concluya que el mal funcionamiento correspondiente a dicha alerta ya no existe cuando la información, incluidos los DTC relativos a los fallos, justifiquen que su activación se borre mediante una herramienta de exploración.
- 2.2.1 Requisitos para el borrado de la información relativa al control de NO_x
- 2.2.1.1 Borrado/reinicialización de la información relativa al control de NO_x mediante una herramienta de exploración
Cuando lo solicite la herramienta de exploración, los datos siguientes se borrarán o reinicializarán con el valor especificado en el presente apéndice a partir de la memoria del ordenador (véase el cuadro 3).

Cuadro 3

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

Información relativa al control de NO _x	Borrable	Reinicializable
Todos los DTC	X	
Valor del contador que indique el mayor número de horas de funcionamiento del motor		X
Número de horas de funcionamiento del motor a partir de los contadores del sistema NCD		X

- 2.2.1.2. La información relativa al control de NO_x no se borrará si se desconectan las baterías del vehículo.
- 2.2.1.3. El borrado de la información relativa al control de NO_x solo será posible con el motor apagado.
- 2.2.1.4. Cuando se borre información relativa al control de NO_x, incluidos los DTC, no se borrará ningún contador asociado con dichos fallos que se señale en el presente anexo, sino que será reinicializado al valor especificado en el apartado pertinente del presente anexo.
3. MECANISMOS DE ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN DEL MAQUINISTA
- 3.1. El sistema de inducción del maquinista se activará cuando el sistema de alerta esté activo y el contador correspondiente al tipo de NCM que justifique su activación haya alcanzado el valor especificado en el cuadro 4 del presente apéndice.

- 3.2. El sistema de inducción del maquinista 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 haya sido borrada mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento.
- 3.3. Los sistemas de alerta al maquinista y de inducción del maquinista se activarán o desactivarán inmediatamente, según proceda, conforme a lo dispuesto en el apartado 6 del presente anexo, después de evaluar la cantidad de reactivo en el depósito de reactivo. En ese caso, los mecanismos de activación o desactivación no dependerán de la calificación de ningún DTC asociado.
4. MECANISMO DE LOS CONTADORES
- 4.1. Generalidades
- 4.1.1. Para cumplir los requisitos del presente anexo, el sistema tendrá, como mínimo, 4 contadores para registrar el número de horas durante las que ha funcionado el motor mientras el sistema ha detectado cualquiera de los fallos 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 con arreglo al apartado 9.1.b) del presente anexo.
- 4.1.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá utilizar uno o varios contadores para agrupar los fallos indicados en el apartado 4.1.1.
- 4.1.2. Cada uno de los contadores contará hasta el valor máximo previsto en un contador de 2 bytes con 1 hora de resolución y mantendrá ese valor, salvo que se den las condiciones para una puesta a cero del contador.
- 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 de mal funcionamiento pertinentes para dicho tipo de contador, sin que ninguno de ellos haya alcanzado el tiempo indicado por el contador único.
- 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 anexo.
- 4.2. Principio del mecanismo de los contadores
- 4.2.1. Cada contador funcionará de la manera siguiente:
- 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 la calificación definida en el cuadro 2.
- 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 esté activo, el contador se quedará fijo en el valor definido en el cuadro 4 del presente apéndice 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 4 del presente apéndice o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos 30 minutos.
- 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 apartado 4.2.1.2 si no se detecta ningún NCM que justifique la activación del contador o si todos los fallos pertinentes para dicho contador han sido borrados mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento.

Cuadro 4

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

	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 dosificación	confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general
contador de la válvula EGR	confirmado y activo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % del valor del contador relativo a la inducción general
contador del sistema de supervisión	confirmado y activo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % del valor del contador relativo a la inducción general
umbral de NO_x , si procede	confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general

4.2.1.4. Una vez que esté fijo, se volverá a poner el contador a cero cuando los monitores pertinentes para dicho contador hayan funcionado al menos una vez hasta completar su ciclo de funcionamiento 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 4).

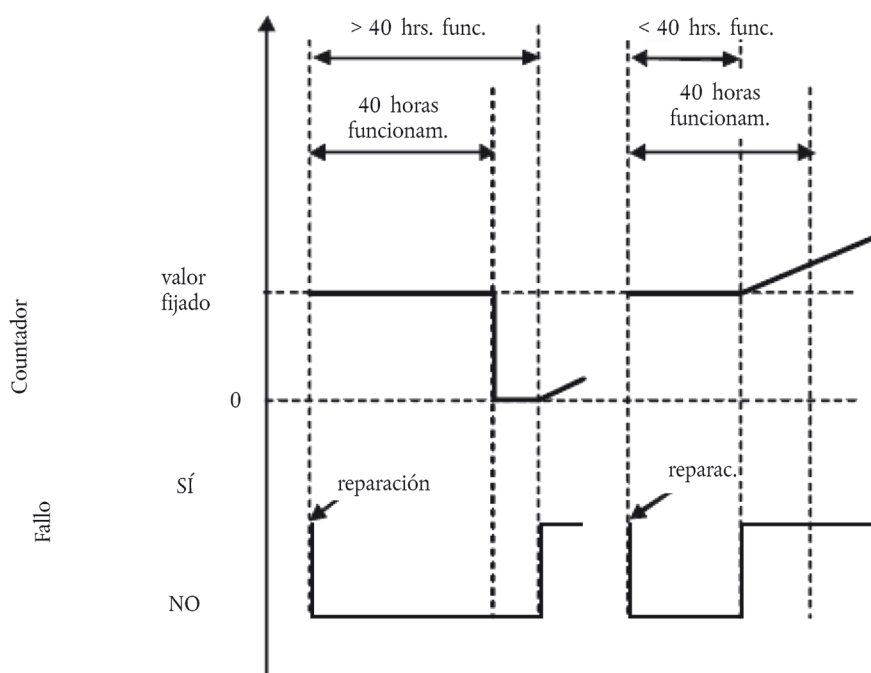
4.2.1.5. El contador seguirá contando a partir del punto en que se retuvo su valor si se detecta un mal funcionamiento pertinente para dicho contador durante un período en que el contador se haya quedado fijo (véase la figura 4).

5. ILUSTRACIÓN DE LOS MECANISMOS DE ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN Y DE LOS CONTADORES

5.1. En el presente apartado 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 apartados 5.2, 5.3 y 5.4 se facilitan en el presente anexo 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 6 y 7 se refieren a los valores máximos de inducción del cuadro 4. Por ejemplo, para simplificar, el hecho de que el sistema de alerta también esté activo cuando el sistema de inducción esté activo no se ha contemplado en las ilustraciones que se presentan.

Figura 4

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



- 5.2. La figura 5 ilustra el funcionamiento de los sistemas de activación y desactivación cuando se supervisa la disponibilidad del reactivo para cinco casos:

Caso de utilización nº 1: el maquinista sigue haciendo funcionar la máquina a pesar de la alerta hasta que se desactiva el funcionamiento de la misma.

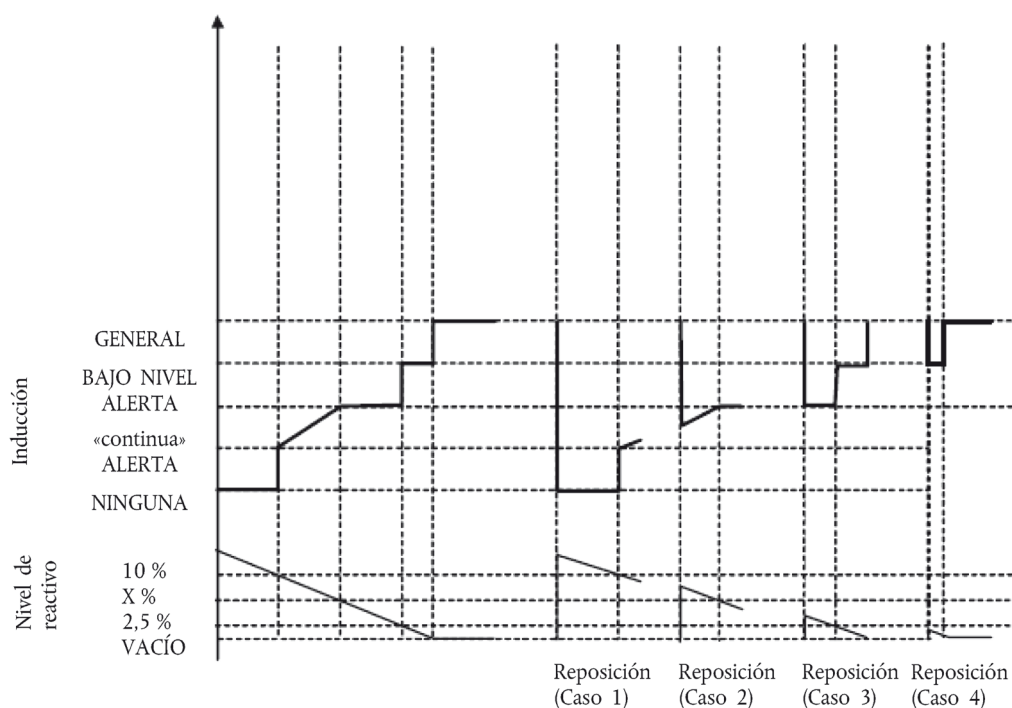
Caso de reposición nº 1 (reposición «adecuada»): el maquinista rellena el depósito de reactivo para que se alcance un nivel superior al umbral del 10 %. La alerta y la inducción se desactivan.

Casos de reposición nº 2 y 3 (reposición «inadecuada»): el sistema de alerta se activa. El nivel de la alerta depende de la cantidad de reactivo disponible.

Caso de reposición nº 4 (reposición «muy inadecuada»): la inducción de bajo nivel se activa inmediatamente.

Figura 5

Disponibilidad de reactivo



- 5.3. La figura 6 ilustra tres casos de calidad inadecuada del reactivo:

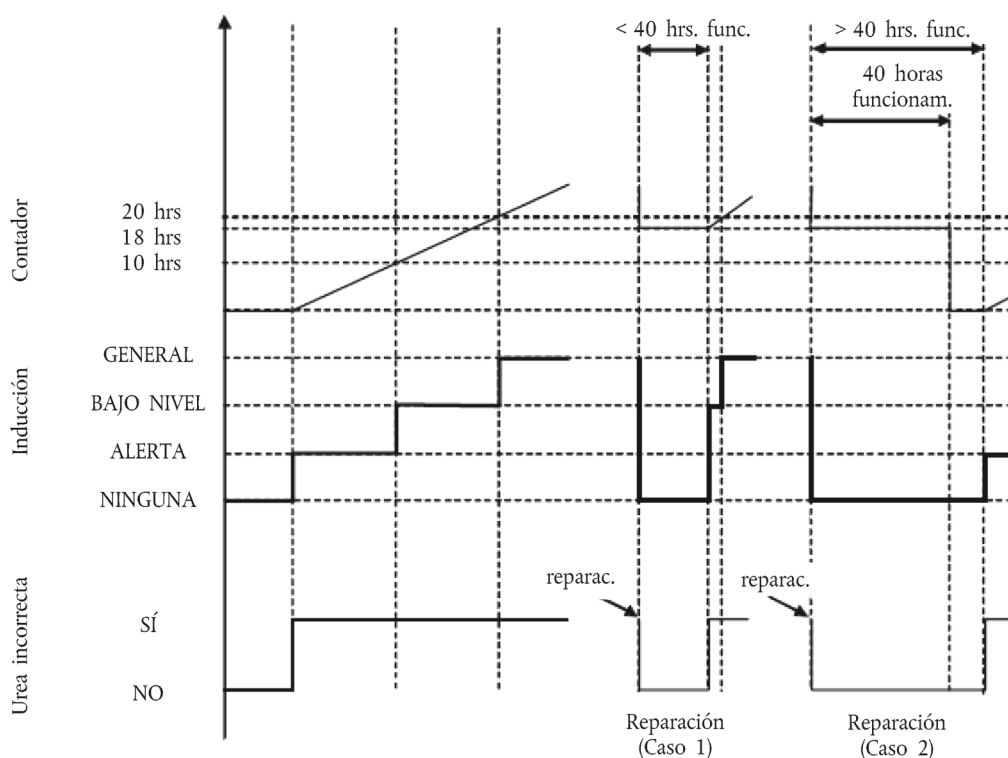
Caso de utilización nº 1: el maquinista sigue haciendo funcionar la máquina a pesar de la alerta hasta que se desactiva el funcionamiento de la misma.

Caso de reparación 1 (reparación «incorrecta» o «fraudulenta»): tras la desactivación de la máquina, el maquinista 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 se pone fuera de servicio después de 2 horas de funcionamiento del motor.

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 6

Llenado con reactivo de mala calidad



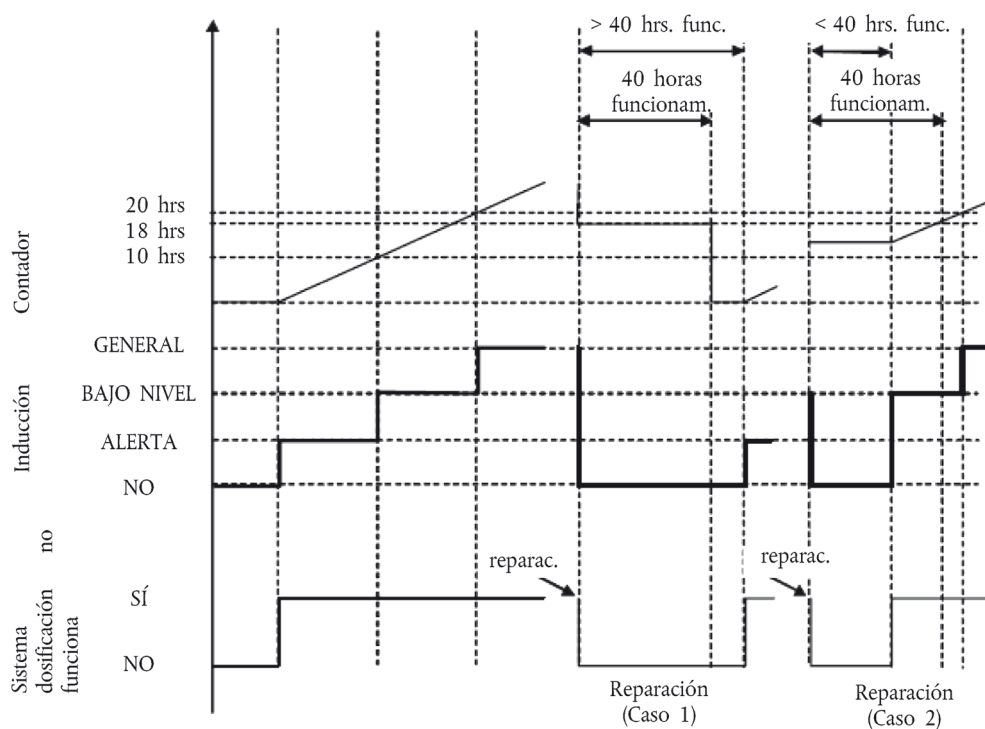
- 5.4. La figura 7 ilustra tres casos de fallo del sistema de dosificación de urea. Esta figura también ilustra el proceso que se aplica en el caso de los fallos de supervisión descritos en el apartado 9 del presente anexo.

Caso de utilización nº 1: el maquinista sigue haciendo funcionar la máquina a pesar de la alerta hasta que se desactiva el funcionamiento de la misma.

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.

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 7

Fallo del sistema de dosificación del reactivo**Apéndice 3****Demostración de la concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min}**

1. El fabricante demostrará el valor correcto de la CD_{min} durante la homologación de tipo realizando la parte caliente del ciclo NRTC con un reactivo con la concentración CD_{min} .
2. El ensayo seguirá los ciclos NCD adecuados o el ciclo de preconditionamiento definido por el fabricante, que permitan a un sistema de control de NO_x de bucle cerrado adaptarse a la calidad del reactivo con la concentración CD_{min} .
3. Las emisiones de contaminantes resultantes de este ensayo serán inferiores al umbral de NO_x especificado en el apartado 7.1.1 del presente anexo.

ANEXO 10

DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂*Apéndice 1***Determinación de las emisiones de CO₂ para los motores de las bandas de potencia hasta P****1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. En el presente anexo se exponen las disposiciones y los procedimientos de ensayo para notificar las emisiones de CO₂ para todas las bandas de potencia hasta P. Si el fabricante, basándose en la opción indicada en el apartado 5.2 del presente Reglamento, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B, se aplicará el apéndice 2 del presente anexo.

2. REQUISITOS GENERALES

- 2.1. Las emisiones de CO₂ se determinarán a lo largo del ciclo de ensayo aplicable especificado en el apartado 1.1 del anexo 4A conforme al apartado 3 (NRSC) o 4 (NRTC de arranque en caliente), respectivamente, del anexo 4A del presente Reglamento. En el caso de las bandas de potencia L a P, las emisiones de CO₂ se determinarán a lo largo del ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente.
- 2.2. Los resultados del ensayo se notificarán como valores específicos del freno promediados del ciclo y se expresarán en la unidad de g/kWh.
- 2.3. Si, a elección del fabricante, el NRSC se realiza como ciclo modal con aumentos, se aplicarán las referencias al NRTC del presente apéndice o bien los requisitos del apéndice 2 del presente anexo.

3. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂**3.1. Medición del gas de escape bruto**

Se aplicará el presente punto si se mide el CO₂ en el gas de escape bruto.

3.1.1. Medición

El CO₂ del gas de escape bruto emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador de infrarrojo no dispersivo (NDIR) de conformidad con el apartado 1.4.3.2 (NRSC) o el apartado 2.3.3.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en el apartado 1.5 del apéndice 2 del anexo 4A del presente Reglamento.

El sistema de medición cumplirá los requisitos del apartado 1.4.1 (NRSC) o del apartado 2.3.1 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento.

3.1.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y se almacenarán con arreglo a los apartados 3.7.4 (NRSC) o 4.5.7.2 (NRTC), respectivamente, del anexo 4A del presente Reglamento.

3.1.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, se aplicará la corrección seco/húmedo conforme a lo dispuesto en los apartados 1.3.2 (NRSC) o 2.1.2.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento.

En el caso del NRSC, la masa de CO₂ (g/h) se calculará para cada modalidad con arreglo al apartado 1.3.4 del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento. Los flujos del gas de escape se determinarán con arreglo a los apartados 1.2.1 a 1.2.5 del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento.

En el caso del NRTC, la masa de CO₂ (g/ensayo) se calculará con arreglo al apartado 2.1.2.1 del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento. El flujo del gas de escape se determinará con arreglo al apartado 2.2.3 del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento.

3.2. Medición del gas de escape diluido

Se aplicará el presente punto si se mide el CO₂ en el gas de escape diluido.

3.2.1. Medición

El CO₂ del gas de escape diluido emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador de infrarrojo no dispersivo (NDIR) de conformidad con el apartado 1.4.3.2 (NRSC) o el apartado 2.3.3.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento. La dilución del gas de escape se efectuará con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El caudal del sistema de flujo total deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en el apartado 1.5 del apéndice 2 del anexo 4A del presente Reglamento.

El sistema de medición cumplirá los requisitos del apartado 1.4.1 (NRSC) o del apartado 2.3.1 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento.

3.2.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y se almacenarán con arreglo a los apartados 3.7.4 (NRSC) o 4.5.7.2 (NRTC), respectivamente, del anexo 4A del presente Reglamento.

3.2.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, se aplicará la corrección seco/húmedo conforme a lo dispuesto en los apartados 1.3.2 (NRSC) o 2.1.2.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento.

En el caso del NRSC, la masa de CO₂ (g/h) se calculará para cada modalidad con arreglo al apartado 1.3.4 del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento. Los flujos del gas de escape diluido se determinarán con arreglo al apartado 1.2.6 del apéndice 1 del anexo 4A del presente Reglamento.

En el caso del NRTC, la masa de CO₂ (g/ensayo) se calculará con arreglo al apartado 2.2.3 del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento. El flujo del gas de escape diluido se determinará con arreglo al apartado 2.2.1 del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento.

Se aplicará una corrección de fondo con arreglo al apartado 2.2.3.1.1 del apéndice 3 del anexo 4A del presente Reglamento.

3.3. Cálculo de las emisiones específicas del freno

3.3.1. NRSC

Las emisiones específicas del freno e_{CO_2} (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{CO}_{2\text{mass},i} \times W_{F,i})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \times W_{F,i})}$$

donde

$$P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

y

$\text{CO}_{2\text{mass},i}$ es la masa de CO₂ de la modalidad (g/h)

$P_{m,i}$ es la potencia medida de la modalidad (kW)

$P_{AE,i}$ es la potencia de los elementos auxiliares de la modalidad (kW)

$W_{F,i}$ es el factor de ponderación de la modalidad

3.3.2. NRTC

El trabajo durante el ciclo necesario para el cálculo de las emisiones de CO₂ específicas del freno se determinará de conformidad con el apartado 4.6.2 del anexo 4A del presente Reglamento.

Las emisiones específicas del freno e_{CO_2} (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2, \text{hot}}}{W_{\text{act, hot}}}$$

donde

$m_{\text{CO}_2, \text{hot}}$ es las emisiones máscas de CO₂ del NRTC de arranque en caliente (g)

$W_{\text{act, hot}}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC de arranque en caliente (kWh)

Apéndice 2**Determinación de las emisiones de CO₂ para los motores de las bandas de potencia Q y R**

1. INTRODUCCIÓN

Se aplicarán las disposiciones y los procedimientos de ensayo para notificar las emisiones de CO₂ correspondientes a las bandas de potencia Q a R que se establecen en el presente apéndice. Si el fabricante, basándose en la opción indicada en el apartado 5.2 del presente Reglamento, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B del presente Reglamento, se aplicarán las disposiciones y los procedimientos de notificación de las emisiones de CO₂ que se establecen en el presente apéndice 2.

2. REQUISITOS GENERALES

- 2.1. Las emisiones de CO₂ se determinarán a lo largo del ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente conforme a lo dispuesto en el apartado 7.8.3 del anexo 4B.
- 2.2. Los resultados de ensayo se notificarán como valores específicos del freno promediados del ciclo y se expresarán en la unidad de g/kWh.

3. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

3.1. Medición del gas de escape bruto

Se aplicará el presente punto si se mide el CO₂ en el gas de escape bruto.

3.1.1. Medición

El CO₂ del gas de escape bruto emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador de infrarrojo no dispersivo (NDIR) de conformidad con el apartado 9.4.6 del anexo 4 B del presente Reglamento.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en el apartado 8.1.4 del anexo 4 B del presente Reglamento.

El sistema de medición cumplirá los requisitos establecidos en el apartado 8.1.9 del anexo 4 B del presente Reglamento.

3.1.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y se almacenarán con arreglo al apartado 7.8.3.2 del anexo 4 B del presente Reglamento.

3.1.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantánea, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado A.8.2.2 del apéndice 8 o el apartado A.7.3.2 del apéndice 7 del anexo 4B del presente Reglamento.

La masa de CO₂ (g/ensayo) se calculará mediante la multiplicación de las concentraciones de CO₂ instantáneas alineadas en términos temporales y los flujos de gas de escape y la integración a lo largo del ciclo de ensayo con arreglo a lo dispuesto en uno de los apartados siguientes:

a) el apartado A.8.2.1.2 y el apartado A.8.2.5 del apéndice 8 del anexo 4B, utilizando los valores u de CO₂ del cuadro A.8.1, o calculando los valores u conforme al apartado A.8.2.4.2 del apéndice 8 del anexo 4B del presente Reglamento;

b) el apartado A.7.3.1 y el apartado A.7.3.3 del apéndice 7 del anexo 4B del presente Reglamento.

3.2. Medición del gas de escape diluido

Se aplicará el presente punto si se mide el CO₂ en el gas de escape diluido.

3.2.1. Medición

El CO₂ del gas de escape diluido emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador de infrarrojo no dispersivo (NDIR) de conformidad con el apartado 9.4.6 del anexo 4 B del presente Reglamento. La dilución del gas de escape se efectuará con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El caudal del sistema de flujo total deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en el apartado 8.1.4 del anexo 4 B del presente Reglamento.

El sistema de medición cumplirá los requisitos establecidos en el apartado 8.1.9 del anexo 4 B del presente Reglamento.

3.2.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y se almacenarán con arreglo al apartado 7.8.3.2 del anexo 4 B del presente Reglamento.

3.2.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantánea, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado A.8.3.2 del apéndice 8 o el apartado A.7.4.2 del apéndice 7 del anexo 4B del presente Reglamento.

La masa de CO₂ (g/ensayo) se calculará mediante la multiplicación de las concentraciones de CO₂ y los flujos de gas de escape diluido con arreglo a lo dispuesto en uno de los apartados siguientes:

a) el apartado A.8.3.1 y el apartado A.8.3.4 del apéndice 8 del anexo 4B del presente Reglamento, utilizando los valores u de CO₂ del cuadro A.8.2, o calculando los valores u conforme al apartado A.8.3.3 del apéndice 8 del anexo 4B;

b) el apartado A.7.4.1 y A.7.4.3 del apéndice 7 del anexo 4B del presente Reglamento.

Se aplicará una corrección de fondo con arreglo al apartado A.8.3.2.4 del apéndice 8 o al apartado A.7.4.1 del apéndice 8 del anexo 4 B del presente Reglamento.

3.3. Cálculo de las emisiones específicas del freno

El trabajo durante el ciclo necesario para el cálculo de las emisiones de CO₂ específicas del freno se determinará de conformidad con el apartado 7.8.3.4 del anexo 4 B del presente Reglamento.

Las emisiones específicas del freno e_{CO_2} (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2, \text{hot}}}{W_{\text{act, hot}}}$$

donde

$m_{\text{CO}_2, \text{hot}}$ es las emisiones máscas de CO₂ del NRTC de arranque en caliente (g)

$W_{\text{act, hot}}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC de arranque en caliente (kWh).