

## II

*(Actos adoptados en aplicación de los Tratados CE/Euratom cuya publicación no es obligatoria)*

## ACTOS ADOPTADOS POR ÓRGANOS CREADOS POR ACUERDOS INTERNACIONALES

Sólo 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/wp29docstts.html>.

### **Reglamento nº 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) Emisiones de los motores de encendido por compresión y encendido por chispa (GN y GLP)**

**Disposiciones uniformes relativas a las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y las emisiones de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado de petróleo destinados a la propulsión de vehículos**

(Revisión 4)

**Incorpora todos los textos válidos hasta:**

la serie 05 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor:

### ÍNDICE

#### CAPÍTULO

1. Ámbito de aplicación
2. Definiciones
3. Solicitud de homologación
4. Homologación
5. Especificaciones y ensayos
6. Instalación en el vehículo
7. Familia de motores
8. Conformidad de la producción
9. Conformidad de los vehículos/motores en circulación
10. Sanciones por no conformidad de la producción
11. Modificación y extensión de la homologación del tipo homologado
12. Cese definitivo de la producción
13. Disposiciones transitorias
14. Nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de los servicios administrativos

Apéndice 1: Procedimiento para verificar la conformidad de la producción cuando la desviación típica es satisfactoria

- Apéndice 2: Procedimiento de verificación de la conformidad de la producción cuando la desviación típica no es satisfactoria o no está disponible
- Apéndice 3: Procedimiento de verificación de la conformidad de la producción a petición del fabricante
- Apéndice 4: Determinación de la equivalencia del sistema

## ANEXOS

- Anexo 1: Ficha de características
- Apéndice 1: Características esenciales del motor (de referencia) e información relativa a la realización de los ensayos
- Apéndice 2: Características esenciales de la familia de motores
- Apéndice 3: Características esenciales del tipo de motor de la familia
- Apéndice 4: Características de las piezas del vehículo relacionadas con el motor
- Apéndice 5: Información relativa al sistema de diagnóstico a bordo (OBD)
- Anexo 2A: Comunicación relativa a la concesión, la extensión, la denegación o la retirada de una homologación o al cese definitivo de la producción de un tipo de motor de encendido por compresión, de un tipo o familia de motores de gas natural (GN) o de un tipo o familia de motores de encendido por chispa, como unidad técnica separada por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de acuerdo con el Reglamento n° 49
- Apéndice 1: Información relativa al sistema OBD
- Anexo 2B: Comunicación relativa a la concesión, la extensión, la denegación o la retirada de una homologación o al cese definitivo de la producción de un tipo de vehículo por lo que respecta a las emisiones contaminantes de su motor con arreglo al Reglamento n° 49
- Anexo 3: Disposiciones de las marcas de homologación
- Anexo 4A: Procedimiento de ensayo
- Apéndice 1: Ciclos de ensayo ESC y ELR
- Apéndice 2: Ciclo de ensayo ETC
- Apéndice 3: Programa dinamométrico ETC
- Apéndice 4: Procedimientos de medición y de muestreo
- Apéndice 5: Procedimiento de calibración
- Apéndice 6: Verificación del caudal de carbono
- Apéndice 7: Sistemas de análisis y muestreo
- Anexo 4B: Procedimiento de ensayo de motores de encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) que incorporen la certificación mundial armonizada de vehículos pesados (WHDC, Reglamento técnico mundial n° 4)
- Apéndice 1: Programa dinamométrico del motor durante el ensayo WHTC
- Apéndice 2: Combustible de referencia diésel
- Apéndice 3: Equipo de medición
- Apéndice 4: Determinación de la equivalencia de sistema
- Apéndice 5: Verificación del caudal de carbono
- Apéndice 6: Ejemplo de procedimiento de cálculo
- Anexo 5: Características técnicas del combustible de referencia prescritas para los ensayos de homologación y para la verificación de la conformidad de la producción
- Anexo 6: Ejemplo de procedimiento de cálculo
- Anexo 7: Procedimientos para la realización del ensayo de durabilidad de los sistemas de control de emisiones
- Anexo 8: Conformidad de los vehículos/motores en circulación

Anexo 9A: Sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)

Apéndice 1: Ensayos de homologación de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)

Anexo 9B: Requisitos técnicos de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD) para los motores diésel de los vehículos de carretera (WWH-OBD, Reglamento técnico mundial n° 5)

Apéndice 1: Autorización de la instalación de sistemas OBD

Apéndice 2: Casos de mal funcionamiento — ilustración de la situación de los DTC — ilustración del IMF y los sistemas de activación de los contadores

Apéndice 3: Requisitos de supervisión

Apéndice 4: Informe de conformidad técnica

Apéndice 5: Información de imagen fija y flujo de datos

Apéndice 6: Documentos normativos de referencia

Apéndice 7: Documentación relativa a la información sobre el sistema OBD

## 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.1. El presente Reglamento se aplica a los vehículos de las categorías M y N 1 y a sus motores, tal como se muestra en el cuadro A, por lo que respecta a los ensayos previstos en el cuadro B para estos motores. Se aplica también a la instalación de esos motores en los vehículos.

Cuadro A:

### Aplicabilidad

| Categoría de vehículos 1 | Masa máxima | Motores de encendido por chispa |                          |                          | Motores de encendido por compresión     |        |
|--------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------|
|                          |             | Gasolina                        | GN <sup>(a)</sup>        | GLP <sup>(b)</sup>       | Diésel                                  | Etanol |
| M <sub>1</sub>           | ≤ 3,5 t     | —                               | —                        | —                        | —                                       | —      |
|                          | > 3,5 t     | —                               | R49                      | R49                      | R49                                     | R49    |
| M <sub>2</sub>           | —           | —                               | R49                      | R49                      | R49 o R83 <sup>(c)</sup> <sup>(d)</sup> | R49    |
| M <sub>3</sub>           | —           | —                               | R49                      | R49                      | R49                                     | R49    |
| N <sub>1</sub>           | —           | —                               | R49 o R83 <sup>(d)</sup> | R49 o R83 <sup>(d)</sup> | R49 o R83 <sup>(d)</sup>                | R49    |
| N <sub>2</sub>           | —           | —                               | R49                      | R49                      | R49 o R83 <sup>(c)</sup> <sup>(d)</sup> | R49    |
| N <sub>3</sub>           | —           | —                               | R49                      | R49                      | R49                                     | R49    |

<sup>(a)</sup> Gas natural.

<sup>(b)</sup> Gas licuado de petróleo.

<sup>(c)</sup> El Reglamento n° 83 se aplica sólo a los vehículos con una masa de referencia ≤ 2 840 kg como extensión de una homologación concedida para un vehículo de las categorías M<sub>1</sub> o N<sub>1</sub>.

<sup>(d)</sup> «R49 o R83» significa que el fabricante puede obtener una homologación con arreglo al presente Reglamento o al Reglamento n° 83 (véase el punto 1.2).

Cuadro B:

### Requisitos

|                     | Motores de encendido por chispa |                   |                   | Motores de encendido por compresión |        |
|---------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|--------|
|                     | Gasolina                        | GN                | GLP               | Diésel                              | Etanol |
| Gases contaminantes | —                               | Sí                | Sí                | Sí                                  | Sí     |
| Partículas          | —                               | Sí <sup>(a)</sup> | Sí <sup>(a)</sup> | Sí                                  | Sí     |

|                            | Motores de encendido por chispa |                   |                   | Motores de encendido por compresión |        |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|--------|
|                            | Gasolina                        | GN                | GLP               | Diésel                              | Etanol |
| Humo                       | —                               | —                 | —                 | Sí                                  | Sí     |
| Durabilidad                | —                               | Sí                | Sí                | Sí                                  | Sí     |
| Conformidad en circulación | —                               | Sí                | Sí                | Sí                                  | Sí     |
| OBD                        | —                               | Sí <sup>(b)</sup> | Sí <sup>(b)</sup> | Sí                                  | Sí     |

<sup>(a)</sup> Se aplica sólo a la fase C del cuadro 2 del punto 5.2.1.  
<sup>(b)</sup> Fechas de aplicación según el punto 5.4.2.

## 1.2. Homologaciones equivalentes

Los elementos siguientes no necesitan ser homologados con arreglo al presente Reglamento si forman parte de un vehículo homologado con arreglo al Reglamento n° 83:

- a) motores de encendido por compresión que vayan a equipar vehículos de las categorías N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> y M<sub>2</sub> 1 alimentados con diésel;
- b) motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) que vayan a equipar vehículos de la categoría N<sub>1</sub> 1.
- c) vehículos de las categorías N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> y M<sub>2</sub> 1 equipados con motores de encendido por compresión alimentados con diésel y vehículos de la categoría N<sub>1</sub> 1 equipados con motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP).

## 2. DEFINICIONES

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

«homologación de un motor (familia de motores)», la homologación de un tipo de motor (familia de motores) en lo que se refiere al nivel de emisión de gases y partículas contaminantes y de humo y al sistema de diagnóstico a bordo (OBD);

«homologación de un vehículo», la homologación de un tipo de vehículo en lo que se refiere al nivel de emisión de gases y partículas contaminantes y de humo de su motor, al sistema de diagnóstico a bordo (OBD) y a la instalación del motor en el vehículo;

«estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS)», una estrategia de control de emisiones que se activa o que modifica la estrategia básica de control de emisiones para uno o varios fines concretos en respuesta a un conjunto específico de condiciones ambientales o de funcionamiento, como la velocidad del vehículo, el régimen del motor, la marcha utilizada, la temperatura de admisión o la presión de admisión;

«estrategia básica de control de emisiones (BECS)», una estrategia de control de emisiones activa en los distintos intervalos del régimen y de la carga del motor, excepto cuando se haya activado una AECS. Entre otros, pueden citarse los siguientes ejemplos de BECS:

- a) el mapa de reglaje del motor;
- b) el mapa de la recirculación del gas de escape (EGR);
- c) el mapa de la dosificación del reactivo del catalizador de reducción catalítica selectiva (RCS);

«sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas», un sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir simultáneamente las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas contaminantes (PT);

«regeneración continua», un proceso de regeneración de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce de manera permanente o, al menos, una vez por ensayo ETC; este proceso de regeneración no requerirá un procedimiento especial de ensayo;

«zona de control», zona comprendida entre los regímenes del motor A y C y entre un 25 y un 100 % de carga;

«potencia máxima declarada (P<sub>max</sub>)», la potencia máxima en kW EC (potencia neta) declarada por el fabricante en su solicitud de homologación;

«estrategia manipuladora»,

- a) una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) que reduce la eficacia del control de emisiones respecto a la estrategia básica de control de emisiones (BECS) en condiciones que pueda suponerse razonablemente que se producirán durante la conducción y utilización normales del vehículo;
- b) una estrategia básica de control de emisiones que distingue el funcionamiento en un ensayo de homologación normalizado de otros funcionamientos y proporciona un menor control de las emisiones en condiciones no incluidas de manera sustancial en los procedimientos de ensayo de homologación aplicables;
- c) un sistema OBD o una estrategia de supervisión del control de emisiones que distingue el funcionamiento en un ensayo de homologación normalizado de otros funcionamientos y proporciona una capacidad de supervisión menor (en cuanto a tiempo y exactitud) en condiciones no incluidas de manera sustancial en los procedimientos de ensayo de homologación aplicables;

«sistema de reducción de NO<sub>x</sub>», un sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) (por ejemplo, existen actualmente catalizadores activos y pasivos de NO<sub>x</sub> pobres, adsorbentes de NO<sub>x</sub> y sistemas de reducción catalítica selectiva [SCR]);

«tiempo de retraso», el tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia hasta que la respuesta del sistema sea el 10 % de la lectura final (t<sub>10</sub>); para los componentes gaseosos, consiste básicamente en el tiempo de transporte del componente medido desde la sonda de muestreo hasta el detector; a efectos del tiempo de retraso, la sonda de muestreo se define como punto de referencia;

«motor diésel», un motor que funciona según el principio de encendido por compresión;

«ensayo ELR», un ciclo de ensayo compuesto de una secuencia de fases de carga a regímenes constantes que deben aplicarse de acuerdo con el punto 5.2;

«ensayo ESC», un ciclo de ensayo compuesto de trece fases en condiciones constantes que deben aplicarse de conformidad con el punto 5.2;

«ensayo ETC», un ciclo de ensayo compuesto de 1 800 fases de transición segundo a segundo que deben aplicarse de conformidad con el punto 5.2;

«elemento de diseño», respecto a un vehículo o motor,

- a) cualquier sistema de control, incluido el software informático, los sistemas electrónicos de control y la lógica del ordenador;
- b) cualquier calibración del sistema de control;

- c) el resultado de la interacción de los sistemas;
- d) cualquier elemento de hardware;

«defecto relacionado con las emisiones», una deficiencia o desviación de las tolerancias normales de producción en el diseño, los materiales o la fabricación de un dispositivo, sistema o conjunto que afecte a cualquier parámetro, especificación o componente perteneciente al sistema de control de emisiones; la falta de un componente podrá considerarse un «defecto relacionado con las emisiones»;

«estrategia de control de emisiones (ECS)», un elemento o conjunto de elementos de diseño que se incorporen al diseño general de un sistema de motor o de un vehículo para controlar las emisiones de escape que incluya una estrategia básica de control de emisiones y un conjunto de estrategias auxiliares de control de emisiones;

«sistema de control de emisiones», el sistema de postratamiento del gas de escape, el (los) controlador(es) de gestión electrónica del sistema de motor y cualquier componente del sistema de motor situado en el escape y relacionado con las emisiones que suministre una señal de entrada o reciba una señal de salida de dicho(s) controlador(es) y, cuando proceda, la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre la(s) unidad(es) de control electrónico del sistema de motor (EECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o vehículo con respecto a la gestión de las emisiones;

«sistema de supervisión del control de emisiones», el sistema que garantiza el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO<sub>x</sub> aplicadas en el sistema de motor de conformidad con los requisitos del punto 5.5;

«modo de emisiones por defecto», estrategia auxiliar de control de emisiones activada en caso de mal funcionamiento de la estrategia de control de emisiones detectado por el sistema OBD que da lugar a la activación del IMF y que no requiere una señal de entrada del componente o sistema defectuoso;

«familia de motores/sistemas de postratamiento», a efectos de la realización de ensayos dentro de un calendario de acumulación de funcionamiento para establecer los factores de deterioro con arreglo al anexo 7 del presente Reglamento y a efectos de comprobar la conformidad de los motores/vehículos en circulación con arreglo al anexo 8 del presente Reglamento, agrupación de motores por parte del fabricante que se ajusta a la definición de familia de motores y que, además, reúne a motores que utilizan un sistema similar de postratamiento del gas de escape;

«sistema de motor», el motor, el sistema de control de emisiones y la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre la(s) unidad(es) de control electrónico del sistema de motor (EECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o vehículo;

«familia de motores», agrupación por parte el fabricante de sistemas de motores cuyo diseño, tal como se define en el punto 7 del presente Reglamento, posee características similares en cuanto a la emisión de gas de escape; todos los motores de una familia deberán respetar los límites de emisión aplicables;

«intervalo de regímenes de funcionamiento del motor», el intervalo de regímenes más frecuentes durante el uso normal del motor, comprendido entre el régimen bajo y el régimen alto, tal como se definen en el anexo 4A, apéndice 1, del presente Reglamento;

«regímenes A, B y C», los regímenes de ensayo, dentro del intervalo de regímenes de funcionamiento del motor, que deben utilizarse para los ensayos ESC y ELR, tal como se establece en el anexo 4A, apéndice 1, del presente Reglamento;

«reglaje del motor», configuración específica del motor/vehículo que incluye la estrategia de control de emisiones (ECE), una única clasificación de las prestaciones del motor (la curva de plena carga homologada) y, en caso de utilizarse, un juego de limitadores de par;

«tipo de motor», una categoría de motores que no difieran entre sí en aspectos esenciales como las características descritas en el anexo 1 del presente Reglamento;

«sistema de postratamiento del gas de escape», un catalizador (de oxidación o de tres vías), un filtro de partículas, un sistema de reducción de  $\text{NO}_x$ , un sistema combinado de reducción de  $\text{NO}_x$ /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, que, si está instalada, se considerará parte integrante del sistema de motor;

«motor de gas», un motor de encendido por chispa alimentado con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP);

«gases contaminantes», el monóxido de carbono, los hidrocarburos (suponiendo una relación de  $\text{CH}_{1,85}$  para el gasóleo,  $\text{CH}_{2,525}$  para el GLP y  $\text{CH}_{2,93}$  para el GN [hidrocarburos no metánicos] y una supuesta molécula  $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$  para los motores diésel alimentados con etanol), el metano (suponiendo una relación de  $\text{CH}_4$  para el GN) y los óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalente de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ );

«régimen alto ( $n_{hi}$ )», el régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima declarada;

«régimen bajo ( $n_{lo}$ )», el régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 50 % de la potencia máxima declarada;

«fallo importante de funcionamiento» (\*), el mal funcionamiento permanente o temporal de cualquier sistema de postratamiento de emisiones de escape que se espera que dé lugar a un aumento inmediato o posterior de las emisiones de gases o partículas del sistema de motor y que el OBD no puede estimar correctamente;

«mal funcionamiento»,

- a) cualquier deterioro o fallo, incluidos los fallos eléctricos, del sistema de control de emisiones, que pueda dar lugar a emisiones que superen los umbrales del OBD o, en su caso, a la imposibilidad de alcanzar el intervalo de rendimiento funcional del sistema de postratamiento del gas de escape, por lo que la emisión de cualquier contaminante regulado superaría los umbrales del OBD;
- b) cualquier caso en el que el OBD no pueda cumplir los requisitos de control establecidos en el presente Reglamento;

no obstante, un fabricante podrá considerar mal funcionamiento un deterioro o fallo que dé lugar a emisiones que no superen los umbrales del OBD;

«indicador de mal funcionamiento (IMF)», un indicador visual que informa claramente al conductor del vehículo en caso de mal funcionamiento a tenor del presente Reglamento;

«motor de reglaje múltiple», un motor que contiene más de un reglaje;

«grupo de GN», uno de los dos grupos de gas natural, H o L, tal como los define la norma europea EN 437 de noviembre de 1993;

«potencia neta», la potencia en kW obtenida en el banco de pruebas en la extremidad del cigüeñal, o equivalente, y medida de acuerdo con el método de medición de la potencia establecido en el Reglamento n° 85;

«OBD», un sistema de diagnóstico a bordo para el control de las emisiones, capaz de detectar un mal funcionamiento y de determinar la zona probable de dicho mal funcionamiento por medio de códigos de fallo almacenados en la memoria del ordenador;

(\*) En el punto 5.4.1 del presente Reglamento se prevé la supervisión de los fallos importantes de funcionamiento en vez de la supervisión de la degradación o la pérdida de eficacia catalítica/de filtrado de un sistema de postratamiento del gas de escape. En los puntos 3.2.3.2 y 3.2.3.3 del anexo 9A del presente Reglamento se dan ejemplos de fallos importantes de funcionamiento.

«familia de motores-OBD», a efectos de la homologación del sistema OBD con arreglo a los requisitos del anexo 9A del presente Reglamento, la agrupación por parte del fabricante de sistemas del motor que tengan parámetros comunes de diseño del OBD con arreglo al punto 7.3 del presente Reglamento;

«opacímetro», un instrumento diseñado para medir la opacidad de las partículas de humo mediante el principio de extinción de la luz;

«motor de referencia», un motor seleccionado dentro de una familia de motores cuyas características en cuanto a emisiones sean representativas de esa familia de motores;

«dispositivo de postratamiento de partículas», un sistema de postratamiento de emisiones de escape diseñado para reducir las emisiones de partículas contaminantes (PT) mediante una separación mecánica, aerodinámica, por difusión o inercial;

«partículas contaminantes», cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir el gas de escape con aire limpio filtrado, para que la temperatura no supere 325 K (52 °C);

«porcentaje de carga», la proporción del par máximo disponible a un régimen del motor determinado;

«regeneración periódica», el proceso de regeneración de un dispositivo de control de emisiones que se produce periódicamente en menos de 100 horas de funcionamiento normal del motor; durante los ciclos en los que se produce la regeneración, se pueden superar los niveles de emisión;

«unidad de toma de fuerza», un dispositivo de salida accionado por el motor y destinado al accionamiento de equipos auxiliares montados en el vehículo;

«régimen nominal», régimen máximo del motor a plena carga que permita el regulador o, en caso de que no haya regulador, el régimen al que se obtiene la potencia máxima del motor, tal como lo especifique el fabricante en anexo 1, apéndice 2, punto 2;

«reactivo», cualquier medio almacenado en el vehículo, en un depósito, y que se suministre al sistema de postratamiento del gas de escape (en caso necesario) a petición del sistema de control de emisiones;

«recalibración», la regulación precisa de un motor de GN para conseguir el mismo rendimiento (potencia y consumo de combustible) con gas natural de otro grupo;

«régimen de referencia ( $n_{ref}$ )», el valor del régimen máximo que debe utilizarse para desnormalizar los regímenes relativos del ensayo ETC, tal como se establece en el anexo 4A, apéndice 2, del presente Reglamento;

«tiempo de respuesta», la diferencia de tiempo entre un cambio rápido del componente que debe medirse en el punto de referencia y el cambio correspondiente en la respuesta del sistema de medición por el que el cambio del componente medido alcanza como mínimo un 60 % del factor estequiométrico y se produce en menos de 0,1 segundos; el tiempo de respuesta del sistema ( $t_{90}$ ) consiste en el tiempo de retraso del sistema y el tiempo de subida del sistema (véase también la norma ISO 16183);

«tiempo de subida», el tiempo entre la respuesta al 10 % y al 90 % de la lectura final ( $t_{90} - t_{10}$ ); es la respuesta del instrumento una vez que el componente que debe medirse ha alcanzado el instrumento; a efectos del tiempo de subida, la sonda de muestreo se define como el punto de referencia;

«autoadaptabilidad», cualquier dispositivo del motor que permita mantener constante la relación aire/combustible;

«humo», las partículas en suspensión del flujo de escape de un motor diésel que absorban, reflejen o refracten la luz;

«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 condiciones constantes (ensayo ESC) o de transición (ensayos ETC y ELR);



«limitador del par», un dispositivo que limita temporalmente el par máximo;

«tiempo de transformación», el tiempo entre el cambio del componente que debe medirse en la sonda de muestreo y una respuesta del sistema equivalente al 50 % de la lectura final ( $t_{50}$ ); el tiempo de transformación se utiliza para el alineamiento de señales de distintos instrumentos de medición;

«vida útil», para los vehículos y motores homologados con arreglo a la fila B1, B2 o C del cuadro que figura en el punto 5.2.1 del presente Reglamento, la distancia y/o el tiempo definidos en el punto 5.3 (durabilidad de los sistemas de control de emisiones) del presente Reglamento durante los cuales debe garantizarse la conformidad con los límites de emisión de gases, partículas y humos como parte de la homologación;

«tipo de vehículo», una categoría de vehículos de motor que no difieren en aspectos esenciales como las características del vehículo y del motor especificadas en el anexo 1 del presente Reglamento;

«índice de Wobbe (Wl: inferior; Wu: superior)», la relación del poder calorífico correspondiente de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa en las mismas condiciones de referencia;

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

«factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ )», una expresión que describe la flexibilidad que debe tener el sistema de gestión del motor por lo que respecta a un cambio de la relación  $\lambda$  de exceso de aire si el motor es alimentado con un gas cuya composición es diferente de la del metano puro (véase en el anexo 7 cómo calcular  $S_\lambda$ ),

## 2.2. Símbolos, abreviaturas y normas internacionales

### 2.2.1. Símbolos de los parámetros de ensayo

| Símbolo | Unidad     | Significado                                                                              |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_p$   | $m^2$      | Superficie de la sección transversal de la sonda de muestreo isocinética                 |
| $A_e$   | $m^2$      | Superficie de la sección transversal del tubo de escape                                  |
| $c$     | ppm/vol. % | Concentración                                                                            |
| $C_d$   | —          | Coefficiente de descarga del venturi subsónico (SSV)-muestreo de volumen constante (CVS) |
| $C1$    | —          | Hidrocarburo equivalente al carbono 1                                                    |
| $d$     | m          | Diámetro                                                                                 |
| $D_0$   | $m^3/s$    | Intersección de una función de calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)  |
| $D$     | —          | Factor de dilución                                                                       |
| $D$     | —          | Constante de la función de Bessel                                                        |
| $E$     | —          | Constante de la función de Bessel                                                        |
| $E_E$   | —          | Eficiencia del etano                                                                     |
| $E_M$   | —          | Eficiencia del metano                                                                    |
| $E_Z$   | g/kWh      | Emisión interpolada de $NO_x$ del punto de control                                       |
| $f$     | 1/s        | Frecuencia                                                                               |
| $f_a$   | —          | Factor atmosférico del laboratorio                                                       |
| $f_c$   | $s^{-1}$   | Frecuencia de corte del filtro de Bessel                                                 |
| $F_s$   | —          | Factor estequiométrico                                                                   |
| $H$     | MJ/ $m^3$  | Poder calorífico                                                                         |
| $H_a$   | g/kg       | Humedad absoluta del aire de admisión                                                    |
| $H_d$   | g/kg       | Humedad absoluta del aire de dilución                                                    |
| $i$     | —          | Subíndice que indica una fase individual o medición instantánea                          |
| $K$     | —          | Constante de Bessel                                                                      |

| Símbolo           | Unidad            | Significado                                                                                               |
|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| k                 | m <sup>-1</sup>   | Coefficiente de absorción de la luz                                                                       |
| k <sub>f</sub>    | —                 | Factor específico del combustible para la corrección de seco a húmedo                                     |
| k <sub>h, D</sub> | —                 | Factor de corrección de la humedad para NO <sub>x</sub> en motores diésel                                 |
| k <sub>h, G</sub> | —                 | Factor de corrección de la humedad para NO <sub>x</sub> en motores de gas                                 |
| K <sub>V</sub>    | —                 | Función de calibración del venturi de flujo crítico (CFV)                                                 |
| k <sub>W, a</sub> | —                 | Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de admisión                                            |
| k <sub>W, d</sub> | —                 | Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de dilución                                            |
| k <sub>W, e</sub> | —                 | Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape diluido                                       |
| k <sub>W, r</sub> | —                 | Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape bruto                                         |
| L                 | %                 | Porcentaje de par en relación con el par máximo del motor de ensayo                                       |
| L <sub>a</sub>    | m                 | Longitud efectiva del camino óptico                                                                       |
| M <sub>ra</sub>   | g/mol             | Masa molecular del aire de admisión                                                                       |
| M <sub>re</sub>   | g/mol             | Masa molecular del gas de escape                                                                          |
| m <sub>d</sub>    | kg                | Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas                   |
| m <sub>ed</sub>   | kg                | Masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo                                                 |
| m <sub>edf</sub>  | kg                | Masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo                                           |
| m <sub>ew</sub>   | kg                | Masa total del gas de escape a lo largo del ciclo                                                         |
| m <sub>f</sub>    | mg                | Masa de la muestra de partículas recogida                                                                 |
| m <sub>f, d</sub> | mg                | Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida                                            |
| m <sub>gas</sub>  | g/h o g           | Caudal másico de las emisiones gaseosas                                                                   |
| m <sub>se</sub>   | kg                | Masa de la muestra a lo largo del ciclo                                                                   |
| m <sub>sep</sub>  | kg                | Masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas              |
| m <sub>set</sub>  | kg                | Masa de la muestra de gas de escape doblemente diluido y pasada por los filtros de muestreo de partículas |
| m <sub>ssd</sub>  | kg                | Masa del aire de dilución secundario                                                                      |
| N                 | %                 | Opacidad                                                                                                  |
| N <sub>p</sub>    | —                 | Total de revoluciones de la bomba de desplazamiento positivo (PDP) durante el ciclo                       |
| N <sub>p, i</sub> | —                 | Revoluciones de la PDP en un intervalo de tiempo                                                          |
| n                 | min <sup>-1</sup> | Régimen del motor                                                                                         |
| n <sub>p</sub>    | s <sup>-1</sup>   | Régimen de la PDP                                                                                         |
| n <sub>hi</sub>   | min <sup>-1</sup> | Régimen alto del motor                                                                                    |
| n <sub>lo</sub>   | min <sup>-1</sup> | Régimen bajo del motor                                                                                    |
| n <sub>ref</sub>  | min <sup>-1</sup> | Régimen de referencia del motor para el ensayo ETC                                                        |
| p <sub>a</sub>    | kPa               | Presión del vapor de saturación del aire de admisión del motor                                            |
| p <sub>b</sub>    | kPa               | Presión atmosférica total                                                                                 |
| p <sub>d</sub>    | kPa               | Presión del vapor de saturación del aire de dilución                                                      |
| p <sub>p</sub>    | kPa               | Presión absoluta                                                                                          |
| p <sub>r</sub>    | kPa               | Presión del vapor de agua después del baño refrigerante                                                   |
| p <sub>s</sub>    | kPa               | Presión atmosférica seca                                                                                  |
| p <sub>i</sub>    | kPa               | Presión-depresión en la entrada de la bomba                                                               |
| P(a)              | kW                | Potencia absorbida por los accesorios que deben montarse para el ensayo                                   |
| P(b)              | kW                | Potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse para el ensayo                                  |
| P(n)              | kW                | Potencia neta no corregida                                                                                |

| Símbolo              | Unidad                | Significado                                                                                             |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P(m)                 | kW                    | Potencia medida en el banco de pruebas                                                                  |
| Q <sub>maw</sub>     | kg/h o kg/s           | Caudal másico del aire de admisión en base húmeda                                                       |
| Q <sub>mad</sub>     | kg/h o kg/s           | Caudal másico del aire de admisión en base seca                                                         |
| Q <sub>mdw</sub>     | kg/h o kg/s           | Caudal másico del aire de dilución en base húmeda                                                       |
| Q <sub>mdew</sub>    | kg/h o kg/s           | Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda                                                  |
| Q <sub>mdew, i</sub> | kg/s                  | Masa instantánea del caudal del CVS en condiciones húmedas                                              |
| Q <sub>medf</sub>    | kg/h o kg/s           | Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda                                      |
| Q <sub>mew</sub>     | kg/h o kg/s           | Caudal másico del gas de escape en base húmeda                                                          |
| Q <sub>mf</sub>      | kg/h o kg/s           | Caudal másico del combustible                                                                           |
| Q <sub>mp</sub>      | kg/h o kg/s           | Caudal másico de la muestra de partículas                                                               |
| Q <sub>vs</sub>      | dm <sup>3</sup> /min. | Caudal de la muestra en el banco de análisis                                                            |
| Q <sub>vt</sub>      | cm <sup>3</sup> /min. | Caudal del gas trazador                                                                                 |
| Ω                    | —                     | Constante de Bessel                                                                                     |
| Q <sub>s</sub>       | m <sup>3</sup> /s     | Caudal volumétrico de PDP/CFV-CVS                                                                       |
| Q <sub>SSV</sub>     | m <sup>3</sup> /s     | Caudal volumétrico de CVS-SSV                                                                           |
| r <sub>a</sub>       | —                     | Relación de las superficies de las secciones transversales de la sonda isocinética y del tubo de escape |
| r <sub>d</sub>       | —                     | Relación de dilución                                                                                    |
| r <sub>D</sub>       | —                     | Relación de los diámetros SSV-CVS                                                                       |
| r <sub>p</sub>       | —                     | Relación de las presiones SSV-CVS                                                                       |
| r <sub>s</sub>       | —                     | Relación de muestra                                                                                     |
| R <sub>f</sub>       | —                     | Factor de respuesta del detector de ionización de llama (FID)                                           |
| ρ                    | kg/m <sup>3</sup>     | Densidad                                                                                                |
| S                    | kW                    | Reglaje del dinamómetro                                                                                 |
| S <sub>i</sub>       | m <sup>-1</sup>       | Valor del humo instantáneo                                                                              |
| S <sub>λ</sub>       | —                     | Factor de desplazamiento λ                                                                              |
| T                    | K                     | Temperatura absoluta                                                                                    |
| T <sub>a</sub>       | K                     | Temperatura absoluta del aire de admisión                                                               |
| t                    | s                     | Tiempo de medición                                                                                      |
| t <sub>c</sub>       | s                     | Tiempo de la respuesta eléctrica                                                                        |
| t <sub>f</sub>       | s                     | Tiempo de respuesta del filtro para la función de Bessel                                                |
| t <sub>p</sub>       | s                     | Tiempo de respuesta física                                                                              |
| Δt                   | s                     | Intervalo de tiempo entre datos sucesivos del humo (= 1/frecuencia de muestreo)                         |
| Δt <sub>i</sub>      | s                     | Intervalo de tiempo para el caudal instantáneo del CVS                                                  |
| τ                    | %                     | Transmitancia del humo                                                                                  |
| u                    | —                     | Relación entre las densidades del componente del gas y del gas de escape                                |
| V <sub>0</sub>       | m <sup>3</sup> /rev.  | Volumen de gas de la PDP bombeado por revolución                                                        |
| V <sub>s</sub>       | L                     | Volumen del sistema del banco de análisis                                                               |
| W                    | —                     | Índice de Wobbe                                                                                         |
| W <sub>act</sub>     | kWh                   | Trabajo del ciclo efectivo del ensayo ETC                                                               |
| W <sub>ref</sub>     | kWh                   | Trabajo del ciclo de referencia del ensayo ETC                                                          |
| W <sub>f</sub>       | —                     | Factor de ponderación                                                                                   |
| W <sub>fe</sub>      | —                     | Factor de ponderación efectivo                                                                          |
| X <sub>0</sub>       | m <sup>3</sup> /rev.  | Función de calibración del caudal volumétrico de la PDP                                                 |
| Y <sub>i</sub>       | m <sup>-1</sup>       | Valor promediado del humo de Bessel en 1 s                                                              |

## 2.2.2. Símbolos de los componentes químicos

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| CH <sub>4</sub>                  | Metano                     |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>    | Etano                      |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH | Etanol                     |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>    | Propano                    |
| CO                               | Monóxido de carbono        |
| DOP                              | Ftalato de dioctilo        |
| CO <sub>2</sub>                  | Dióxido de carbono         |
| HC                               | Hidrocarburos              |
| NMHC                             | Hidrocarburos no metánicos |
| NO <sub>x</sub>                  | Óxidos de nitrógeno        |
| NO                               | Óxido nítrico              |
| NO <sub>2</sub>                  | Dióxido de nitrógeno       |
| PT                               | Partículas                 |

## 2.2.3. Abreviaturas

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| CFV  | Venturi de caudal crítico                 |
| CLD  | Detector quimioluminiscente               |
| ELR  | Ensayo europeo de respuesta a la carga    |
| ESC  | Ciclo europeo de estado continuo          |
| ETC  | Ciclo europeo de transición               |
| FID  | Detector de ionización de llama           |
| GC   | Cromatógrafo de gas                       |
| HCLD | Detector quimioluminiscente calentado     |
| HFID | Detector de ionización de llama calentado |
| GLP  | Gas licuado de petróleo                   |
| NDIR | Analizador de infrarrojos no dispersivo   |
| GN   | Gas natural                               |
| NMC  | Separador de hidrocarburos no metánicos   |

## 2.2.4. Símbolos de la composición del combustible

|                  |                                                         |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| w <sub>ALF</sub> | contenido de hidrógeno del combustible, en % de la masa |
| w <sub>BET</sub> | contenido de carbono del combustible, en % de la masa   |
| w <sub>GAM</sub> | contenido de azufre del combustible, en % de la masa    |
| w <sub>DEL</sub> | contenido de nitrógeno del combustible, en % de la masa |
| w <sub>EPS</sub> | contenido de oxígeno del combustible, en % de la masa   |
| α                | relación molar del hidrógeno (H/C)                      |
| β                | relación molar del carbono (C/C)                        |
| γ                | relación molar del azufre (S/C)                         |
| δ                | relación molar del nitrógeno (N/C)                      |
| ε                | relación molar del oxígeno (O/C)                        |

en referencia a un combustible C<sub>β</sub> H<sub>α</sub> O<sub>ε</sub> N<sub>δ</sub> S<sub>γ</sub>

β = 1 para los combustibles a base de carbono, β = 0 para el combustible de hidrógeno

## 2.2.5. Normas a las que hace referencia el presente Reglamento

|              |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 15031-1  | ISO 15031-1: 2001 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 1: Información general.                                                                         |
| ISO 15031-2  | ISO/PRF TR 15031-2: 2004 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 2: Términos, definiciones, abreviaturas y siglas.                                        |
| ISO 15031-3  | ISO 15031-3: 2004 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 3: Conector de diagnóstico y circuitos eléctricos relacionados, especificaciones y utilización. |
| SAE J1939-13 | SAE J1939-13: Conector de diagnóstico exterior.                                                                                                                                                                                                            |
| ISO 15031-4  | ISO DIS 15031-4,3: 2004 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 4: Equipo de ensayo externo.                                                              |
| SAE J1939-73 | SAE J1939-73: Capa de aplicación: diagnóstico.                                                                                                                                                                                                             |

|             |                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 15031-5 | ISO DIS 15031-5,4: 2004 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 5: Servicios de diagnóstico en relación con las emisiones.           |
| ISO 15031-6 | ISO DIS 15031-6,4: 2004 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 6: Definiciones de los códigos de problema de diagnóstico.           |
| SAE J2012   | SAE J2012: Definiciones de los códigos de problema de diagnóstico equivalentes a ISO/DIS 15031-6, de 30 de abril de 2002.                                                                                                             |
| ISO 15031-7 | ISO 15031-7: 2001 Vehículos de carretera. Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para el diagnóstico relativo a las emisiones. Parte 7: Seguridad del enlace de datos.                                          |
| SAE J2186   | SAE J2186: E/E Seguridad del enlace de datos, de octubre de 1996.                                                                                                                                                                     |
| ISO 15765-4 | ISO 15765-4: 2001 Vehículos de carretera. Diagnósticos basados en la red de área de controlador (CAN). Parte 4: Requisitos para sistemas relacionados con las emisiones.                                                              |
| SAE J1939   | SAE J1939: Práctica recomendada para una red en serie de control y comunicación para vehículos.                                                                                                                                       |
| ISO 16185   | ISO 16185: 2000 Vehículos de carretera. Familia de motores para homologación.                                                                                                                                                         |
| ISO 2575    | ISO 2575: 2000 Vehículos de carretera. Símbolos para controles, indicadores y testigos.                                                                                                                                               |
| ISO 16183   | ISO 16183: 2002 Motores de gran potencia. Medición de las emisiones de gases a partir del gas de escape bruto y de las emisiones de partículas mediante sistemas de dilución de flujo parcial en condiciones de ensayo de transición. |

### 3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN

#### 3.1. **Solicitud de homologación de un tipo de motor o una familia de motores como unidad técnica separada**

- 3.1.1. La solicitud de homologación de un tipo de motor o una familia de motores por lo que respecta a los requisitos del cuadro B del punto 1.1 deberá presentarla el fabricante del motor o un representante debidamente acreditado.

Si la solicitud se refiere a un motor equipado con un sistema de diagnóstico a bordo (OBD), deberán cumplirse los requisitos del punto 3.4.

- 3.1.2. La solicitud irá acompañada de los documentos citados a continuación, por triplicado, y de la información siguiente:

- 3.1.2.1. una descripción del tipo de motor o, en su caso, la familia de motores, que incluya la información mencionada en el anexo 1 del presente Reglamento.

- 3.1.3. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación indicados en el punto 5 un motor que se ajuste a las características del «tipo de motor» o «motor de referencia» descritas en el anexo 1.

#### 3.2. **Solicitud de homologación de un tipo de vehículo por lo que respecta a su motor**

- 3.2.1. La solicitud de homologación de un tipo de vehículo por lo que respecta a los requisitos aplicables a su motor, o familia de motores, que figuran en el cuadro B del punto 1.1 y a la instalación del motor en el vehículo deberá presentarla el fabricante del motor o un representante debidamente acreditado.

Si la solicitud se refiere a un motor equipado con un sistema de diagnóstico a bordo (OBD), deberán cumplirse los requisitos del punto 3.4.

- 3.2.2. La solicitud irá acompañada de los documentos citados a continuación, por triplicado, y de la información siguiente:

- 3.2.2.1. una descripción del tipo de vehículo, de las partes del vehículo relacionadas con el motor y del tipo de motor o, en su caso, la familia de motores, que incluya la información mencionada en el anexo 1 del presente Reglamento.

- 3.2.3. El fabricante proporcionará una descripción del indicador de mal funcionamiento (IMF) utilizado por el sistema OBD para señalar un fallo al conductor del vehículo.

Proporcionará, asimismo, una descripción del indicador y del modo de señalización utilizado para señalar la falta del reactivo exigido al conductor del vehículo.

- 3.2.4. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación definidos en los puntos 5 y 6 un motor que se ajuste a las características del «tipo de motor» descritas en el anexo 1.

3.3. **Solicitud de homologación de un tipo de vehículo con un motor homologado**

- 3.3.1. La solicitud de homologación de un tipo de vehículo en lo que concierne a la instalación en él de un motor homologado deberá presentarla el fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado.

- 3.3.2. La solicitud irá acompañada de los documentos citados a continuación, por triplicado, y de la información siguiente:

- 3.3.2.1. una descripción del tipo de vehículo y de las partes del vehículo relacionadas con el motor que reúnan las características establecidas en el anexo 1, cuando se apliquen, y una copia del impreso de comunicación de la homologación (anexo 2A) del motor o de la familia de motores, según proceda, como unidad técnica separada instalada en el tipo de vehículo.

- 3.3.3. El fabricante proporcionará una descripción del indicador de mal funcionamiento (IMF) utilizado por el sistema OBD para señalar un fallo al conductor del vehículo.

Proporcionará, asimismo, una descripción del indicador y del modo de señalización utilizado para señalar la falta del reactivo exigido al conductor del vehículo.

- 3.3.4. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación definidos en el punto 6 un vehículo conforme a las características del «tipo de vehículo» descritas en el anexo 1.

3.4. **Sistemas de diagnóstico a bordo**

- 3.4.1. La solicitud de homologación de un vehículo o un motor (familia de motores) equipado con un sistema de diagnóstico a bordo (OBD) irá acompañada de la información requerida en el anexo 1, apéndice 1, punto 9 (descripción del motor [de referencia]), y/o en el anexo 1, apéndice 3, punto 6 (descripción de un tipo de motor de la familia), así como de lo siguiente:

- 3.4.1.1. información detallada por escrito con una descripción completa de las características de funcionamiento del sistema OBD, incluida una lista de todas las partes significativas del sistema de control de emisiones del motor, a saber, los sensores, los actuadores y los componentes, supervisadas por el OBD.

- 3.4.1.2. Cuando proceda, una declaración del fabricante acerca de los parámetros que se utilizan como base para la supervisión de fallos funcionales importantes, y además:

- 3.4.1.2.1. el fabricante proporcionará al servicio técnico una descripción de los posibles fallos del sistema de control de emisiones que influyan en las emisiones. El servicio técnico y el fabricante del vehículo debatirán y acordarán dicha información.

- 3.4.1.3. Cuando proceda, una descripción de la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre la unidad de control electrónico del motor (EECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o del vehículo cuando la información intercambiada afecte al correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones.
- 3.4.1.4. En su caso, copias de otras homologaciones con los datos pertinentes para que puedan extenderse las homologaciones.
- 3.4.1.5. Si procede, los datos de la familia de motores con arreglo al punto 7 del presente Reglamento.
- 3.4.1.6. El fabricante describirá las disposiciones adoptadas para evitar la manipulación y modificación de la EECU o de cualquier parámetro de la interfaz considerada en el punto 3.4.1.3.

#### 4. HOMOLOGACIÓN

##### 4.1. Concesión de una homologación universal para combustible

Se concederá una homologación universal para combustible si se cumplen las condiciones siguientes.

- 4.1.1. En el caso del diésel o el etanol, el motor de referencia cumple los requisitos del presente Reglamento relativos al combustible de referencia especificados en el anexo 5.
- 4.1.2. Respecto al gas natural, el motor de referencia debe demostrar su capacidad de adaptación a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. En el caso del gas natural, existe en general combustible de dos grupos, el de alto poder calorífico (grupo H) y el de bajo poder calorífico (grupo L), aunque con una variedad significativa dentro de cada uno de ellos; difieren considerablemente en cuanto a su contenido energético, expresado mediante el índice de Wobbe y en su factor desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ). Las fórmulas para el cálculo del índice de Wobbe y del  $S_\lambda$  figuran en el punto 2.1. El gas natural con un factor de desplazamiento  $\lambda$  comprendido entre 0,89 y 1,08 ( $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$ ) se considera del grupo H, y aquel cuyo factor de desplazamiento  $\lambda$  está comprendido entre 1,08 y 1,19 ( $1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$ ) se considera del grupo L. La composición de los combustibles de referencia refleja las variaciones extremas de  $S_\lambda$ .

El motor de referencia deberá cumplir los requisitos sobre los combustibles de referencia  $G_R$  (combustible 1) y  $G_{25}$  (combustible 2), tal como se especifican en el anexo 5, sin ajustes en la alimentación de combustible entre los dos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará mediante el procedimiento descrito en el anexo 4A, apéndice 2, punto 3.

- 4.1.2.1. A petición del fabricante, el motor podrá probarse con un tercer combustible (combustible 3) si el factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el margen inferior del  $G_R$ ) y 1,19 (es decir, el margen superior del  $G_{25}$ ), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.
- 4.1.3. En el caso de motores de gas natural que se autoadapten, por un lado, a los gases del grupo H y, por otro, a los gases del grupo L, y que puedan cambiarse de los gases del grupo H a los gases del grupo L mediante un conmutador, el ensayo del motor de referencia deberá efectuarse, en cada posición del conmutador, con el combustible de referencia correspondiente tal como se especifica en el anexo 5 para cada tipo de combustible. Los combustibles son el  $G_R$  (combustible 1) y el  $G_{23}$  (combustible 3) para los gases del grupo H, y el  $G_{25}$  (combustible 2) y el  $G_{23}$  (combustible 3) para los gases del grupo L. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento en ambas posiciones del conmutador, sin efectuar ningún ajuste de la alimentación entre los ensayos realizados en ambas posiciones. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará mediante el procedimiento descrito en anexo 4A, apéndice 2, punto 3.



- 4.1.3.1. A petición del fabricante, el motor podrá ensayarse con un tercer combustible en lugar del G<sub>23</sub> (combustible 3) si el factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el margen inferior del G<sub>R</sub>) y 1,19 (es decir, el margen superior del G<sub>25</sub>), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.

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

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

o bien

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

a

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

- 4.1.5. En el caso del GLP, el motor de referencia debe demostrar su capacidad de adaptación a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. En el caso del GLP, existen variaciones en la composición C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>. Estas variaciones se reflejan en los combustibles de referencia. El motor de referencia debe cumplir los requisitos sobre emisiones con los combustibles de referencia A y B, tal como se especifican en el anexo 5, sin ningún ajuste en la alimentación de combustible entre ambos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará mediante el procedimiento descrito en el anexo 4A, apéndice 2, punto 3.

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

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

#### 4.2. **Concesión de una homologación restringida para un grupo de combustibles**

La homologación restringida para un grupo de combustibles se concederá si se cumplen las condiciones indicadas a continuación.

- 4.2.1. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural diseñado para funcionar con gases del grupo H o con gases del grupo L.

El motor de referencia se someterá a ensayo con el combustible de referencia pertinente, tal como se especifica en el anexo 5, del tipo en cuestión. Los combustibles son el G<sub>R</sub> (combustible 1) y el G<sub>23</sub> (combustible 3) para los gases del grupo H, y el G<sub>25</sub> (combustible 2) y el G<sub>23</sub> (combustible 3) para los gases del grupo L. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento sin efectuar ningún reajuste de la alimentación de combustible entre ambos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará mediante el procedimiento descrito en el anexo 4A, apéndice 2, punto 3.

- 4.2.1.1. A petición del fabricante, el motor podrá ensayarse con un tercer combustible en lugar del G<sub>23</sub> (combustible 3) si el factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el margen inferior del G<sub>R</sub>) y 1,19 (es decir, el margen superior del G<sub>25</sub>), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.



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

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

o bien

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

a

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

- 4.2.1.3. Cuando se entregue al cliente, el motor llevará una etiqueta (véase el punto 4.11) que indique para qué tipo de gases está homologado.
- 4.2.2. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural o GLP diseñado para funcionar con una composición de combustible específica.
- 4.2.2.1. El motor de referencia cumplirá los requisitos sobre emisiones con los combustibles de referencia  $G_R$  y  $G_{25}$  en el caso del gas natural, o los combustibles de referencia A y B en el caso del GLP, tal como se especifican en el anexo 5. Entre los ensayos se autorizará un reglaje del sistema de alimentación combustible. Este reglaje consistirá en una recalibración de la base de datos de la alimentación de combustible, sin alterar la estrategia básica de control ni la estructura fundamental de la base de datos. Si es necesario, se autorizará el cambio de piezas directamente relacionadas con el caudal de combustible (como las boquillas de los inyectores).
- 4.2.2.2. A petición del fabricante, el motor podrá ensayarse con los combustibles de referencia  $G_R$  y  $G_{23}$ , o bien  $G_{25}$  y  $G_{23}$ , en cuyo caso la homologación será válida únicamente para los gases del grupo H o los gases del grupo L, respectivamente.
- 4.2.2.3. Cuando se entregue al cliente, el motor deberá llevar una etiqueta (véase el punto 4.11) que indique para qué composición de combustible ha sido calibrado.

# Homologación de motores alimentados con gn

|                                                                                                   | Punto 4.1: Concesión de una homologación universal para combustible                                                                                                                                                                                                               | Número de periodos de ensayo                                                                             | Cálculo de «r»                                                                                                                                                                                                                                                                               | Punto 4.2: Concesión de una homologación para combustible restringida                                                                                                                                                                                                                | Número de periodos de ensayo                              | Cálculo de «r»                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Véase el punto 4.1.2<br>Motor de GN adaptable a cualquier composición de combustible              | G <sub>R</sub> (1) y G <sub>25</sub> (2)<br>A petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial adicional (3), si S <sub>λ</sub> = 0,89 – 1,19                                                                                                        | 2<br>(máx. 3)                                                                                            | $r = \frac{\text{comb. 2 } (G_{25})}{\text{comb. 1 } (G_R)}$ <p>y, si se ensaya con un combustible adicional</p> $r_a = \frac{\text{comb. 2 } (G_{25})}{\text{comb. 3 (comb. comercial)}}$ <p>y</p> $r_b = \frac{\text{comb. 1 } (G_R)}{\text{comb. 3 } (G_{23} \text{ o comb. comercial)}}$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                           |
| Véase el punto 4.1.3<br>Motor de GN auto-adaptable mediante un conmutador                         | G <sub>R</sub> (1) y G <sub>23</sub> (3) para el grupo H<br>y<br>G <sub>25</sub> (2) y G <sub>23</sub> (3) para el grupo L;<br>a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial (3) en lugar del G <sub>23</sub> , si S <sub>λ</sub> = 0,89 – 1,19 | 2 para el grupo H,<br>y<br>2 para el grupo L<br>en las posiciones respectivas del conmutador<br><b>4</b> | $r_b = \frac{\text{comb. 1 } (G_R)}{\text{comb. 3 } (G_{23} \text{ o comb. comercial)}}$ <p>y</p> $r_a = \frac{\text{comb. 2 } (G_{25})}{\text{comb. 3 } (G_{23} \text{ o comb. comercial)}}$                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                           |
| Véase el punto 4.2.1<br>Motor de GN diseñado para funcionar con gas del grupo H o gas del grupo L |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              | G <sub>R</sub> (1) y G <sub>23</sub> (3) para el grupo H, o bien<br>G <sub>25</sub> (2) y G <sub>23</sub> (3) para el grupo L;<br>a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial (3) en lugar del G <sub>23</sub> , si S <sub>λ</sub> = 0,89 – 1,19 | 2 para el grupo H o bien<br>2 para el grupo L<br><b>2</b> | $r_b = \frac{\text{comb. 1 } (G_R)}{\text{comb. 3 } (G_{23} \text{ o comb. comercial)}}$ <p>para el grupo H o bien</p> $r_a = \frac{\text{comb. 2 } (G_{25})}{\text{comb. 3 } (G_{23} \text{ o comb. comercial)}}$ <p>para el grupo L</p> |

|                                                                                                           | Punto 4.1: Concesión de una homologación universal para combustible | Número de periodos de ensayo | Cálculo de «r» | Punto 4.2: Concesión de una homologación para combustible restringida                                                                                                                                                                                                 | Número de periodos de ensayo                                                       | Cálculo de «r» |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Véase el punto 4.2.2<br>Motor de GN diseñado para funcionar con una composición de combustible específica |                                                                     |                              |                | G <sub>R</sub> (1) y G <sub>25</sub> (2),<br>reglaje permitido entre los ensayos;<br>a petición del fabricante el motor podrá ensayarse con:<br>G <sub>R</sub> (1) y G <sub>23</sub> (3) para el grupo H<br>G <sub>25</sub> (2) y G <sub>23</sub> (3) para el grupo L | <b>2</b><br>o bien<br>2 para el grupo H<br>o bien<br>2 para el grupo L<br><b>2</b> |                |

#### Homologación de motores alimentados con GLP

|                                                                                                            | Punto 4.1: Concesión de una homologación universal para combustible | Número de periodos de ensayo | Cálculo de «r»                                          | Punto 4.2: Concesión de una homologación para combustible restringida | Número de periodos de ensayo | Cálculo de «r» |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Véase el punto 4.1.5<br>Motor de GLP adaptable a cualquier composición de combustible                      | combustible A y combustible B                                       | <b>2</b>                     | $r = \frac{\text{combustible B}}{\text{combustible A}}$ |                                                                       |                              |                |
| Véase el punto 4.2.2<br>Motor de GLP diseñado para funcionar con una composición de combustible específica |                                                                     |                              |                                                         | combustible A y combustible B,<br>reglaje permitido entre los ensayos | <b>2</b>                     |                |

**4.3. Homologación de las emisiones de escape de un motor miembro de una familia**

4.3.1. A excepción del caso mencionado en el punto 4.3.2, la homologación de un motor de referencia se hará extensiva a todos los miembros de su familia, sin más ensayos, para cualquier composición de combustible del tipo para el que se haya homologado el citado motor de referencia (en el caso de los motores descritos en el punto 4.2.2) o el mismo tipo de combustibles (en el caso de los motores descritos en los puntos 4.1 o 4.2) para el que se haya homologado el motor de referencia.

**4.3.2. Motor de ensayo secundario**

En caso de solicitud de homologación de un motor, o de un vehículo en relación con su motor, que pertenezca a una familia de motores, si el servicio técnico determina que la solicitud presentada en relación con el motor de referencia no representa plenamente a la familia de motores definida en el anexo 1, apéndice 2, podrá seleccionar y someter a ensayo un motor de referencia alternativo o, en su caso, adicional.

4.4. Se asignará un número de homologación a cada tipo homologado, cuyas dos primeras cifras (actualmente 05, correspondientes a la serie 05 de modificaciones) indicarán la serie de modificaciones que incluyen las últimas modificaciones técnicas importantes del Reglamento en el momento de la concesión de la homologación. La misma Parte Contratante no podrá asignar el mismo número a otro tipo de motor o vehículo.

4.5. La homologación, su extensión o denegación, así como el cese definitivo de la producción de un tipo de motor o de vehículo, 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 los anexos 2A o 2B de este último, según proceda. Se comunicarán también los valores medidos durante el ensayo del tipo de motor o de vehículo.

4.6. En cada motor conforme al tipo de motor 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:

4.6.1. un círculo con la letra «E» en su interior, seguido del número que identifica al país que ha concedido la homologación <sup>(1)</sup>;

4.6.2. 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 punto 4.6.1.

<sup>(1)</sup> 1 para Alemania, 2 para Francia, 3 para Italia, 4 para los Países Bajos, 5 para Suecia, 6 para Bélgica, 7 para Hungría, 8 para Chequia, 9 para España, 10 para Serbia, 11 para el Reino Unido, 12 para Austria, 13 para Luxemburgo, 14 para Suiza, 15 (vacante), 16 para Noruega, 17 para Finlandia, 18 para Dinamarca, 19 para Rumanía, 20 para Polonia, 21 para Portugal, 22 para Rusia, 23 para Grecia, 24 para Irlanda, 25 para Croacia, 26 para Eslovenia, 27 para Eslovaquia, 28 para Belarús, 29 para Estonia, 30 (vacante), 31 para Bosnia y Herzegovina, 32 para Letonia, 33 (vacante), 34 para Bulgaria, 35 (vacante), 36 para Lituania, 37 para Turquía, 38 (vacante), 39 para Azerbaiyán, 40 para la Antigua República Yugoslava de Macedonia, 41 (vacante), 42 para la Comunidad Europea (las homologaciones son concedidas por sus Estados miembros utilizando su símbolo ECE respectivo), 43 para Japón, 44 (vacante), 45 para Australia, 46 para Ucrania, 47 para Sudáfrica, 48 para Nueva Zelanda, 49 para Chipre, 50 para Malta, 51 para la República de Corea, 52 para Malasia, 53 para Tailandia y 56 para Montenegro. Se asignarán números sucesivos a otros países según el orden cronológico en el que ratifiquen el Acuerdo sobre la adopción de prescripciones técnicas uniformes aplicables a los vehículos de ruedas y los equipos y piezas que puedan montarse o utilizarse en éstos, y sobre las condiciones de reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas conforme a dichas prescripciones o se adhieran a él. La Secretaría General de las Naciones Unidas comunicará los números asignados a las Partes Contratantes firmantes del Acuerdo.

- 4.6.3. No obstante, la marca de homologación incluirá un carácter adicional después de la letra «R» que indique para qué fase de la emisión (los límites de emisión, el sistema OBD, etc.) se ha concedido la homologación según el cuadro siguiente:

| Carácter | Fila <sup>(a)</sup> | OBD Fase I <sup>(b)</sup> | OBD Fase II | Durabilidad y en circulación | Control de NO <sub>x</sub> <sup>(c)</sup> |
|----------|---------------------|---------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------------------------|
| B        | B1(2005)            | SÍ                        | —           | SÍ                           | —                                         |
| C        | B1(2005)            | SÍ                        | —           | SÍ                           | SÍ                                        |
| D        | B2(2008)            | SÍ                        | —           | SÍ                           | —                                         |
| E        | B2(2008)            | SÍ                        | —           | SÍ                           | SÍ                                        |
| F        | B2(2008)            | —                         | SÍ          | SÍ                           | —                                         |
| G        | B2(2008)            | —                         | SÍ          | SÍ                           | SÍ                                        |
| H        | C                   | SÍ                        | —           | SÍ                           | —                                         |
| I        | C                   | SÍ                        | —           | SÍ                           | SÍ                                        |
| J        | C                   | —                         | SÍ          | SÍ                           | —                                         |
| K        | C                   | —                         | SÍ          | SÍ                           | SÍ                                        |

<sup>(a)</sup> De acuerdo con los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

<sup>(b)</sup> De acuerdo con el punto 5.4 del presente Reglamento, los motores de gas están excluidos de la fase I del sistema OBD.

<sup>(c)</sup> De acuerdo con el punto 5.5 del presente Reglamento.

- 4.6.3.1. En el caso los motores alimentados con GN, la marca de homologación incluirá un sufijo después del símbolo nacional que especifique para qué tipo de gases se ha concedido la homologación. Dicha marca consistirá en lo siguiente:

4.6.3.1.1. H en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo H;

4.6.3.1.2. L en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo L;

4.6.3.1.3. HL en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo H y del grupo L;

4.6.3.1.4. Ht en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo H y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo H mediante un reglaje de la alimentación de combustible del motor;

4.6.3.1.5. Lt en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo L y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo L mediante un reglaje de la alimentación de combustible del motor;

4.6.3.1.6. HLt en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica de tipo H o de tipo L y pueda adaptarse a otro gas específico de tipo H o de tipo L mediante un reglaje de la alimentación del motor.

- 4.7. Si el vehículo o el motor son conformes a un tipo homologado de acuerdo con uno o varios Reglamentos anexos al Acuerdo en el país que haya concedido la homologación con arreglo al presente Reglamento, no será necesario repetir el símbolo que se establece en el punto 4.6.1. En ese caso, el Reglamento, los números de homologación y los símbolos adicionales de todos los Reglamentos con arreglo a los cuales se ha concedido la homologación de conformidad con el presente Reglamento se indicarán en columnas verticales a la derecha del símbolo indicado en el punto 4.6.1.

- 4.8. La marca de homologación deberá figurar en la placa de datos del vehículo colocada por el fabricante, o cerca de ella.

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

4.10. Además de la marca de homologación, el motor homologado como unidad técnica llevará:

4.10.1. la marca registrada o el nombre comercial del fabricante del motor;

4.10.2. la descripción comercial del fabricante.

4.11. Etiquetas

Los motores alimentados con GN y GLP que hayan sido homologados para un tipo restringido de combustibles deberán llevar las etiquetas siguientes:

4.11.1. Contenido

Se proporcionará la información siguiente.

En el caso descrito en el punto 4.2.1.3, la etiqueta indicará «PARA USO EXCLUSIVO CON GAS NATURAL DEL GRUPO H». Cuando proceda, «H» se sustituirá por «L».

En el caso descrito en el punto 4.2.2.3, la etiqueta indicará «PARA USO EXCLUSIVO CON LA ESPECIFICACIÓN DE GAS NATURAL...» o «PARA USO EXCLUSIVO CON LA ESPECIFICACIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO...», según proceda. Se indicará toda la información contenida en el (los) cuadro(s) pertinente(s) del anexo 5 junto con los componentes individuales y los límites especificados por el fabricante del motor.

Las letras y las cifras tendrán una altura mínima de 4 mm.

*Nota:* Si la falta de espacio impide un etiquetado de estas características, podrá utilizarse un código simplificado. En ese caso, cualquier persona que llene el depósito de combustible, o realice tareas de mantenimiento o de reparación del motor y sus accesorios, así como las autoridades competentes, deberán poder acceder con facilidad a las notas explicativas que contengan la citada información. La localización y el contenido de dichas notas explicativas se determinarán mediante acuerdo entre el fabricante y el organismo de homologación.

4.11.2. Propiedades

Las etiquetas deberán durar toda la vida útil del motor y sus letras y cifras deberán ser claramente legibles e indelebles. Asimismo, se fijarán de manera que su modo de fijación dure toda la vida útil del motor, y no se podrán quitar sin que se destruya o se deteriore su superficie.

4.11.3. Colocación

Las etiquetas se fijarán a una pieza del motor que sea necesaria para su funcionamiento normal y que normalmente no deba ser sustituida durante la vida del motor. Estas etiquetas se colocarán de tal manera que sean fácilmente visibles para una persona normal una vez que el motor esté completo, con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento.

4.12. En el caso de una solicitud de homologación de un tipo de vehículo en relación con su motor, las indicaciones especificadas en el punto 4.11 se colocarán también cerca de la entrada del depósito de combustible.

4.13. En el caso de una solicitud de homologación de un tipo de vehículo con un motor homologado, las marcas especificadas en el punto 4.11 se colocarán también cerca de la entrada del depósito de combustible.

- 5. ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS
  - 5.1. **Generalidades**
    - 5.1.1. Equipo de control de emisiones
      - 5.1.1.1. Los componentes que pueden afectar, si procede, a la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores diésel y de gas se diseñarán, fabricarán, montarán e instalarán de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla las disposiciones del presente Reglamento.
    - 5.1.2. Queda prohibida la utilización de estrategias de manipulación.
      - 5.1.2.1. Se prohíbe la utilización de motores de reglaje múltiple hasta que se establezcan disposiciones adecuadas y firmes sobre dichos motores en el presente Reglamento.
    - 5.1.3. Estrategia de control de emisiones
      - 5.1.3.1. Cualquier elemento de diseño y estrategia de control de emisiones (ECS) que pueda afectar a la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores diésel y a la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de gas se diseñará, fabricará, montará e instalará de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla las disposiciones del presente Reglamento. La ECS está formada por la estrategia básica de control de emisiones (BECS) y, normalmente, una o varias estrategias auxiliares de control de emisiones (AECS).
    - 5.1.4. Requisitos relativos a la estrategia básica de control de emisiones
      - 5.1.4.1. La estrategia básica de control de emisiones (BECS) se diseñará de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla las disposiciones del presente Reglamento. Las condiciones normales de uso no se limitan a las especificadas en el punto 5.1.5.4.
    - 5.1.5. Requisitos relativos a la estrategia auxiliar de control de emisiones
      - 5.1.5.1. Se podrá instalar una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) en un motor, o en un vehículo, si dicha estrategia:
        - a) funciona sólo en condiciones distintas de las especificadas en el punto 5.1.5.4 a efectos de lo establecido en el punto 5.1.5.5; o bien
        - b) se activa sólo excepcionalmente en las condiciones de uso especificadas en el punto 5.1.5.4 a efectos de lo establecido en el punto 5.1.5.6 y no más tiempo del necesario a tal fin.
      - 5.1.5.2. Se permitirá una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) que funcione en las condiciones de uso especificadas en el punto 5.1.5.4 y que dé lugar a la utilización de una estrategia de control de emisiones (ECS) diferente o modificada en relación con la que se emplea normalmente durante los correspondientes ciclos de ensayo de emisiones si se demuestra plenamente, de conformidad con los requisitos del punto 5.1.7, que la medida no reduce de manera permanente la eficacia del sistema de control de emisiones. En todos los demás casos, dicha estrategia se considerará una estrategia de manipulación.
      - 5.1.5.3. Se permitirá una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) que funcione en condiciones de uso distintas de las especificadas en el punto 5.1.5.4 si se demuestra plenamente, de conformidad con los requisitos del punto 5.1.7, que la medida constituye la estrategia mínima necesaria a efectos del punto 5.1.5.6 con respecto a la protección del medio ambiente y otros aspectos técnicos. En todos los demás casos, dicha estrategia se considerará una estrategia de manipulación.

5.1.5.4. Con arreglo al punto 5.1.5.1, se aplicarán las condiciones de uso siguientes al motor en funcionamiento constante y en funcionamiento transitorio:

- a) una altitud no superior a 1 000 metros (o una presión atmosférica equivalente de 90 kPa),
- b) una temperatura ambiente comprendida entre 275 K y 303 K (2 °C y 30 °C) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>, y
- c) una temperatura del líquido de refrigeración del motor comprendida entre 343 K y 373 K (70 °C y 100 °C).

5.1.5.5. Se podrá instalar una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) en un motor, o en un vehículo, si el funcionamiento de dicha estrategia está incluido en el ensayo de homologación pertinente y se activa de acuerdo con lo dispuesto en el punto 5.1.5.6.

5.1.5.6. La AECS se activa:

- a) sólo mediante señales a bordo para evitar daños al sistema de motor (incluida la protección del dispositivo de tratamiento de aire) o al vehículo; o bien
- b) con fines tales como la seguridad de funcionamiento, modos de emisión por defecto y estrategias de funcionamiento en modo degradado; o bien
- c) para fines tales como la prevención de emisiones excesivas, el arranque en frío o el calentamiento; o bien
- d) si se utiliza para compensar el control de un contaminante regulado en condiciones ambientales o de funcionamiento específicas con el propósito de mantener controlados los demás contaminantes regulados en los límites de emisión adecuados para el motor en cuestión. Los efectos globales de dicha AECS consisten en compensar los fenómenos que ocurren naturalmente de una forma que ofrezca un control aceptable de todos los componentes de las emisiones.

5.1.6. Requisitos relativos a los limitadores de par

5.1.6.1. Se permitirá el uso de un limitador de par si cumple los requisitos del punto 5.1.6.2 o 5.5.5. En todos los demás casos, el limitador se considerará una estrategia de manipulación.

5.1.6.2. Podrá instalarse un limitador del par en un motor o vehículo, si:

- a) el limitador del par se activa sólo mediante señales a bordo para evitar daños al grupo motopropulsor o al vehículo o por motivos de seguridad del vehículo, para activar una unidad de toma de fuerza cuando el vehículo está en posición estacionaria o para aplicar medidas destinadas a garantizar el correcto funcionamiento del sistema de reducción de NO<sub>x</sub>;
- b) el limitador del par se activa sólo temporalmente;
- c) el limitador del par no modifica la estrategia de control de emisiones (ECS);
- d) en los casos de toma de fuerza o protección del grupo motopropulsor, el par se limita a un valor constante, independiente del régimen del motor, sin superar nunca el par a plena carga; y

<sup>(1)</sup> Hasta el 1 de octubre de 2008, será de aplicación lo siguiente: «una temperatura ambiente comprendida entre 279 K y 303 K (6 °C y 30 °C)».

<sup>(2)</sup> Este arco de temperaturas será reconsiderado en el marco de la revisión del presente Reglamento, poniendo especial énfasis en la pertinencia del límite de temperatura inferior.



- e) se activa de la misma manera para limitar las prestaciones de un vehículo con el fin de incitar al conductor a adoptar las medidas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de los NO<sub>x</sub> en el sistema de motor.

5.1.7. Requisitos especiales para los sistemas electrónicos de control de emisiones

5.1.7.1. Documentación exigida

El fabricante deberá presentar un expediente documental que dé acceso a cualquier elemento de diseño y estrategia de control de emisiones (ECS), así como al limitador del par del sistema de motor y a los medios mediante los que controla sus variables de salida, independientemente de que dicho control sea directo o indirecto. La mencionada documentación se pondrá a disposición en dos partes:

- a) La documentación oficial, que se enviará al servicio técnico en el momento de la presentación de la solicitud de homologación, incluirá una descripción completa de la ECS y, en su caso, del limitador del par. Dicha documentación podrá ser breve, siempre que demuestre que se han identificado todos los resultados permitidos por una matriz obtenida a partir del margen de control de los datos de entrada de cada unidad. Esta información deberá adjuntarse a la documentación exigida en el punto 3 del presente Reglamento.
- b) Material suplementario que indique los parámetros modificados por cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) y las condiciones límite en que funciona dicha estrategia. El material suplementario incluirá una descripción de la lógica de control del sistema de alimentación de combustible, estrategias de regulación y puntos de conmutación durante todas las fases de funcionamiento. También incluirá una descripción del limitador del par descrito en el punto 5.5.5 del presente Reglamento.

El material suplementario incluirá también una justificación del uso de cualquier AECS, así como material adicional y datos de ensayo que demuestren el efecto en las emisiones de escape de cualquier AECS instalada en el motor o el vehículo. La justificación del uso de una AECS podrá basarse en datos de ensayo o en análisis técnicos solventes.

Este material suplementario tendrá carácter estrictamente confidencial y, cuando lo solicite, se pondrá a disposición del organismo de homologación. Éste mantendrá el carácter confidencial de dicho material.

5.1.8. Disposiciones específicas para la homologación de motores con arreglo a la fila A de los cuadros del punto 5.2.1 (motores que normalmente no se someten al ensayo ETC)

5.1.8.1. Para comprobar si una estrategia o medida debe considerarse una estrategia de manipulación con arreglo a las definiciones del punto 2, el organismo de homologación o el servicio técnico podrán solicitar también un ensayo de control de NO<sub>x</sub> mediante el ensayo ETC que podrá llevarse a cabo en combinación con el ensayo de homologación o con los procedimientos de verificación de la conformidad de la producción.

5.1.8.2. Al verificar si una estrategia o medida debe considerarse una estrategia de manipulación con arreglo a las definiciones del punto 2, se aceptará un margen adicional del 10 % en relación con el valor límite de NO<sub>x</sub> adecuado.

5.1.9. Disposiciones relativas a la seguridad del sistema electrónico

5.1.9.1. Todo vehículo equipado con una unidad de control de emisiones incluirá medidas que impidan cualquier modificación no autorizada por el fabricante. El fabricante autorizará la introducción de modificaciones siempre que sean necesarias para fines de diagnóstico, mantenimiento, inspección, instalación de accesorios o reparación del vehículo. Todo parámetro de funcionamiento o código informático reprogramable deberá ser resistente a las manipulaciones y ofrecer un nivel de protección al menos igual al previsto en las disposiciones de la norma ISO 15031-7 (SAE J2186), siempre y cuando el intercambio de seguridad se lleve a cabo utilizando los protocolos y el conector de diagnóstico prescritos en el anexo 9A, punto 6, del presente Reglamento. Todo chip de memoria de calibración extraíble irá encapsulado, alojado en una caja sellada o protegido mediante algoritmos electrónicos y no podrá sustituirse sin herramientas o procedimientos especializados.

- 5.1.9.2. Los parámetros de funcionamiento del motor controlados por códigos informáticos no podrán modificarse sin utilizar herramientas y procedimientos especializados (por ejemplo, componentes de ordenador soldados o encapsulados o carcasas de ordenador selladas o soldadas).
- 5.1.9.3. Los fabricantes adoptarán las medidas adecuadas para proteger el ajuste de máximo suministro de combustible contra cualquier manipulación mientras un vehículo esté en circulación.
- 5.1.9.4. Los fabricantes podrán solicitar al organismo de homologación una exención respecto a cualquiera de estos requisitos para los vehículos en los que sea improbable la necesidad de protección. Los criterios que tendrá en cuenta el organismo de homologación al estudiar la exención serán, entre otros, la presencia en ese momento de chips de prestaciones, la capacidad del vehículo de alcanzar altas prestaciones y el volumen de ventas previsto.
- 5.1.9.5. Los fabricantes que utilicen sistemas de códigos informáticos programables (por ejemplo, una memoria sólo de lectura, programable y borrable eléctricamente, EEPROM) deberán impedir cualquier reprogramación no autorizada. Incluirán estrategias avanzadas de protección contra manipulaciones y medidas de protección contra escritura que requieran el acceso electrónico a un ordenador externo mantenido por ellos. El organismo de homologación podrá aprobar métodos alternativos que ofrezcan un nivel equivalente de protección contra la manipulación.

5.2. **Especificaciones relativas a las emisiones de gases y partículas contaminantes y de humo**

Para los ensayos de homologación respecto a las filas B1 o B2 o la fila C de los cuadros del punto 5.2.1, las emisiones se determinarán mediante ensayos ESC, ELR y ETC.

En el caso de motores de gas, las emisiones de gases se determinarán mediante el ensayo ETC.

Los procedimientos de ensayo ESC y ELR se describen en el anexo 4A, apéndice 1, y el procedimiento de ensayo ETC se describe en el anexo 4A, apéndices 2 y 3.

Las emisiones de gases y de partículas contaminantes, si procede, y de humo, si procede, del motor sometido a ensayo se medirán mediante los métodos descritos en el anexo 4A, apéndice 4. En el apéndice 7 de dicho anexo se describen los sistemas analíticos recomendados para los gases contaminantes, los sistemas de muestreo de partículas recomendados y el sistema de medición de humos recomendado.

El servicio técnico podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes en el ciclo de ensayo respectivo. La determinación de equivalencia del sistema se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o mayor) del sistema que está siendo examinado respecto a uno de los sistemas de referencia del presente Reglamento. Para las emisiones de partículas, sólo se reconocen como sistemas de referencia equivalentes el sistema de dilución de flujo total o el sistema de dilución de flujo parcial que cumpla los requisitos de la norma ISO 16183. Los «resultados» se refieren al valor de las emisiones de ese ciclo en particular. El ensayo correlacional tendrá lugar en el mismo laboratorio y celda de ensayo, y con el mismo motor, y es preferible efectuarlo simultáneamente. La equivalencia de las medias de los pares de muestras se determinará mediante las estadísticas de los ensayos F y t, tal como se describen en el apéndice 4 del presente Reglamento, obtenidas en dichas condiciones de laboratorio, de celda de ensayo y de motor. Los valores extremos se determinarán conforme a la norma ISO 5725 y se excluirán de la base de datos. Para la introducción de un nuevo sistema en el presente 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.

5.2.1. **Valores límite**

Las masas específicas del monóxido de carbono, del total de hidrocarburos, de los óxidos de nitrógeno y de las partículas, determinadas en el ensayo ESC, y la opacidad del humo, determinada en el ensayo ELR, no podrán superar los valores indicados en el cuadro 1.

Las masas específicas del monóxido de carbono, de los hidrocarburos no metánicos, del metano, de los óxidos de nitrógeno y de las partículas, determinadas en el ensayo ETC, no podrán superar los valores indicados en el cuadro 2.

Cuadro 1

## Valores límite en los ensayos ESC y ELR

| Fila      | Masa de monóxido de carbono (CO) g/kWh | Masa de hidrocarburos (HC) g/kWh | Masa de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) g/kWh | Masa de las partículas (PT) g/kWh | Humo m <sup>-1</sup> |
|-----------|----------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| A (2000)  | 2,1                                    | 0,66                             | 5,0                                                  | 0,10 (0,13) <sup>(a)</sup>        | 0,8                  |
| B1 (2005) | 1,5                                    | 0,46                             | 3,5                                                  | 0,02                              | 0,5                  |
| B2 (2008) | 1,5                                    | 0,46                             | 2,0                                                  | 0,02                              | 0,5                  |
| C (EEV)   | 1,5                                    | 0,25                             | 2,0                                                  | 0,02                              | 0,15                 |

<sup>(a)</sup> Para los motores con un volumen de desplazamiento inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> por cilindro y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min<sup>-1</sup>.

Cuadro 2

## Valores límite en los ensayos ETC

| Fila      | Masa de monóxido de carbono (CO) g/kWh | Masa de hidrocarburos no metánicos (NMHC) g/kWh | Masa de metano CH <sub>4</sub> <sup>(a)</sup> g/kWh | Masa de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) g/kWh | Masa de las partículas (PT) <sup>(b)</sup> g/kWh |
|-----------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| A (2000)  | 5,45                                   | 0,78                                            | 1,6                                                 | 5,0                                                  | 0,16 (0,21) <sup>(c)</sup>                       |
| B1 (2005) | 4,0                                    | 0,55                                            | 1,1                                                 | 3,5                                                  | 0,03                                             |
| B2 (2008) | 4,0                                    | 0,55                                            | 1,1                                                 | 2,0                                                  | 0,03                                             |
| C (EEV)   | 3,0                                    | 0,40                                            | 0,65                                                | 2,0                                                  | 0,02                                             |

<sup>(a)</sup> Para los motores de GN exclusivamente.

<sup>(b)</sup> No se aplica a los motores alimentados con gas en las fases B1 y B2.

<sup>(c)</sup> Para los motores con un volumen de desplazamiento inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> por cilindro y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min<sup>-1</sup>.

## 5.2.2. Medición de los hidrocarburos para los motores diésel y alimentados con gas

5.2.2.1. El fabricante podrá optar por medir la masa del total de hidrocarburos (THC) en el ensayo ETC en lugar de medir la masa de los hidrocarburos no metánicos. En ese caso, el límite de la masa del total de hidrocarburos será el de la masa de los hidrocarburos no metánicos que figura en el cuadro 2.

## 5.2.3. Requisitos específicos para los motores diésel

5.2.3.1. La masa específica de los óxidos de nitrógeno medida en los puntos de control aleatorio dentro de la zona de control del ensayo ESC no deberá superar en más de un 10 % los valores interpolados a partir de las fases de ensayo adyacentes (véase el anexo 4A, apéndice 1, puntos 5.6.2 y 5.6.3).

5.2.3.2. El valor del humo medido a un régimen aleatorio en el ensayo ELR no deberá superar en más de un 20 % el valor máximo del humo de los dos regímenes de ensayo adyacentes, o en más de un 5 % el valor límite (el que sea mayor).

## 5.3. Factores de durabilidad y deterioro

5.3.1. El fabricante demostrará que un motor de encendido por compresión o un motor de gas que haya sido homologado de conformidad con los límites de emisiones determinados en las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 cumplirá esos límites de emisiones durante una vida útil de:

- 5.3.1.1. cinco años, o 100 000 km si se alcanzan antes, en el caso de motores destinados a vehículos de las categorías  $N_1$ ,  $M_1 > 3,5$  toneladas y  $M_2$ ;
- 5.3.1.2. seis años, o 200 000 km si se alcanzan antes, en el caso de motores destinados a vehículos de las categorías  $N_2$ ,  $N_3$  con una masa máxima técnicamente admisible inferior a 16 toneladas y  $M_3$  de las clases I, II, A y B, con una masa máxima técnicamente admisible inferior a 7,5 toneladas;
- 5.3.1.3. siete años, o 500 000 km si se alcanzan antes, en el caso de motores destinados a vehículos de las categorías  $N_3$  con una masa máxima técnicamente admisible superior a 16 toneladas y  $M_3$  de las clases III y B, con una masa máxima técnicamente admisible superior a 7,5 toneladas.
- 5.3.2. A efectos del presente Reglamento, el fabricante determinará los factores de deterioro que se utilizarán para demostrar que las emisiones de gases y partículas de una familia de motores o de una familia de sistemas de postratamiento del motor siguen cumpliendo los límites de emisiones adecuados que se especifican en los cuadros del punto 5.2.1 durante el periodo de durabilidad apropiado establecido en el punto 5.3.1.
- 5.3.3. En el anexo 7 del presente Reglamento figuran los procedimientos de demostración de la conformidad de una familia de motores o de sistemas de postratamiento del motor con los límites de emisiones pertinentes a lo largo del periodo de durabilidad adecuado.
- 5.4. **Sistema de diagnóstico a bordo (OBD)**
- 5.4.1. Un motor de encendido por compresión que haya sido homologado de conformidad con los valores límite indicados en la fila B1 o la fila C de los cuadros del punto 5.2.1 o un vehículo propulsado por dicho motor estarán dotados de un sistema de diagnóstico a bordo (OBD) que advierta al conductor de la existencia de un fallo si se superan los límites del OBD dispuestos en las filas B1 o C del cuadro del punto 5.4.4. El sistema OBD para el control de las emisiones cumplirá los requisitos establecidos en el anexo 9A del presente Reglamento.
- 5.4.1.1. En el caso específico de los sistemas de postratamiento del gas de escape, el sistema OBD puede detectar importantes fallos de funcionamiento de los elementos siguientes:
- a) un catalizador, cuando esté instalado como unidad separada, independientemente de que forme parte de un sistema de reducción de  $NO_x$  o de un filtro de partículas diésel;
  - b) un sistema de reducción de  $NO_x$ , si está instalado;
  - c) un filtro de partículas diésel, si está instalado;
  - d) un sistema combinado de reducción de  $NO_x$ /filtro de partículas diésel.
- 5.4.2. A partir del 1 de octubre de 2008 para las nuevas homologaciones y del 1 de octubre de 2009 para todas las homologaciones, un motor de encendido por compresión o un motor de gas que haya sido homologado respecto a los valores límite indicados en la fila B2 o la fila C de los cuadros del punto 5.2.1 o un vehículo propulsado por dicho motor estarán dotados de un sistema OBD que advierta al conductor de la existencia de un fallo si se superan los límites del OBD dispuestos en las filas B2 o C del cuadro del punto 5.4.4. El sistema OBD para el control de las emisiones cumplirá los requisitos establecidos en el anexo 9A del presente Reglamento.
- 5.4.3. El sistema OBD también deberá incluir una interfaz entre la unidad de control electrónico del motor (EECU) y cualquier otro sistema eléctrico o electrónico del motor o del vehículo que aporte información a la citada EECU o la reciba de ella y que influya en el correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones, tal como la interfaz entre la EECU y una unidad de control electrónico de transmisión.

5.4.4. Los umbrales del sistema OBD serán los siguientes:

| Fila      | Motores de encendido por compresión                     |                                  |
|-----------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
|           | Masa de óxidos de nitrógeno<br>(NO <sub>x</sub> ) g/kWh | Masa de partículas<br>(PT) g/kWh |
| B1 (2005) | 7,0                                                     | 0,1                              |
| B2 (2008) | 7,0                                                     | 0,1                              |
| C (EEV)   | 7,0                                                     | 0,1                              |

5.4.5. Se dará acceso ilimitado y uniforme a los datos del sistema OBD con fines de ensayo, diagnóstico, mantenimiento y reparación, de conformidad con las disposiciones pertinentes del Reglamento n° 83 y las disposiciones sobre las piezas de recambio, con el fin de garantizar la compatibilidad con los sistemas OBD.

5.4.6. Producción de motores en pequeños lotes

Como alternativa a los requisitos establecidos en este punto, los fabricantes de motores cuya producción a escala mundial de un tipo de motor, perteneciente a una familia de motores-OBD,

- sea inferior a 500 unidades anuales, podrán obtener su homologación con arreglo a los requisitos del presente Reglamento cuando el motor se controle sólo a efectos de continuidad del circuito y el sistema de postratamiento se supervise para detectar importantes fallos de funcionamiento;
- sea inferior a 50 unidades anuales, podrán obtener una homologación con arreglo a los requisitos del presente Reglamento cuando el sistema de control de emisiones completo (es decir, el motor y el sistema de postratamiento) se supervise sólo a efectos de continuidad del circuito.

El organismo de homologación deberá informar a las otras Partes Contratantes de las circunstancias de cada homologación concedida con arreglo a la presente disposición.

#### 5.5. Requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO<sub>x</sub>

##### 5.5.1. Generalidades

5.5.1.1. El presente punto es aplicable a los sistemas de motor de encendido por compresión, independientemente de la tecnología empleada para ajustarse a los límites de emisiones que figuran en los cuadros del punto 5.2.1.

##### 5.5.1.2. Fechas de aplicación

Las fechas de solicitud serán conformes a lo dispuesto en el punto 13 del presente Reglamento.

5.5.1.3. Todo sistema de motor sujeto al presente punto estará diseñado, construido e instalado de manera que pueda cumplir dichos requisitos a lo largo de la vida útil del motor.

5.5.1.4. El fabricante proporcionará en el anexo 1 información que describa íntegramente las características de funcionamiento de un sistema de motor sujeto a la presente sección.

5.5.1.5. En su solicitud de homologación, si el sistema de motor requiere un reactivo, el fabricante especificará las características de todos los reactivos consumidos por cualquier sistema de postratamiento del gas de escape, por ejemplo, el tipo y las concentraciones, las condiciones térmicas de funcionamiento, la referencia a normas internacionales, etc.

- 5.5.1.6. Con arreglo a los requisitos establecidos en el punto 5.1, todo sistema de motor sujeto al presente punto conservará su función de control de emisiones en todas las condiciones que se den normalmente en el territorio de las Partes Contratantes, especialmente a temperaturas ambiente bajas.
- 5.5.1.7. A efectos de la homologación, el fabricante demostrará al servicio técnico que, en el caso de los sistemas del motor que requieran un reactivo, ninguna emisión de amoníaco supera un valor medio de 25 ppm a lo largo del ciclo de ensayos de emisiones aplicable.
- 5.5.1.8. En el caso de los sistemas del motor que requieran un reactivo, cada depósito de reactivo instalado en un vehículo dispondrá de medios que permitan tomar una muestra de cualquier fluido contenido en el depósito. Deberá poder accederse fácilmente al punto de muestreo sin utilizar ningún dispositivo o herramienta especializados.
- 5.5.2. Requisitos de mantenimiento
- 5.5.2.1. El fabricante proporcionará, o hará que se proporcionen, a todos los propietarios de vehículos pesados nuevos o de motores de gran potencia nuevas instrucciones escritas en las que se hará constar que, si el sistema de control de emisiones del vehículo no funciona correctamente, el indicador de mal funcionamiento (IMF) señalará al conductor la existencia de un problema y, por tanto, el motor funcionará con unas prestaciones reducidas.
- 5.5.2.2. Las instrucciones incluirán requisitos para la utilización y el mantenimiento correctos de los vehículos, incluido, si procede, el uso de reactivos consumibles.
- 5.5.2.3. Las instrucciones estarán redactadas de manera clara, en un lenguaje no técnico y en la lengua del país en el que se registren o vendan los vehículos pesados nuevos o los motores de gran potencia nuevos.
- 5.5.2.4. Las instrucciones especificarán si el operador del vehículo tiene que reponer los reactivos consumibles entre los intervalos normales de mantenimiento e indicarán la velocidad probable de consumo de reactivo en función del tipo de vehículo pesado nuevo.
- 5.5.2.5. Asimismo, las instrucciones especificarán que, cuando se indiquen, serán obligatorias la utilización y la reposición del reactivo requerido, con las especificaciones adecuadas, para que el vehículo se ajuste al certificado de conformidad expedido para ese tipo de vehículo o de motor.
- 5.5.2.6. En las instrucciones se indicará que la utilización de un vehículo que no consume los reactivos requeridos para la reducción de las emisiones contaminantes puede constituir un delito y que, en consecuencia, puede invalidarse cualquier condición favorable para la adquisición o utilización del vehículo obtenida en el país de matriculación o en otro país en el que se utilice el vehículo.
- 5.5.3. Control de NO<sub>x</sub> del sistema de motor
- 5.5.3.1. El funcionamiento incorrecto del sistema de motor con respecto al control de las emisiones de NO<sub>x</sub> (por ejemplo, debido a la falta de cualquier reactivo requerido o al flujo incorrecto o la desactivación de la EGR) se determinará efectuando un seguimiento del nivel de NO<sub>x</sub> mediante sensores situados en el flujo de escape.
- 5.5.3.2. Cualquier desviación del nivel de NO<sub>x</sub> que supere en 1,5 g/kWh el valor límite aplicable que figura en los cuadros del punto 5.2.1, hará que se informe al conductor mediante la activación del IMF, tal como se indica en el anexo 9A, punto 3.6.5, del presente Reglamento.
- 5.5.3.3. Además, con arreglo al anexo 9A, punto 3.9.2, del presente Reglamento, durante un mínimo de 400 días o 9 600 horas de funcionamiento del motor se almacenará un código de fallo imborrable que identifique la razón por la que se superan los niveles de NO<sub>x</sub> especificados en el punto 5.5.3.2.

Los motivos del exceso de NO<sub>x</sub> se determinarán como mínimo, si procede, en los casos en que el depósito de reactivo esté vacío, se interrumpa la actividad de dosificación del reactivo, la calidad del reactivo no sea satisfactoria, el consumo de reactivo sea excesivamente bajo, el flujo de la EGR sea incorrecto o se haya desactivado la EGR. En todos los demás casos, el fabricante podrá referirse a un código de fallo imborrable «nivel de NO<sub>x</sub> elevado — causa fundamental desconocida».

5.5.3.4. Si el nivel de NO<sub>x</sub> supera los umbrales del sistema OBD que figuran en el cuadro del punto 5.4.4, el limitador del par reducirá las prestaciones del motor con arreglo a los requisitos del punto 5.5.5 de una forma que el conductor del vehículo lo perciba claramente. Con el limitador del par activado seguirá alertándose al conductor de acuerdo con los requisitos del punto 5.5.3.2 y, de conformidad con el punto 5.5.3.3, quedará almacenado un código de fallo imborrable.

5.5.3.5 En el caso de sistemas de motor que se basen en la EGR y no utilicen ningún otro sistema de postratamiento para el control de las emisiones de NO<sub>x</sub>, el fabricante podrá utilizar un método alternativo a los requisitos del punto 5.5.3.1 para determinar el nivel de NO<sub>x</sub>. En la homologación, el fabricante deberá demostrar que el método alternativo determina el nivel de NO<sub>x</sub> con la puntualidad y la exactitud exigidas el punto 5.5.3.1 y que tiene los efectos contemplados en los puntos 5.5.3.2, 5.5.3.3 y 5.5.3.4.

#### 5.5.4. Control del reactivo

5.5.4.1. En el caso de los vehículos que requieran la utilización de un reactivo para cumplir los requisitos de la presente sección, el conductor será informado del nivel del depósito de reactivo instalado en el vehículo mediante una indicación mecánica o electrónica específica en el salpicadero. Aparecerá una advertencia cuando el nivel de reactivo:

- a) sea inferior al 10 % del depósito, o a un porcentaje más elevado que elija el fabricante, o
- b) sea inferior al nivel correspondiente a la distancia de conducción posible con el nivel de reserva de combustible especificado por el fabricante.

El indicador de reactivo estará situado cerca del indicador del nivel de combustible.

5.5.4.2. Si el depósito de reactivo se queda vacío, el conductor será informado con arreglo a los requisitos del anexo 9A, punto 3.6.5, del presente Reglamento.

5.5.4.3. En cuanto el depósito de reactivo se quede vacío, serán de aplicación los requisitos del punto 5.5.5 además de los del punto 5.5.4.2.

5.5.4.4. Los fabricantes tendrán la posibilidad de cumplir las disposiciones de los puntos 5.5.4.5 a 5.5.4.12 en lugar de los requisitos del punto 5.5.3.

5.5.4.5. Los sistemas del motor incluirán un medio para determinar que el vehículo contiene un fluido que responde a las características de los reactivos declaradas por el fabricante y registradas en el anexo 1 del presente Reglamento.

5.5.4.6. Si el fluido del depósito de reactivo no responde a los requisitos mínimos declarados por el fabricante, registrados en el anexo 1 del presente Reglamento, se aplicarán los requisitos adicionales del punto 5.5.4.12.

5.5.4.7. Los sistemas del motor incluirán un medio para determinar el consumo de reactivo y proporcionar acceso externo a la información sobre el consumo.



- 5.5.4.8. A través del puerto serial del conector normalizado de diagnóstico, tal como se especifica en el anexo 9A, punto 6.8.3, del presente Reglamento, se dispondrá de la media de consumo de reactivo y de la media de consumo de reactivo requerido del sistema de motor durante el periodo más largo de los siguientes: periodo completo previo de 48 horas de funcionamiento del motor o periodo necesario para un consumo de reactivo requerido de un mínimo de 15 litros.
- 5.5.4.9. Para controlar el consumo de reactivo, se supervisarán, como mínimo, los siguientes parámetros del motor:
- a) el nivel de reactivo en el depósito del vehículo,
  - b) el caudal de reactivo o la inyección de reactivo, en el lugar técnicamente posible más cercano al punto de inyección en un sistema de postratamiento de emisiones de escape.
- 5.5.4.10. Cualquier desviación superior al 50 % en la media de consumo de reactivo y en la media de consumo de reactivo requerido del sistema de motor a lo largo del periodo definido en el punto 5.5.4.8 dará lugar a la aplicación de las medidas establecidas en el punto 5.5.4.12.
- 5.5.4.11. Si se interrumpe la actividad de dosificación del reactivo, se aplicarán las medidas establecidas en el punto 5.5.4.12. Ello no será necesario si la interrupción es provocada por la unidad de control electrónico del motor debido a que las condiciones de funcionamiento de éste son tales que su comportamiento en cuanto a emisiones no requiere la dosificación del reactivo, siempre que el fabricante haya comunicado claramente al organismo de homologación cuándo se aplican dichas condiciones de funcionamiento.
- 5.5.4.12. Todo fallo detectado respecto a los puntos 5.5.4.6, 5.5.4.10 o 5.5.4.11 tendrá los mismos efectos, y en el mismo orden, que los descritos en los puntos 5.5.3.2, 5.5.3.3 o 5.5.3.4.
- 5.5.5. Medidas de disuasión de la manipulación de los sistemas de postratamiento del gas de escape
- 5.5.5.1. Los sistemas de motor contemplados en la presente sección incluirán un limitador del par que advertirá al conductor de que el sistema de motor no funciona correctamente o de que se está haciendo funcionar el vehículo de manera incorrecta, animando, pues, a rectificar rápidamente cualquier fallo.
- 5.5.5.2. El limitador del par se activará cuando el vehículo se detenga por primera vez después de darse las condiciones establecidas en los puntos 5.5.3.4, 5.5.4.3, 5.5.4.6, 5.5.4.10 o 5.5.4.11.
- 5.5.5.3. Cuando se active el limitador, el par motor no superará, en ningún caso, un valor constante del:
- a) 60 % del par máximo del motor para los vehículos de las categorías  $N_3 > 16$  toneladas,  $M_1 > 7,5$  toneladas,  $M_3/III$  y  $M_3/B > 7,5$  toneladas <sup>(1)</sup>;
  - b) 75 % del par máximo del motor para los vehículos de las categorías  $N_1, N_2, N_3 \leq 16$  toneladas,  $3,5 < M_1 \leq 7,5$  toneladas,  $M_2, M_3/I, M_3/II, M_3/A$  y  $M_3/B \leq 7,5$  toneladas.
- 5.5.5.4. Los requisitos de la documentación y el limitador del par se establecen en los puntos 5.5.5.5 a 5.5.5.8.
- 5.5.5.5. De acuerdo con los requisitos relativos a la documentación establecidos en el punto 5.1.7.1, letra b), se proporcionará información detallada por escrito que describa íntegramente las características de funcionamiento del sistema de supervisión del control de emisiones y del limitador del par. Concretamente, de acuerdo con el punto 5.5.6.5, el fabricante ofrecerá información sobre los algoritmos utilizados por la unidad de control electrónico para poner en relación la concentración de  $NO_x$  con la emisión específica de  $NO_x$  (en g/kWh) en el ensayo ETC.

<sup>(1)</sup> Con arreglo a la definición que figura en la Resolución consolidada sobre la fabricación de vehículos (R.E.3).



- 5.5.5.6. El limitador del par se desactivará cuando el régimen del motor se encuentre al ralentí, si ya no se dan las condiciones que provocaron su activación. No se desactivará automáticamente sin que se haya resuelto la causa de su activación.
- 5.5.5.7. El limitador del par no podrá desactivarse por medio de un interruptor o una herramienta de mantenimiento.
- 5.5.5.8. El limitador del par no se aplicará a motores o vehículos utilizados por las fuerzas armadas, los servicios de rescate y los bomberos, ni a las ambulancias. La desactivación permanente sólo podrá efectuarla el fabricante del motor o del vehículo, y deberá designarse un tipo de motor especial dentro de la familia de motores con vistas a una correcta identificación.
- 5.5.6. Condiciones de funcionamiento del sistema de supervisión del control de emisiones
- 5.5.6.1. El sistema de supervisión del control de emisiones será operativo:
- a) a cualquier temperatura ambiente entre 266 K y 308 K ( $-7^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ );
  - b) a cualquier altitud inferior a 1 600 m;
  - c) a temperaturas del refrigerante del motor superiores a 343 K ( $70^{\circ}\text{C}$ ).
- Este punto no se aplica si se supervisa el nivel de reactivo en el depósito, pues en ese caso la supervisión se efectuará en todas las condiciones de uso.
- 5.5.6.2. El sistema de supervisión del control de emisiones podrá desactivarse cuando esté activa una estrategia de funcionamiento en modo degradado que suponga una disminución del par mayor de la prevista en el punto 5.5.5.3 para la categoría de vehículos en cuestión.
- 5.5.6.3. Si está activo un modo de emisiones por defecto, el sistema de supervisión del control de emisiones seguirá operativo y cumplirá lo dispuesto en el punto 5.5.
- 5.5.6.4. El funcionamiento incorrecto de las medidas de control de  $\text{NO}_x$  se detectará en el transcurso de cuatro ciclos de ensayo del sistema OBD, tal como se indica en la definición del anexo 9A, apéndice 1, punto 6.1, del presente Reglamento.
- 5.5.6.5. Los algoritmos utilizados por la unidad de control electrónico para poner en relación la concentración real de  $\text{NO}_x$  con la emisión específica de  $\text{NO}_x$  (en g/kWh) en el ensayo ETC no se considerarán una estrategia de manipulación.
- 5.5.6.6. Si es operativa una estrategia auxiliar de control de emisiones aprobada por el organismo de homologación con arreglo al punto 5.1.5, todo aumento de  $\text{NO}_x$  debido a dicha estrategia podrá ser aplicado al nivel de  $\text{NO}_x$  adecuado mencionado en el punto 5.5.3.2. En todos los casos, la influencia de la estrategia auxiliar de control de emisiones en el umbral de  $\text{NO}_x$  se describirá de acuerdo con el punto 5.5.5.5.
- 5.5.7. Fallo del sistema de supervisión del control de emisiones
- 5.5.7.1. El sistema de supervisión del control de emisiones estará a su vez sometido a supervisión para detectar fallos eléctricos y retirar o desactivar cualquier sensor que le impida diagnosticar un incremento de las emisiones tal como se exige en los puntos 5.5.3.2 y 5.5.3.4.

Los sensores que afectan a la capacidad de diagnóstico son, por ejemplo, aquellos que miden directamente la concentración de  $\text{NO}_x$  y la calidad de la urea y los utilizados para supervisar la actividad de dosificación del reactivo, el nivel y el consumo de reactivo o la velocidad de la EGR.

5.5.7.2. Si se confirma un fallo del sistema de supervisión del control de emisiones, el conductor será alertado inmediatamente por la activación de una señal de aviso, de conformidad con el anexo 9A, punto 3.6.5, del presente Reglamento.

5.5.7.3. Si el fallo no se corrige en un plazo de 50 horas de funcionamiento del motor, el limitador del par se activará de acuerdo con el punto 5.5.5.

El periodo establecido en el primer párrafo se reducirá a 36 horas a partir de las fechas indicadas en los puntos 13.2.3 a 13.3.3.

5.5.7.4. Cuando el sistema de supervisión del control de emisiones haya determinado que el fallo ha dejado de existir, podrán borrarse de la memoria del sistema el código o los códigos de error asociados a ese fallo, salvo en los casos contemplados en el punto 5.5.7.5, y se desactivará, si procede, el limitador del par conforme al punto 5.5.5.6.

El código o los códigos asociados al fallo del sistema de supervisión del control de emisiones no podrán borrarse de la memoria del sistema por medio de ninguna herramienta de exploración.

5.5.7.5. En caso de retirada o desactivación de elementos del sistema de supervisión del control de emisiones, con arreglo al punto 5.5.7.1, se almacenará un código de fallo imborrable, de acuerdo con el anexo 9A, punto 3.9.2, del presente Reglamento, durante un mínimo de 400 días o 9 600 horas de funcionamiento del motor.

5.5.8. Demostración del sistema de supervisión del control de emisiones

5.5.8.1. Como parte de la solicitud de homologación prevista en el punto 3, el fabricante deberá demostrar la conformidad con las disposiciones del presente punto mediante la realización de ensayos en un dinamómetro para motores de acuerdo con los puntos 5.5.8.2 a 5.5.8.7.

5.5.8.2. Podrá demostrarse que una familia de motores o una familia de motores-OBD cumple los requisitos del presente punto mediante un ensayo del sistema de supervisión del control de emisiones de uno de los miembros de la familia (el motor de referencia) si el fabricante demuestra al organismo de homologación que los sistemas de supervisión del control de emisiones son similares dentro de la familia.

Esta demostración podrá efectuarse presentando al organismo de homologación elementos como algoritmos, análisis funcionales, etc.

El motor de referencia será seleccionado por el fabricante de acuerdo con el organismo de homologación.

5.5.8.3. El ensayo del sistema de supervisión del control de emisiones constará de las tres fases siguientes:

a) Selección:

El organismo selecciona un funcionamiento incorrecto de las medidas de control de NO<sub>x</sub> o un fallo del sistema de supervisión del control de emisiones en una lista de funcionamientos incorrectos proporcionada por el fabricante.

b) Cualificación:

Se valida la influencia del funcionamiento incorrecto midiendo el nivel de NO<sub>x</sub> en el ensayo ETC en un banco de pruebas para motores.

c) Demostración:

La reacción del sistema (reducción del par, señal de aviso, etc.) se demostrará haciendo funcionar el motor durante cuatro ciclos de ensayo del sistema OBD.

- 5.5.8.3.1. Para la fase de selección, el fabricante proporcionará al organismo de homologación una descripción de las estrategias de supervisión utilizadas para determinar el posible funcionamiento incorrecto de cualquier medida de control de  $\text{NO}_x$  y los posibles fallos del sistema de supervisión del control de emisiones que darían lugar a la activación del limitador del par o únicamente de la señal de aviso.

Entre los ejemplos típicos de funcionamiento incorrectos que puede incluir la citada lista figuran el depósito de reactivo vacío, una disfunción que interrumpa la actividad de dosificación del reactivo, una calidad de reactivo insuficiente, un mal funcionamiento que ocasione un consumo bajo de reactivo, un flujo incorrecto de la EGR o la desactivación de la EGR.

El organismo de homologación seleccionará en la lista un mínimo de dos y un máximo de tres funcionamientos incorrectos del sistema de control de  $\text{NO}_x$  o de fallos del sistema de supervisión del control de emisiones.

- 5.5.8.3.2. Las emisiones de  $\text{NO}_x$  se medirán durante un ciclo de ensayo ETC, en la fase de cualificación, con arreglo a las disposiciones del anexo 4A, apéndice 2. El resultado del ciclo de ensayo ETC se utilizará para determinar de qué manera se espera que reaccione el sistema de supervisión del control de  $\text{NO}_x$  durante el proceso de demostración (reducción del par y/o señal de aviso). El fallo se simulará de modo que el nivel de  $\text{NO}_x$  no sobrepase en más de 1 g/kWh ninguno de los umbrales indicados en los puntos 5.5.3.2 o 5.5.3.4.

No se requerirá la cualificación de las emisiones en el caso de un depósito de reactivo vacío, o para demostrar un fallo del sistema de supervisión del control de emisiones.

El limitador del par estará desactivado durante la fase de cualificación.

- 5.5.8.3.3. Para la fase de demostración, se hará funcionar el motor durante un máximo de cuatro ciclos de ensayo del sistema OBD.

Sólo se tendrán en cuenta los fallos considerados a efectos de demostración.

- 5.5.8.3.4. Antes de comenzar la secuencia de ensayo del punto 5.5.8.3.3, el sistema de supervisión del control de emisiones se pondrá en un modo «sin fallos».

- 5.5.8.3.5. En función del nivel de  $\text{NO}_x$  seleccionado, el sistema activará una señal de aviso y, si procede, el limitador del par en cualquier momento antes de que finalice la secuencia de detección. La secuencia de detección podrá detenerse una vez que el sistema de supervisión del control de  $\text{NO}_x$  haya reaccionado correctamente.

- 5.5.8.4. En el caso de un sistema de supervisión del control de emisiones basado principalmente en la supervisión del nivel de  $\text{NO}_x$  mediante sensores colocados en el flujo de escape, el fabricante podrá optar por supervisar directamente determinadas funcionalidades del sistema (por ejemplo, la interrupción de la actividad de dosificación o el cierre de la válvula de EGR) para determinar el cumplimiento. En ese caso, deberá demostrarse la funcionalidad elegida del sistema.

- 5.5.8.5. El nivel de reducción del par que debe obtenerse con el limitador del par según el punto 5.5.5.3 se homologará junto con la homologación general de las prestaciones del motor conforme al Reglamento nº 85. Para el proceso de demostración, el fabricante deberá demostrar al organismo de homologación que se ha incluido en la ECU del motor el limitador del par adecuado. No será necesaria una medición por separado del par durante la demostración.

- 5.5.8.6. Como alternativa a los puntos 5.5.8.3.3 a 5.5.8.3.5, la demostración del sistema de supervisión del control de emisiones y el limitador del par podrá realizarse sometiendo un vehículo a ensayo. El vehículo se conducirá en la vía pública o en una pista de pruebas con los funcionamientos incorrectos o los fallos del sistema de supervisión del control de emisiones seleccionados, para demostrar que la señal de aviso y el limitador del par se activan de conformidad con los requisitos del punto 5.5 y, en particular, de los puntos 5.5.5.2 y 5.5.5.3.

5.5.8.7. Si, para cumplir los requisitos del punto 5.5, debe almacenarse en la memoria del ordenador un código de fallo imborrable, deberán reunirse las tres condiciones siguientes al final de la secuencia de demostración:

- a) es posible confirmar, por medio de la herramienta de exploración del sistema OBD, la presencia del correspondiente código de fallo imborrable descrito en el punto 5.5.3.3 en la memoria del ordenador del sistema OBD, y puede demostrarse al organismo de homologación que dicha herramienta de exploración no puede borrarlo;
- b) es posible confirmar el tiempo transcurrido durante la secuencia de detección con la señal de aviso activada leyendo el código imborrable a que se refiere el anexo 9A, punto 3.9.2, del presente Reglamento, y puede demostrarse que la herramienta de exploración no puede borrar dicho código;
- c) el organismo de homologación ha homologado los elementos de diseño que demuestran que esta información imborrable ha sido almacenada conforme al anexo 9A, punto 3.9.2, del presente Reglamento durante un mínimo de 400 días o 9 600 horas de funcionamiento del motor.

## 6. INSTALACIÓN EN EL VEHÍCULO

6.1. La instalación del motor en el vehículo deberá reunir las características siguientes por lo que respecta a la homologación del motor:

6.1.1. la depresión de admisión no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el motor homologado;

6.1.2. la contrapresión del escape no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el motor homologado;

6.1.3. la potencia absorbida por los accesorios accionados por el motor no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el motor homologado;

6.1.4. el volumen del sistema de escape no deberá diferir en más de un 40 % del especificado en el anexo 2A para el motor homologado.

## 7. FAMILIA DE MOTORES

### 7.1. **Parámetros que definen una familia de motores**

La familia de motores, determinada por el fabricante de motores, deberá ajustarse a lo dispuesto en la norma ISO 16185.

### 7.2. **Elección del motor de referencia**

#### 7.2.1. Motores diésel

El principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de par máximo declarado. En caso de que dos o más motores cumplan ese criterio principal, se seleccionará como motor de referencia aquel que cumpla el criterio secundario, a saber, tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen nominal. En determinadas circunstancias, el organismo de homologación podrá considerar que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a emisiones es someter a ensayo un segundo motor. En consecuencia, el organismo de homologación podrá seleccionar otro motor para someterlo a ensayo, en función de características que indiquen que puede tener el nivel de emisiones más elevado de los motores de esa familia.

Si otros motores de la familia poseen otras características variables que pudieran afectar a las emisiones de escape, dichas características también deberán determinarse y tomarse en consideración para la selección del motor de referencia.

#### 7.2.2. Motores de gas

El principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será el de tener el mayor desplazamiento. En el caso de que dos o más motores cumplan este criterio principal, el motor de referencia se seleccionará en función de los criterios secundarios, según el orden siguiente:

- a) el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de la potencia nominal declarada;
- b) el reglaje de la chispa más avanzado;
- c) el caudal de recirculación del gas de escape más bajo;
- d) la ausencia de bomba de aire o la presencia de la bomba con el caudal de aire efectivo más bajo.

En determinadas circunstancias, el organismo de homologación podrá considerar que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a emisiones es someter a ensayo un segundo motor. En consecuencia, el organismo de homologación podrá seleccionar otro motor para someterlo a ensayo, en función de características que indiquen que puede tener el nivel de emisiones más elevado de los motores de esa familia.

#### 7.3. **Parámetros para definir una familia de motores-OB**

La familia de motores-OB puede definirse mediante parámetros básicos de diseño que deberán ser comunes a los sistemas de motor de la familia.

Para que los sistemas de motores puedan considerarse de la misma familia de motores-OB, deberán tener en común los parámetros básicos siguientes:

- a) los métodos de supervisión del sistema OB;
- b) los métodos de detección de mal funcionamiento;

excepto cuando el fabricante haya mostrado que dichos métodos son equivalentes mediante la demostración técnica pertinente u otros procedimientos adecuados.

**Nota:** los motores que no pertenezcan a la misma familia de motores pueden pertenecer a la misma familia de motores-OB si se cumplen los criterios mencionados anteriormente.

### 8. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Los procedimientos de conformidad de la producción serán conformes a los establecidos en el Acuerdo, apéndice 2 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), con los requisitos siguientes.

8.1. Todo motor o vehículo que lleve una marca de homologación tal como establece el presente Reglamento se fabricará de manera que sea conforme al tipo homologado por lo que respecta a la descripción que figura en el formulario de homologación y sus anexos.

8.2. Por norma general, la conformidad de la producción respecto a la limitación de las emisiones se controlará en función de la descripción que figura en el impreso de comunicación y sus anexos.

- 8.3. Si es preciso medir las emisiones de contaminantes y se ha extendido una o varias veces la homologación de un motor, los ensayos se efectuarán en el motor o los motores descritos en el expediente informativo correspondiente a la extensión en cuestión.

8.3.1. Conformidad del motor sujeta a un ensayo de contaminación:

después de la presentación del motor a las autoridades, el fabricante no deberá efectuar ningún ajuste en los motores seleccionados.

- 8.3.1.1. Se eligen al azar tres motores de la serie. Los motores sujetos únicamente a los ensayos ESC y ELR o únicamente al ensayo ETC para su homologación en función de la fila A de los cuadros que figuran en el punto 5.2.1 estarán sujetos a los ensayos aplicables para el control de la conformidad de la producción. Con el acuerdo de la autoridad competente, todos los demás motores homologados en función de las filas A, B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 estarán sujetos a los ensayos ESC y ELR, o ETC para controlar la conformidad de la producción. Los valores límite figuran en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

- 8.3.1.2. Los ensayos se efectuarán de conformidad con el apéndice 1 del presente Reglamento, si la autoridad competente está satisfecha con la desviación típica de la producción que da el fabricante.

Los ensayos se realizarán de conformidad con el apéndice 2 del presente Reglamento, si la autoridad competente no está satisfecha con la desviación típica de la producción que da el fabricante.

A petición del fabricante, los ensayos podrán efectuarse con arreglo a lo dispuesto en el apéndice 3 del presente Reglamento.

- 8.3.1.3. Tras someter el motor a un ensayo por muestreo, la producción de una serie se considera conforme si se adopta una decisión de aprobado para todos los contaminantes, y no conforme si se adopta una decisión de rechazo para un contaminante, de acuerdo con los criterios de ensayo previstos en el apéndice correspondiente.

Si se ha adoptado una decisión de aprobado para un contaminante, dicha decisión no podrá modificarse a raíz de un ensayo adicional destinado a adoptar una decisión respecto a otros contaminantes.

Si no se adopta una decisión de aprobado para todos los contaminantes y no se adopta una decisión de rechazo para ningún contaminante, se efectuará un ensayo con otro motor (véase la figura 2).

Si no se adopta ninguna decisión, el fabricante puede decidir interrumpir los ensayos en cualquier momento. En ese caso, se registrará una decisión de rechazo.

- 8.3.2. Los ensayos se efectuarán con motores recién fabricados. Los motores alimentados con gas se rodarán mediante el procedimiento definido en el anexo 4A, apéndice 2, punto 3.

- 8.3.2.1. No obstante, a petición del fabricante, los ensayos podrán efectuarse con motores diésel o de gas que se hayan rodado durante un periodo superior al indicado en el punto 8.3.2, hasta un máximo de cien horas. En este caso, será el fabricante quien se encargue del rodaje, comprometiéndose a no efectuar ningún ajuste en dichos motores.

- 8.3.2.2. Si el fabricante solicita un procedimiento de rodaje de acuerdo con el punto 8.3.2.1, podrá aplicarse:

a) a todos los motores que se sometan a ensayo; o bien

- b) al primer motor sometido a ensayo, determinando un coeficiente de evolución de la manera siguiente:
  - i) las emisiones contaminantes se medirán a cero horas y a «x» horas en el primer motor sometido a ensayo,
  - ii) se calculará, para cada contaminante, el coeficiente de evolución de las emisiones entre cero y «x» horas:
    - a. emisiones a «x» horas/emisiones a cero horas
    - b. el resultado podrá ser inferior a uno.

Los motores sucesivos que se sometan a ensayo no estarán sujetos al procedimiento de rodaje, pero sus emisiones a cero horas se modificarán en función del coeficiente de evolución.

En este caso, se adoptarán los valores siguientes:

- a) para el primer motor, los valores a «x» horas,
- b) para los demás motores, los valores a cero horas, multiplicados por el coeficiente de evolución.

8.3.2.3. Para los motores diésel y los motores alimentados con GLP, todos los ensayos podrán realizarse con combustible comercial. No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el anexo 5. Ello implica que se realicen los ensayos descritos en el punto 4 del presente Reglamento con al menos dos de los combustibles de referencia para cada motor de gas.

8.3.2.4. En el caso de los motores alimentados con GN, todos estos ensayos podrán efectuarse con combustible comercial del modo siguiente:

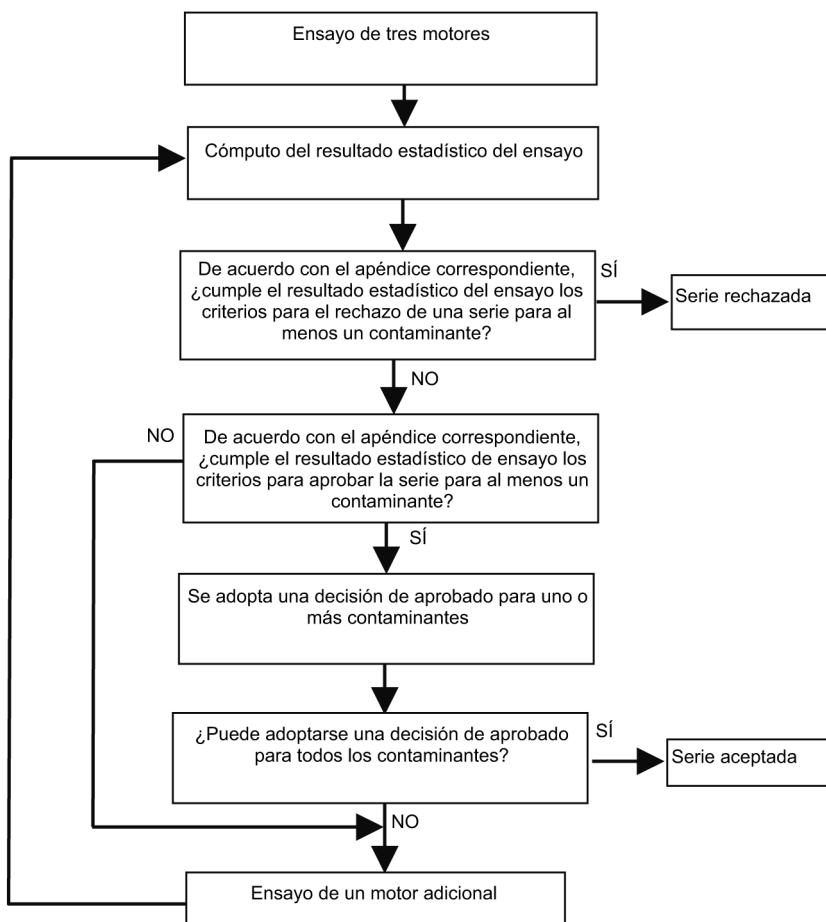
- a) para los motores que lleven la marca H, con un combustible comercial perteneciente al grupo H ( $0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,00$ ),
- b) para los motores que lleven la marca L, con un combustible comercial perteneciente al grupo L ( $1,00 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$ ),
- c) para los motores que lleven la marca HL, con un combustible comercial perteneciente al intervalo extremo del factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$ ).

No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el anexo 5. Ello implica la realización de ensayos, tal como se indica en el punto 4 del presente Reglamento.

8.3.2.5. En caso de desacuerdo a causa de la no conformidad de motores alimentados con gas al utilizar un combustible comercial, los ensayos se efectuarán con un combustible de referencia utilizado en el ensayo del motor de referencia, o con el combustible adicional 3 contemplado en los puntos 4.1.3.1 y 4.2.1.1 que haya podido utilizarse en el ensayo del motor de referencia. A continuación, el resultado deberá convertirse mediante un cálculo con el (los) factor(es) adecuado(s) «r», «r<sub>a</sub>» o «r<sub>b</sub>», tal como se describe en los puntos 4.1.4, 4.1.5.1 y 4.2.1.2. Si «r», «r<sub>a</sub>» o «r<sub>b</sub>» son inferiores a 1, no deberá hacerse ninguna corrección. Los resultados medidos y los resultados calculados deberán demostrar que el motor cumple los valores límite con todos los combustibles adecuados (combustibles 1, 2 y, en su caso, 3 en el caso de los motores de gas natural, y combustibles A y B en el caso de los motores de GLP).

- 8.3.2.6. Los ensayos de conformidad de la producción de un motor alimentado con gas preparado para funcionar con una composición de combustible específica se efectuarán con el combustible para el que se haya calibrado el motor.

Figura 2

**Esquema del ensayo de conformidad de la producción****8.4. Sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)**

- 8.4.1. Si ha de verificarse la conformidad de la producción del sistema OBD, se hará con arreglo a lo siguiente
- 8.4.2. Cuando el organismo de homologación determine que la calidad de la producción parece insatisfactoria, se tomará al azar un motor de la serie y se someterá a los ensayos descritos en el anexo 9A, apéndice 1, del presente Reglamento. Los ensayos podrán efectuarse en un motor rodado durante un máximo de 100 horas.
- 8.4.3. Se considerará que la producción es conforme si dicho motor cumple los requisitos de los ensayos descritos en el anexo 9A, apéndice 1, del presente Reglamento.
- 8.4.4. Si el motor tomado de la serie no cumple los requisitos establecidos en el punto 8.4.2, se tomará una nueva muestra aleatoria de cuatro motores de la serie y se someterán a los ensayos descritos en el anexo 9A, apéndice 1, del presente Reglamento. Los ensayos podrán efectuarse en motores que hayan sido rodados hasta un máximo de 100 horas.
- 8.4.5. Se considerará que la producción es conforme si un mínimo de tres motores de la muestra aleatoria de cuatro motores cumplen los requisitos de los ensayos descritos en el anexo 9A, apéndice 1, del presente Reglamento.



9. CONFORMIDAD DE LOS VEHÍCULOS/MOTORES EN CIRCULACIÓN

- 9.1. A efectos del presente Reglamento, la conformidad de los motores/vehículos en circulación deberá comprobarse periódicamente a lo largo de la vida útil de un motor instalado en un vehículo.
- 9.2. Por lo que respecta a las homologaciones concedidas en relación con las emisiones, procede adoptar medidas adicionales para confirmar la funcionalidad de los dispositivos de control de emisiones durante la vida útil de un motor instalado en un vehículo en condiciones de uso normales.
- 9.3. En el anexo 8 del presente Reglamento se establecen los procedimientos que deben seguirse respecto a la conformidad de los motores/vehículos en circulación.

10. SANCIONES POR NO CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

- 10.1. La homologación concedida para un tipo de motor o de vehículo con arreglo al presente Reglamento podrá retirarse si no se cumplen los requisitos establecidos en el punto 8.1 o si los motores o vehículos elegidos no superan los ensayos que se establecen en el punto 8.3.
- 10.2. 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 2A o 2B del presente Reglamento.

11. MODIFICACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DEL TIPO HOMOLOGADO

- 11.1. Toda modificación del tipo homologado deberá notificarse al departamento administrativo que lo homologó. Dicho servicio podrá entonces optar por:
- 11.1.1. 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
- 11.1.2. solicitar un nuevo informe de ensayo al servicio técnico responsable de la realización de los ensayos.
- 11.2. La confirmación o denegación de la homologación se comunicará a las Partes Contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento, especificando las modificaciones, mediante el procedimiento indicado en el punto 4.5.
- 11.3. La autoridad competente 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 2A o 2B del presente Reglamento.

12. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

Cuando el titular de una homologación cese completamente de fabricar un tipo 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 Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

13. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

13.1. **Generalidades**

- 13.1.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 05 de modificaciones, ninguna Parte Contratante que aplique el presente Reglamento podrá denegar la concesión de la homologación CEPE con arreglo al presente Reglamento modificado por la serie 05 de modificaciones.

- 13.1.2. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 05 de modificaciones, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento concederán homologaciones CEPE únicamente si el motor cumple los requisitos del presente Reglamento modificado por la serie 05 de modificaciones.

El motor se someterá a los ensayos pertinentes establecidos en el punto 5 y cumplirá lo establecido en los puntos 13.2.1, 13.2.2 y 13.2.3.

### 13.2. Nuevas homologaciones

- 13.2.1. No obstante lo dispuesto en los puntos 13.4 y 13.5, a partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 05 de modificaciones del presente Reglamento, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento concederán una homologación CEPE a un motor únicamente si cumple:

- a) los límites de emisiones pertinentes de las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento;
- b) los requisitos de durabilidad establecidos en el punto 5.3;
- c) los requisitos del sistema OBD establecidos en el punto 5.4;
- d) los requisitos adicionales establecidos en el punto 5.5.

| Carácter | Fecha<br>Nuevos tipos —<br>todos los tipos | Fila <sup>(a)</sup> | OBD<br>Fase I <sup>(b)</sup> | OBD<br>Fase II | Durabilidad y<br>en circulación | Control de NO <sub>x</sub><br>( <sup>c)</sup> ) |
|----------|--------------------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| B        | 1.10.2005<br>1.10.2006                     | B1(2005)            | SÍ                           | —              | SÍ                              | —                                               |
| C        | 9.11.2006<br>1.10.2007                     | B1(2005)            | SÍ                           | —              | SÍ                              | SÍ                                              |
| D        |                                            | B2(2008)            | SÍ                           | —              | SÍ                              | —                                               |
| E        |                                            | B2(2008)            | SÍ                           | —              | SÍ                              | SÍ                                              |
| F        |                                            | B2(2008)            | —                            | SÍ             | SÍ                              | —                                               |
| G        |                                            | B2(2008)            | —                            | SÍ             | SÍ                              | SÍ                                              |
| H        |                                            | C                   | SÍ                           | —              | SÍ                              | —                                               |
| I        |                                            | C                   | SÍ                           | —              | SÍ                              | SÍ                                              |
| J        |                                            | C                   | —                            | SÍ             | SÍ                              | —                                               |
| K        |                                            | C                   | —                            | SÍ             | SÍ                              | SÍ                                              |

(<sup>a</sup>) De acuerdo con los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

(<sup>b</sup>) De acuerdo con el punto 5.4 del presente Reglamento, los motores de gas están excluidos de la fase I del sistema OBD.

(<sup>c</sup>) De acuerdo con el punto 5.5 del presente Reglamento.

- 13.2.2. No obstante lo dispuesto en los puntos 13.4 y 13.5, a partir del 9 de noviembre de 2006, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo concederán homologaciones CEPE a los motores que satisfagan todas las condiciones establecidas en el punto 13.2.1 y las disposiciones adicionales establecidas en el punto 5.5 del presente Reglamento.

13.2.3. No obstante lo dispuesto en los puntos 13.4.1 y 13.5, a partir del 1 de octubre de 2008, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento concederán homologaciones CEPE únicamente a los motores que cumplan:

- a) los límites de emisiones pertinentes de las filas B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1;
- b) los requisitos de durabilidad establecidos en el punto 5.3;
- c) los requisitos del sistema OBD establecidos en el punto 5.4 (OBD Fase II);
- d) los requisitos adicionales establecidos en el punto 5.5.

13.3. **Límite de validez de las antiguas homologaciones**

13.3.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 05 de modificaciones, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones.

13.3.2. A partir del 1 de octubre de 2007, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 05 de modificaciones, que no cumplan el requisito del punto 13.2.2.

13.3.3. A partir del 1 de octubre de 2009, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 05 de modificaciones, que no cumplan los requisitos del punto 13.2.3.

13.4. **Motores de gas**

13.4.1. Los motores de gas no necesitan cumplir las disposiciones establecidas en el punto 5.5.

13.4.2. Los motores de gas no necesitan cumplir las disposiciones establecidas en el punto 5.4.1 (OBD Fase I).

13.5. **Motores de recambio para vehículos en circulación**

13.5.1. Las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento pueden seguir homologando los motores que cumplan los requisitos del Reglamento, modificado por anteriores series de modificaciones, o cualquier nivel del Reglamento, modificado por la serie 05 de modificaciones, a condición de que se trate de un motor de recambio para un vehículo en circulación al que se aplicaba esa normativa anterior en el momento de su puesta en circulación.

14. **NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS**

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 servicios administrativos que conceden la homologación y a los cuales deben remitirse los formularios de certificación de la concesión, extensión, retirada o denegación de la homologación expedidos en otros países.

---

## Apéndice 1

**Procedimiento para verificar la conformidad de la producción cuando la desviación típica es satisfactoria**

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes cuando la desviación típica de la producción del fabricante es satisfactoria.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 40 % de motores defectuosos sea de 0,95 (riesgo del fabricante = 5 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento (véase la figura 2):

se considerará que:

$L$  = el logaritmo natural del valor límite del contaminante;

$x_i$  = el logaritmo natural del valor de medición (una vez aplicado el factor de deterioro pertinente) del motor número  $i$  de la muestra;

$s$  = una estimación de la desviación típica de la producción (después de aplicar el logaritmo natural de las mediciones);

$n$  = el número de la muestra utilizada.

4. Para cada muestra, se calculará la suma de las desviaciones típicas respecto al límite mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{s} \sum_{i=1}^n (L - x_i)$$

5. Entonces:

- a) si el resultado estadístico del ensayo es superior al número correspondiente a la decisión de aprobado que figura en el cuadro 3 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adoptará una decisión de aprobado para ese contaminante;
- b) si el resultado estadístico del ensayo es inferior al número correspondiente a la decisión de rechazo que figura en el cuadro 3 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adoptará una decisión de rechazo para ese contaminante;
- c) en los demás casos, se someterá a ensayo un motor adicional de acuerdo con el punto 8.3.1 y se aplicará el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

Cuadro 3

**Números de decisión de aprobado y rechazo del plan de muestreo del apéndice 1**

Tamaño mínimo de la muestra: 3

| Número acumulado de motores sometidos a ensayo<br>(tamaño de la muestra) | Número de decisión de aprobado<br>$A_n$ | Número de decisión de rechazo $B_n$ |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| 3                                                                        | 3,327                                   | - 4,724                             |
| 4                                                                        | 3,261                                   | - 4,790                             |
| 5                                                                        | 3,195                                   | - 4,856                             |
| 6                                                                        | 3,129                                   | - 4,922                             |
| 7                                                                        | 3,063                                   | - 4,988                             |
| 8                                                                        | 2,997                                   | - 5,054                             |
| 9                                                                        | 2,931                                   | - 5,120                             |
| 10                                                                       | 2,865                                   | - 5,185                             |
| 11                                                                       | 2,799                                   | - 5,251                             |
| 12                                                                       | 2,733                                   | - 5,317                             |
| 13                                                                       | 2,667                                   | - 5,383                             |
| 14                                                                       | 2,601                                   | - 5,449                             |
| 15                                                                       | 2,535                                   | - 5,515                             |
| 16                                                                       | 2,469                                   | - 5,581                             |
| 17                                                                       | 2,403                                   | - 5,647                             |
| 18                                                                       | 2,337                                   | - 5,713                             |

| Número acumulado de motores sometidos a ensayo<br>(tamaño de la muestra) | Número de decisión de aprobado<br>$A_n$ | Número de decisión de rechazo $B_n$ |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| 19                                                                       | 2,271                                   | - 5,779                             |
| 20                                                                       | 2,205                                   | - 5,845                             |
| 21                                                                       | 2,139                                   | - 5,911                             |
| 22                                                                       | 2,073                                   | - 5,977                             |
| 23                                                                       | 2,007                                   | - 6,043                             |
| 24                                                                       | 1,941                                   | - 6,109                             |
| 25                                                                       | 1,875                                   | - 6,175                             |
| 26                                                                       | 1,809                                   | - 6,241                             |
| 27                                                                       | 1,743                                   | - 6,307                             |
| 28                                                                       | 1,677                                   | - 6,373                             |
| 29                                                                       | 1,611                                   | - 6,439                             |
| 30                                                                       | 1,545                                   | - 6,505                             |
| 31                                                                       | 1,479                                   | - 6,571                             |
| 32                                                                       | - 2,112                                 | - 2,112                             |

## Apéndice 2

**Procedimiento de verificación de la conformidad de la producción cuando la desviación típica no es satisfactoria o no está disponible**

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes cuando la desviación típica de la producción del fabricante no es satisfactoria o no está disponible.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 40 % de motores defectuosos sea de 0,95 (riesgo del fabricante = 5 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se considera que los valores de los contaminantes indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento, tras aplicar el factor de deterioro pertinente, tienen una distribución logarítmica normal y deben transformarse aplicando sus logaritmos naturales. Se considerará que  $m_0$  y  $m$  representan el tamaño de muestra mínimo y máximo, respectivamente ( $m_0 = 3$  y  $m = 32$ ), y que  $n$  representa el número de la muestra que se está utilizando.
4. Si  $x_1, x_2, \dots, x_i$  son los logaritmos naturales de los valores medidos (una vez aplicado el factor de deterioro pertinente) en la serie y  $L$  es el logaritmo natural del valor límite del contaminante, entonces:

$$d_i = x_i - L$$

$$\bar{d}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$v_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_n)^2$$

5. En el cuadro 4 figuran los números correspondientes a la decisión de aprobado ( $A_n$ ) y de rechazo ( $B_n$ ) respecto al tamaño de la muestra utilizada. El resultado estadístico del ensayo es la relación  $\bar{d}_n/v_n$  y se utilizará para determinar si se aprueba o se suspende la serie de la manera siguiente:

Para  $m_0 \leq n \leq m$ :

- a) se aprueba la serie si  $\bar{d}_n/v_n \leq A_n$ ,
- b) se rechaza la serie si  $\bar{d}_n/v_n \geq B_n$ ,
- c) se hace otra medición si  $A_n < \bar{d}_n/v_n < B_n$ .

6. Observaciones

Las siguientes fórmulas recursivas son útiles para el cálculo de los valores sucesivos de la estadística de ensayo:

$$\bar{d}_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \bar{d}_{n-1} + \frac{1}{n} d_n$$

$$v_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) v_{n-1}^2 + \frac{(\bar{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \bar{d}_1 = d_1; v_1 = 0)$$

Cuadro 4

**Números de decisión de aprobado y rechazo del plan de muestreo del apéndice 2**

Tamaño mínimo de la muestra: 3

| Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra) | Número de decisión de aprobado $A_n$ | Número de decisión de rechazo $B_n$ |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 3                                                                     | - 0,80381                            | 16,64743                            |
| 4                                                                     | - 0,76339                            | 7,68627                             |
| 5                                                                     | - 0,72982                            | 4,67136                             |

| Número acumulado de motores sometidos a ensayo<br>(tamaño de la muestra) | Número de decisión de aprobado $A_n$ | Número de decisión de rechazo $B_n$ |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 6                                                                        | - 0,69962                            | 3,25573                             |
| 7                                                                        | - 0,67129                            | 2,45431                             |
| 8                                                                        | - 0,64406                            | 1,94369                             |
| 9                                                                        | - 0,61750                            | 1,59105                             |
| 10                                                                       | - 0,59135                            | 1,33295                             |
| 11                                                                       | - 0,56542                            | 1,13566                             |
| 12                                                                       | - 0,53960                            | 0,97970                             |
| 13                                                                       | - 0,51379                            | 0,85307                             |
| 14                                                                       | - 0,48791                            | 0,74801                             |
| 15                                                                       | - 0,46191                            | 0,65928                             |
| 16                                                                       | - 0,43573                            | 0,58321                             |
| 17                                                                       | - 0,40933                            | 0,51718                             |
| 18                                                                       | - 0,38266                            | 0,45922                             |
| 19                                                                       | - 0,35570                            | 0,40788                             |
| 20                                                                       | - 0,32840                            | 0,36203                             |
| 21                                                                       | - 0,30072                            | 0,32078                             |
| 22                                                                       | - 0,27263                            | 0,28343                             |
| 23                                                                       | - 0,24410                            | 0,24943                             |
| 24                                                                       | - 0,21509                            | 0,21831                             |
| 25                                                                       | - 0,18557                            | 0,18970                             |
| 26                                                                       | - 0,15550                            | 0,16328                             |
| 27                                                                       | - 0,12483                            | 0,13880                             |
| 28                                                                       | - 0,09354                            | 0,11603                             |
| 29                                                                       | - 0,06159                            | 0,09480                             |
| 30                                                                       | - 0,02892                            | 0,07493                             |
| 31                                                                       | - 0,00449                            | 0,05629                             |
| 32                                                                       | 0,03876                              | 0,03876                             |

## Apéndice 3

**Procedimiento de verificación de la conformidad de la producción a petición del fabricante**

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar, a petición del fabricante, la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 30 % de motores defectuosos sea de 0,90 (riesgo del fabricante = 10 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento (véase la figura 2):  
se considerará que:  
 $L$  = el logaritmo natural del valor límite del contaminante;  
 $x_i$  = el logaritmo natural del valor de medición (una vez aplicado factor de deterioro pertinente) del motor número  $i$  de la muestra;  
 $s$  = una estimación de la desviación típica de la producción (después de aplicar el logaritmo natural de las mediciones);  
 $n$  = el número de la muestra utilizada.
4. Se calcula para la muestra la estadística de ensayo que cuantifica el número de motores no conformes, a saber,  $x_i \geq L$ .
5. Entonces:
  - a) si el resultado estadístico del ensayo es inferior o igual al número correspondiente a la decisión de aprobado que figura en el cuadro 5 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adopta una decisión de aprobado para ese contaminante;
  - b) si el resultado estadístico del ensayo es superior o igual al número correspondiente a la decisión de rechazo que figura en el cuadro 5 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adopta una decisión de rechazo para ese contaminante;
  - c) en los demás casos, se someterá a ensayo un motor adicional de acuerdo con el punto 8.3.1 del presente Reglamento y se aplicará el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

En el cuadro 5 los números correspondientes a las decisiones de aprobado y de rechazo se calculan con arreglo a la norma internacional ISO 8422:1991.

## Cuadro 5

**Números de decisión de aprobado y rechazo del plan de muestreo del apéndice 3**

Tamaño mínimo de la muestra: 3

| Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra) | Número correspondiente a la decisión de aprobado | Número correspondiente a la decisión de rechazo |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 3                                                                     | —                                                | 3                                               |
| 4                                                                     | 0                                                | 4                                               |
| 5                                                                     | 0                                                | 4                                               |
| 6                                                                     | 1                                                | 5                                               |
| 7                                                                     | 1                                                | 5                                               |
| 8                                                                     | 2                                                | 6                                               |
| 9                                                                     | 2                                                | 6                                               |
| 10                                                                    | 3                                                | 7                                               |
| 11                                                                    | 3                                                | 7                                               |
| 12                                                                    | 4                                                | 8                                               |
| 13                                                                    | 4                                                | 8                                               |
| 14                                                                    | 5                                                | 9                                               |
| 15                                                                    | 5                                                | 9                                               |
| 16                                                                    | 6                                                | 10                                              |
| 17                                                                    | 6                                                | 10                                              |
| 18                                                                    | 7                                                | 11                                              |
| 19                                                                    | 8                                                | 9                                               |



## Apéndice 4

**Determinación de la equivalencia del sistema**

La determinación de equivalencia del sistema con arreglo al punto 5.2 del presente Reglamento se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o mayor) del sistema candidato y uno de los sistemas de referencia aceptados del presente Reglamento utilizando el ciclo o los ciclos de ensayo adecuados. Los criterios de equivalencia que se aplicarán serán el ensayo F y el ensayo t de Student bilateral.

Dicho método estadístico examina la hipótesis de que la desviación típica de la población y la media de una emisión medida con el sistema candidato no difieren de la desviación típica y de la media de la población de dicha emisión medida con el sistema de referencia. La hipótesis se ensayará basándose en un nivel de significancia del 5 % de los valores de F y t. En el cuadro que figura más abajo se ofrecen los valores críticos de F y t para 7 a 10 pares de muestras. Si los valores de F y t, calculados conforme a la fórmula que figura más abajo, son mayores que los valores críticos de F y t, el sistema candidato no es equivalente.

Se empleará el procedimiento siguiente. Los subíndices R y C se refieren, respectivamente, al sistema de referencia y al sistema candidato.

- Realizar un mínimo de 7 ensayos con el sistema de referencia y el sistema candidato, preferentemente funcionando en paralelo. El número de ensayos se indicará como  $n_R$  y  $n_C$ .
- Calcular las medias  $\bar{x}_R$  y  $\bar{x}_C$  y las desviaciones típicas  $s_R$  y  $s_C$ .
- Calcular el valor de F de la manera siguiente:

$$F = \frac{S_{\text{mayor}}^2}{S_{\text{menor}}^2}$$

(la mayor de las dos desviaciones típicas  $s_R$  o  $s_C$  estará en el numerador).

- Calcular el valor de t de la manera siguiente:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times s_C^2 + (n_R - 1) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}}$$

- Comparar los valores calculados de F y t con los valores críticos de F y t correspondientes al número respectivo de ensayos indicados en el cuadro que figura más abajo. Si se seleccionan muestras mayores, consúltense las tablas estadísticas correspondientes a una significancia del 5 % (confianza del 95 %).
- Determinar los grados de libertad (df) de la siguiente manera:

para el ensayo F:  $df = n_R - 1/n_C - 1$

para el ensayo t:  $df = n_C + n_R - 2$

Valores de F y t correspondientes a los tamaños de la muestra seleccionada

| Tamaño de la muestra | Ensayo F |                    | Ensayo t |                    |
|----------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|
|                      | df       | F <sub>crít.</sub> | df       | t <sub>crít.</sub> |
| 7                    | 6/6      | 4,284              | 12       | 2,179              |
| 8                    | 7/7      | 3,787              | 14       | 2,145              |
| 9                    | 8/8      | 3,438              | 16       | 2,120              |
| 10                   | 9/9      | 3,179              | 18       | 2,101              |

- Determinar la equivalencia del modo siguiente:
  - si  $F < F_{\text{crít.}}$  y  $t < t_{\text{crít.}}$ , el sistema candidato es equivalente al sistema de referencia del presente Reglamento;
  - si  $F \geq F_{\text{crít.}}$  y  $t \geq t_{\text{crít.}}$ , el sistema candidato es distinto del sistema de referencia del presente Reglamento.

## ANEXO 1

## FICHA DE CARACTERÍSTICAS

La presente ficha de características está relacionada con la homologación con arreglo al Reglamento n° 49. Hace referencia a las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y las emisiones de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado de petróleo destinados a la propulsión de vehículos.

Tipo de vehículo/motor de referencia/tipo de motor <sup>(1)</sup>.....

## 0. GENERALIDADES

0.1. Marca (nombre de la empresa):.....

0.2. Tipo y descripción comercial (mencionense todas las variantes):.....

0.3. Modalidad y localización de la identificación del tipo, si se ha marcado en el vehículo:.....

0.4. Categoría del vehículo (si procede):.....

0.5. Categoría de motor: diésel/alimentado con GN/alimentado con GLP/alimentado con etanol <sup>(1)</sup> .....

0.6. Nombre y dirección del fabricante: .....

0.7. Localización de las placas e inscripciones reglamentarias y método de fijación: .....

0.8. En el caso de componentes y entidades técnicas separadas, localización y método de fijación del distintivo de homologación CEPE: .....

0.9. Dirección de las plantas de montaje:.....

## Anexos:

1. Características esenciales del motor (de referencia) e información relativa a la realización de los ensayos (véase el apéndice 1)

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

3. Características esenciales del tipo de motor de la familia (véase el apéndice 3)

4. Características de las piezas del vehículo relacionadas con el motor, si procede (véase el apéndice 4)

5. Fotografías y/o dibujos del tipo de motor de referencia y, si procede, del compartimento del motor.

6. Dar la lista de otros posibles documentos.

Fecha y lugar

---

<sup>(1)</sup> Táchese lo que no proceda.

## Apéndice 1

**Características esenciales del motor (de referencia) e información relativa a la realización de los ensayos <sup>(1)</sup>****1. Descripción del motor**

- 1.1. Fabricante: .....
- 1.2. Código del motor asignado por el fabricante: .....
- 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos <sup>(2)</sup>: .....
- 1.4. Número y disposición de los cilindros: .....
- 1.4.1. Diámetro: ..... mm
- 1.4.2. Carrera del pistón: ..... mm
- 1.4.3. Orden de encendido: .....
- 1.5. Cilindrada del motor: ..... cm<sup>3</sup>
- 1.6. Relación de compresión volumétrica <sup>(3)</sup>: .....
- 1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón: .....
- 1.8. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida: ..... cm<sup>2</sup>
- 1.9. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
- 1.10. Potencia máxima neta: ..... kW a ..... min<sup>-1</sup>
- 1.11. Régimen máximo permitido del motor: ..... min<sup>-1</sup>
- 1.12. Par máximo neto: ..... Nm a ..... min<sup>-1</sup>
- 1.13. Sistema de combustión: encendido por compresión/encendido por chispa <sup>(2)</sup>
- 1.14. Combustible: diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol <sup>(2)</sup>
- 1.15. Sistema de refrigeración
  - 1.15.1. Líquido
    - 1.15.1.1. Naturaleza del líquido: .....
    - 1.15.1.2. Bomba(s) de circulación: sí/no <sup>(2)</sup>
    - 1.15.1.3. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
    - 1.15.1.4. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
  - 1.15.2. Aire
    - 1.15.2.1. Soplante: sí/no <sup>(2)</sup>
    - 1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
    - 1.15.2.3. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
- 1.16. Temperatura permitida por el fabricante
  - 1.16.1. Refrigeración por líquido: temperatura máxima en la salida: ..... K

<sup>(1)</sup> En el caso de motores y sistemas no convencionales, el fabricante deberá facilitar datos equivalentes a éstos.<sup>(2)</sup> Táchese lo que no proceda.<sup>(3)</sup> Especifíquese la tolerancia.

- 1.16.2. Refrigeración por aire: punto de referencia: .....  
Temperatura máxima en el punto de referencia: ..... K
- 1.16.3. Temperatura máxima del aire en la salida del *intercooler* de admisión (si procede): .....
- 1.16.4. Temperatura máxima en el punto del (de los) tubo(s) de escape adyacente(s) a la(s) brida(s) externa(s) del (de los) colector(es) de escape o turbocompresor(es): ..... K
- 1.16.5. Temperatura del combustible: mín. .... K, máx. .... K  
para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores alimentados con gas, en la fase final del regulador de presión
- 1.16.6. Presión del combustible: mín. .... kPa, máx. kPa  
en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con gas natural
- 1.16.7. Temperatura del lubricante: mín. .... K, máx. .... K
- 1.17. Sobrealimentador: sí/no (²)
- 1.17.1. Marca: .....
- 1.17.2. Tipo: .....
- 1.17.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede):
- 1.17.4. Intercooler: sí/no (²)
- 1.18. Sistema de admisión  
Depresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24, serie 03 de modificaciones:  
..... kPa
- 1.19. Sistema de escape  
Contrapresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24, serie 03 de modificaciones:  
..... kPa  
Volumen del sistema de escape: ..... dm³
- 1.20. Unidad de control electrónico del motor (EECU) (todos los tipos de motores):
- 1.20.1. Marca: .....
- 1.20.2. Tipo: .....
- 1.20.3. Número(s) de calibración del software: .....
2. **Medidas adoptadas contra la contaminación ambiental**
- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y dibujos):
- 2.2. Dispositivos adicionales contra la contaminación  
(si existen y no están recogidos en otro punto) .....
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no (²)
- 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, forma y volumen del (de los) convertidor(es) catalítico(s):

- 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. Substrato (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. Emplazamiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s) (lugar y distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 2.2.1.12. Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales (K): .....
- 2.2.1.13. Reactivos consumibles (en su caso): .....
- 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 (en su caso): .....
- 2.2.1.13.4. Frecuencia de reposición del reactivo: continuo/mantenimiento <sup>(4)</sup>: .....
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no <sup>(2)</sup> .....
- 2.2.2.1. Marca(s): .....
- 2.2.2.2. Tipo: .....
- 2.2.2.3. Localización: .....
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no <sup>(2)</sup> .....
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.): .....
- 2.2.4. EGR: sí/no <sup>(2)</sup> .....
- 2.2.4.1. Características (marca, tipo, caudal, etc.): .....
- 2.2.5. Filtro de partículas: sí/no <sup>(2)</sup> .....
- 2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 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: .....
- 2.2.5.6. En caso de regeneración periódica:
  - a) número de ciclos de ensayo ETC entre 2 regeneraciones (n1): .....
  - b) número de ciclos de ensayo ETC durante la regeneración (n2): .....
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no <sup>(2)</sup> .....
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....

### 3. Alimentación de combustible

#### 3.1. Motores diésel

<sup>(4)</sup> Táchese lo que no proceda.

- 3.1.1. Bomba de alimentación
- Presión <sup>(3)</sup>: ..... kPa o diagrama característico <sup>(2)</sup>: .....
- 3.1.2. Sistema de inyección
- 3.1.2.1. Bomba
- 3.1.2.1.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.1.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.1.3. Suministro: ..... mm<sup>3</sup> <sup>(3)</sup> por carrera del pistón a un régimen del motor de ..... min<sup>-1</sup>  
a plena inyección, o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....  
Menciónese el método empleado: en el motor/en el banco de bombeo <sup>(2)</sup>  
  
Si se dispone de un control de sobrealimentación, indíquese el suministro de carburante característico y la presión de sobrealimentación en función del régimen del motor.
- 3.1.2.1.4. Avance de la inyección
- 3.1.2.1.4.1. Curva de avance de la inyección <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.1.4.2. Regulación de la inyección estática <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.2. Tubería de inyección
- 3.1.2.2.1. Longitud: ..... mm
- 3.1.2.2.2. Diámetro interno: ..... mm
- 3.1.2.2.3. Conducto común, marca y tipo: .....
- 3.1.2.3. Inyector(es)
- 3.1.2.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.3.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.3.3. «Presión de apertura»: ..... kPa <sup>(3)</sup>  
o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.4. Regulador
- 3.1.2.4.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.4.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.4.3. Régimen de corte a plena carga: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.3. Sistema de arranque en frío
- 3.1.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.3.2. Tipo(s): .....
- 3.1.3.3. Descripción: .....
- 3.1.3.4. Dispositivo auxiliar de arranque: .....
- 3.1.3.4.1. Marca: .....
- 3.1.3.4.2. Tipo: .....

- 3.2. Motores alimentados con gas <sup>(5)</sup>
  - 3.2.1. Combustible: gas natural/GLP <sup>(2)</sup>
  - 3.2.2. Regulador(es) de presión o vaporizador/regulador(es) de presión <sup>(3)</sup>
    - 3.2.2.1. Marca(s): .....
    - 3.2.2.2. Tipo(s): .....
    - 3.2.2.3. Número de fases de reducción de presión: .....
    - 3.2.2.4. Presión en la fase final: mín. .... kPa, máx. .... kPa
    - 3.2.2.5. Número de puntos de reglaje del surtidor principal: ...
    - 3.2.2.6. Número de puntos de reglaje del surtidor de ralentí: .....
    - 3.2.2.7. Número de certificación: .....
  - 3.2.3. Sistema de alimentación de combustible: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa <sup>(2)</sup>
    - 3.2.3.1. Regulación de la riqueza de la mezcla: .....
    - 3.2.3.2. Descripción del sistema y/o diagrama y dibujos: .....
    - 3.2.3.3. Número de certificación: .....
  - 3.2.4. Mezclador
    - 3.2.4.1. Número: .....
    - 3.2.4.2. Marca(s): .....
    - 3.2.4.3. Tipo(s): .....
    - 3.2.4.4. Localización: .....
    - 3.2.4.5. Posibilidades de ajuste: .....
    - 3.2.4.6. Número de certificación: .....
  - 3.2.5. Inyección del colector de admisión
    - 3.2.5.1. Inyección: monopunto/multipunto <sup>(2)</sup>
    - 3.2.5.2. Inyección: continua/simultánea/secuencial <sup>(2)</sup>
    - 3.2.5.3. Equipo de inyección
      - 3.2.5.3.1. Marca(s): .....
      - 3.2.5.3.2. Tipo(s): .....
      - 3.2.5.3.3. Posibilidades de ajuste: .....
      - 3.2.5.3.4. Número de certificación: .....
    - 3.2.5.4. Bomba de alimentación (si procede):
      - 3.2.5.4.1. Marca(s): .....
      - 3.2.5.4.2. Tipo(s): .....
      - 3.2.5.4.3. Número de certificación: .....
    - 3.2.5.5. Inyector(es):
      - 3.2.5.5.1. Marca(s): .....

<sup>(5)</sup> En el caso de sistemas con diseños diferentes, facilítese información equivalente (para el punto 3.2).

- 3.2.5.5.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.5.3. Número de certificación: .....
- 3.2.6. Inyección directa
- 3.2.6.1. Bomba de inyección/regulador de presión <sup>(2)</sup>
- 3.2.6.1.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.1.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.1.3. Regulación de la inyección: .....
- 3.2.6.1.4. Número de certificación: .....
- 3.2.6.2. Inyector(es)
- 3.2.6.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.2.3. Presión de apertura o diagrama característico <sup>(3)</sup>: .....
- 3.2.6.2.4. Número de certificación: .....
- 3.2.7. Unidad electrónica de control (ECU)
- 3.2.7.1. Marca(s): .....
- 3.2.7.2. Tipo(s): .....
- 3.2.7.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.8. Equipo específico para GN
- 3.2.8.1. Variante 1
- (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
- 3.2.8.1.1. Composición del combustible:
- |                                           |             |       |           |       |           |       |
|-------------------------------------------|-------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH <sub>4</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ):   | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| C5/C5 +:                                  | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| oxígeno (O <sub>2</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| gas inerte (N <sub>2</sub> , He, etc.):   | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
- 3.2.8.1.2. Inyector(es)
- 3.2.8.1.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.8.1.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.8.1.3. Otros (si procede)
- 3.2.8.2. Variante 2
- (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
4. **Reglaje de las válvulas**
- 4.1. Elevación máxima de las válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a los puntos muertos o datos equivalentes: .....
- 4.2. Intervalos de referencia y/o de reglaje <sup>(2)</sup>: .....



## 5. Sistema de encendido (motores de encendido por chispa exclusivamente)

- 5.1. Tipo de sistema de encendido: bobina y bujías comunes/bobina y bujías individuales/bobina en bujía/otro (especifíquese) <sup>(2)</sup>
- 5.2. Unidad de control del encendido
- 5.2.1. Marca(s): .....
- 5.2.2. Tipo(s): .....
- 5.3. Curva/mapa de avance del encendido <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 5.4. Regulación del encendido <sup>(3)</sup>: grados antes del punto muerto superior a un régimen de ..... min<sup>-1</sup>  
y una presión del colector de admisión de ..... Pa
- 5.5. Bujías de encendido
- 5.5.1. Marca(s): .....
- 5.5.2. Tipo(s): .....
- 5.5.3. Distancia entre los electrodos: ..... mm
- 5.6. Bobina(s) de encendido
- 5.6.1. Marca(s): .....
- 5.6.2. Tipo(s): .....

## 6. Equipo accionado por el motor

El motor debe someterse a ensayo con los accesorios necesarios para funcionar (por ejemplo, el ventilador, la bomba de agua, etc.), tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24, serie 03 de modificaciones, anexo 10, punto 5.1.1.

- 6.1. Accesorios que deben instalarse para el ensayo
- Si resulta imposible o inapropiado instalar los accesorios en el banco de pruebas, se determinará la potencia que éstos absorben y se restará de la potencia del motor medida en toda la franja de funcionamiento del (de los) ciclo(s) de ensayo.
- 6.2. Accesorios que deben retirarse para el ensayo
- Los accesorios que sean necesarios únicamente para el funcionamiento del vehículo (por ejemplo, el compresor de aire, el sistema de climatización, etc.) deberán retirarse para el ensayo. Cuando esos accesorios no puedan retirarse, podrá determinarse la potencia que absorben y sumarse a la potencia del motor medida en toda la franja de funcionamiento del (de los) ciclo(s) de ensayo.

## 7. Información adicional sobre las condiciones de ensayo

- 7.1. Lubricante utilizado
- 7.1.1. Marca: .....
- 7.1.2. Tipo: .....  
(si se mezclan lubricante y combustible, indíquese el porcentaje de aceite en la mezcla): .....
- 7.2. Equipo accionado por el motor (si procede)
- Sólo será preciso determinar la potencia absorbida por los accesorios:
- a) si no están instalados en el motor accesorios necesarios para su funcionamiento, o
- b) si están instalados en el motor accesorios no necesarios para su funcionamiento.
- 7.2.1. Enumeración y elementos de identificación: .....

## 7.2.2. Potencia absorbida a los diferentes regímenes del motor indicados:

| Equipo                                                                                                                                                                    | Potencia absorbida (kW) a diferentes regímenes del motor |              |              |                          |                          |                          |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                                           | Ralentí                                                  | Régimen bajo | Régimen alto | Régimen A <sup>(a)</sup> | Régimen B <sup>(a)</sup> | Régimen C <sup>(a)</sup> | Régimen de referencia <sup>(b)</sup> |
| P(a)<br>Accesorios que se precisan para el funcionamiento del motor (se restarán de la potencia medida del motor), véase el punto 5.1.1 del Reglamento n° 24/02, anexo 10 |                                                          |              |              |                          |                          |                          |                                      |
| P(b)<br>Accesorios que se precisan para el funcionamiento del motor (se sumarán a la potencia medida del motor), véase el punto 5.1.2 del Reglamento n° 24/02, anexo 10   |                                                          |              |              |                          |                          |                          |                                      |

<sup>(a)</sup> Ensayo ESC.  
<sup>(b)</sup> Sólo para el ensayo ETC.

## 8. Prestaciones del motor

8.1. Regímenes del motor <sup>(6)</sup>Régimen bajo ( $n_{lo}$ ): ..... min<sup>-1</sup>Régimen alto ( $n_{hi}$ ): ..... min<sup>-1</sup>

Para los ciclos ESC y ELR

Ralentí: ..... min<sup>-1</sup>Régimen A: ..... min<sup>-1</sup>Régimen B: ..... min<sup>-1</sup>Régimen C: ..... min<sup>-1</sup>

Para el ciclo ETC

Régimen de referencia: ..... min<sup>-1</sup>

## 8.2. Potencia del motor (medida de conformidad con las disposiciones del Reglamento n° 24, serie 03 de modificaciones) en kW

|                                                                                                                                   | Régimen del motor |                          |                          |                          |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                   | Ralentí           | Régimen A <sup>(a)</sup> | Régimen B <sup>(a)</sup> | Régimen C <sup>(a)</sup> | Régimen de referencia <sup>(b)</sup> |
| P(m)<br>Potencia medida en el banco de pruebas                                                                                    |                   |                          |                          |                          |                                      |
| P(a)<br>Potencia absorbida por los accesorios que deben instalarse para el ensayo (punto 5.1.1 del Reglamento n° 24/02, anexo 10) |                   |                          |                          |                          |                                      |
| a) si están instalados                                                                                                            |                   |                          |                          |                          |                                      |
| b) si no están instalados                                                                                                         | 0                 | 0                        | 0                        | 0                        | 0                                    |

<sup>(6)</sup> Especifíquese la tolerancia, que debe situarse dentro de un margen de  $\pm 3\%$  de los valores declarados por el fabricante.

|                                                                                                                                                                                         | Régimen del motor |                          |                          |                          |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                         | Ralentí           | Régimen A <sup>(a)</sup> | Régimen B <sup>(a)</sup> | Régimen C <sup>(a)</sup> | Régimen de referencia <sup>(b)</sup> |
| P(b)<br>Potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse para el ensayo (punto 5.1.2 del Reglamento n° 24/02, anexo 10)<br>a) si están instalados<br>b) si no están instalados | 0                 | 0                        | 0                        | 0                        | 0                                    |
| P(n)<br>Potencia neta del motor = P(m) - P(a) + P(b)                                                                                                                                    |                   |                          |                          |                          |                                      |

<sup>(a)</sup> Ensayo ESC.

<sup>(b)</sup> Sólo para el ensayo ETC.

### 8.3. Reglajes del dinamómetro (kW)

Los reglajes del dinamómetro para los ensayos ESC y ELR y para el ciclo de referencia del ensayo ETC deben basarse en la potencia neta del motor P(n) indicada en el punto 8.2. Se recomienda instalar el motor en el banco de pruebas en condiciones netas. En ese caso, P(m) y P(n) son idénticas. Si resulta imposible o inadecuado hacer funcionar el motor en condiciones netas, los reglajes del dinamómetro deberán adaptarse a las condiciones netas mediante la fórmula anterior.

#### 8.3.1. Ensayos ESC y ELR

Los reglajes del dinamómetro se calcularán mediante la fórmula que figura en el anexo 4A, apéndice 1, punto 1.2.

| Porcentaje de carga | Régimen del motor |           |           |           |
|---------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
|                     | Ralentí           | Régimen A | Régimen B | Régimen C |
| 10                  | ...               |           |           |           |
| 25                  | ...               |           |           |           |
| 50                  | ...               |           |           |           |
| 75                  | ...               |           |           |           |
| 100                 |                   |           |           |           |

#### 8.3.2. Ensayo ETC

Si el motor no se somete a ensayo en condiciones netas, la fórmula para convertir la potencia medida o el trabajo del ciclo medido, determinados de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4A, apéndice 2, punto 2, en potencia neta o trabajo del ciclo neto será facilitada por el fabricante para toda la franja de funcionamiento del ciclo y aprobada por el servicio técnico.

## 9. Sistema de diagnóstico a bordo (OBD)

9.1. Descripción escrita y/o dibujo del indicador de mal funcionamiento (IMF) 4: ...

9.2. Lista y finalidad de todos los componentes supervisados por el sistema de diagnóstico a bordo: .....

9.3. Descripción escrita (principios generales de funcionamiento del sistema OBD) para:

9.3.1. motores diésel/de gas

9.3.1.1. Supervisión del catalizador .....

9.3.1.2. Supervisión del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> .....

9.3.1.3. Supervisión del filtro de partículas diésel .....

- 9.3.1.4. Supervisión del sistema electrónico de alimentación de combustible .....
  - 9.3.1.5. Otros componentes supervisados por el sistema OBD: .....
  - 9.4. Criterios para la activación del indicador de mal funcionamiento (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico): .....
  - 9.5. Lista de todos los códigos de salida del sistema OBD y formatos utilizados (con las explicaciones correspondientes a cada uno de ellos): .....
  
  - 10. **Limitador del par**
  - 10.1. Descripción de la activación del limitador del par
  - 10.2. Descripción de la limitación de la curva de plena carga
-

## Apéndice 2

## Características esenciales de la familia de motores

## 1. Parámetros comunes

- 1.1. Ciclo de combustión: .....
- 1.2. Medio refrigerante: .....
- 1.3. Número de cilindros <sup>(1)</sup>: .....
- 1.4. Desplazamiento de cada cilindro: .....
- 1.5. Método de aspiración del aire: .....
- 1.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión: .....
- 1.7. Válvulas y orificios — configuración, tamaño y número: .....
- 1.8. Sistema de alimentación de combustible: .....
- 1.9. Sistema de encendido (motores de gas): .....
- 1.10. Características diversas:
- a) sistema de refrigeración del aire de admisión <sup>(1)</sup>: .....
- b) recirculación del gas de escape <sup>(1)</sup>: .....
- c) inyección/emulsión de agua <sup>(1)</sup>: .....
- d) inyección de aire <sup>(1)</sup>: .....
- 1.11. Postratamiento de las emisiones de escape <sup>(1)</sup>: .....
- Prueba de relación idéntica (o menor para el motor de referencia): capacidad del sistema/suministro de combustible por carrera del pistón, de acuerdo con el (los) número(s) del diagrama: .....

## 2. Listado de la familia de motores

- 2.1. Nombre de la familia de motores diésel: .....
- 2.1.1. Especificación de los motores dentro de esta familia:

|                                                         |  |  |  |  | Motor de referencia |
|---------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------------|
| Tipo de motor                                           |  |  |  |  |                     |
| Número de cilindros                                     |  |  |  |  |                     |
| Régimen nominal (min <sup>-1</sup> )                    |  |  |  |  |                     |
| Combustible suministrado por carrera (mm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |                     |
| Potencia neta nominal (kW)                              |  |  |  |  |                     |
| Régimen al par máximo (min <sup>-1</sup> )              |  |  |  |  |                     |
| Combustible suministrado por carrera (mm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |                     |
| Par máximo (Nm)                                         |  |  |  |  |                     |
| Régimen de ralentí bajo (min <sup>-1</sup> )            |  |  |  |  |                     |
| Cilindrada ( % del motor de referencia)                 |  |  |  |  | 100                 |

2.2. Nombre de la familia de motores de gas: .....

2.2.1. Especificación de los motores dentro de esta familia:

|                                                        |  |  |  |  | Motor de referencia |
|--------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------------|
| Tipo de motor                                          |  |  |  |  |                     |
| Número de cilindros                                    |  |  |  |  |                     |
| Régimen nominal ( $\text{min}^{-1}$ )                  |  |  |  |  |                     |
| Combustible suministrado por carrera ( $\text{mm}^3$ ) |  |  |  |  |                     |
| Potencia neta nominal (kW)                             |  |  |  |  |                     |
| Régimen al par máximo ( $\text{min}^{-1}$ )            |  |  |  |  |                     |
| Combustible suministrado por carrera ( $\text{mm}^3$ ) |  |  |  |  |                     |
| Par máximo (Nm)                                        |  |  |  |  |                     |
| Régimen de ralentí bajo ( $\text{min}^{-1}$ )          |  |  |  |  |                     |
| Cilindrada ( % del motor de referencia)                |  |  |  |  | 100                 |
| Regulación de la chispa                                |  |  |  |  |                     |
| Caudal de la EGR                                       |  |  |  |  |                     |
| Bomba de aire: sí/no                                   |  |  |  |  |                     |
| Caudal efectivo de la bomba de aire                    |  |  |  |  |                     |

(<sup>1</sup>) Si no procede, escríbase n.p.

## Apéndice 3

**Características esenciales del tipo de motor de la familia <sup>(1)</sup>**

1. **Descripción del motor**
  - 1.1. Fabricante: .....
  - 1.2. Código del motor asignado por el fabricante: .....
  - 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos <sup>(2)</sup>: .....
  - 1.4. Número y disposición de los cilindros: .....
    - 1.4.1. Diámetro: ..... mm
    - 1.4.2. Carrera del pistón: ..... mm
    - 1.4.3. Orden de encendido: .....
  - 1.5. Cilindrada del motor: ..... cm<sup>3</sup>
  - 1.6. Relación de compresión volumétrica <sup>(3)</sup>: .....
  - 1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón: .....
  - 1.8. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida: ..... cm<sup>2</sup>
  - 1.9. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.10. Potencia máxima neta: ..... kW a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.11. Régimen máximo permitido del motor: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.12. Par máximo neto: ..... Nm a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.13. Sistema de combustión: encendido por compresión/encendido por chispa <sup>(2)</sup>
  - 1.14. Combustible: diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol <sup>(2)</sup>
  - 1.15. Sistema de refrigeración
    - 1.15.1. Líquido
      - 1.15.1.1. Naturaleza del líquido: .....
      - 1.15.1.2. Bomba(s) de circulación: sí/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.1.3. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
      - 1.15.1.4. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
    - 1.15.2. Aire
      - 1.15.2.1. Soplane: sí/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
      - 1.15.2.3. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
  - 1.16. Temperatura permitida por el fabricante
    - 1.16.1. Refrigeración por líquido: temperatura máxima en la salida: ..... K
    - 1.16.2. Refrigeración por aire: punto de referencia: .....
      - Temperatura máxima en el punto de referencia: ..... K
    - 1.16.3. Temperatura máxima del aire en la salida del *intercooler* de admisión (si procede): ..... K

- 1.16.4. Temperatura máxima en el punto del (de los) tubo(s) de escape adyacente(s) a la(s) brida(s) externa(s) del (de los) colector(es) de escape o turbocompresor(es): ..... K
- 1.16.5. Temperatura del combustible: mín. .... K, máx. .... K  
para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores alimentados con gas, en la fase final del regulador de presión
- 1.16.6. Presión del combustible: mín. .... kPa,  
máx. .... kPa  
en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con gas natural
- 1.16.7. Temperatura del lubricante: mín. .... K, máx. .... K
- 1.17. Sobrealimentador: sí/no <sup>(2)</sup>
- 1.17.1. Marca: .....
- 1.17.2. Tipo: .....
- 1.17.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede):
- 1.17.4. *Intercooler*: sí/no <sup>(2)</sup>
- 1.18. Sistema de admisión  
Depresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24, serie 03 de modificaciones: ..... kPa
- 1.19. Sistema de escape  
Contrapresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24, serie 03 de modificaciones: ..... kPa  
Volumen del sistema de escape: ..... dm<sup>3</sup>
- 1.20. Unidad de control electrónico del motor (EECU) (todos los tipos de motores):
- 1.20.1. Marca: .....
- 1.20.2. Tipo: .....
- 1.20.3. Número(s) de calibración del software: .....
2. **Medidas adoptadas contra la contaminación ambiental**
- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y dibujos): .....
- 2.2. Dispositivos adicionales anticontaminantes (si están previstos y si no están recogidos en otro punto) .....
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no <sup>(2)</sup>
- 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, forma y volumen del (de los) convertidor(es) catalítico(s): .....
- 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. Emplazamiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s) (lugar y distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 2.2.1.12. Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales (K): .....
- 2.2.1.13. Reactivos consumibles (en su caso): .....
- 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 (en su caso): .....
- 2.2.1.13.4. Frecuencia de reposición del reactivo: continuo/mantenimiento <sup>(4)</sup>.....
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.2.1. Marca(s): .....
- 2.2.2.2. Tipo: .....
- 2.2.2.3. Localización: .....
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.): .....
- 2.2.4. EGR: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.4.1. Características (marca, tipo, caudal, etc.): .....
- 2.2.5. Filtro de partículas: sí/no <sup>(2)</sup> .....
- 2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo: .....
- 2.2.5.5. Intervalo de temperaturas (K) y presiones (kPa) de funcionamiento normales: .....
- 2.2.5.6. En caso de regeneración periódica:
  - a) Número de ciclos de ensayos ETC entre 2 regeneraciones (n1)
  - b) Número de ciclos de ensayos ETC durante la regeneración (n2)
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....
- 3. **Alimentación de combustible**
- 3.1. Motores diésel
- 3.1.1. Bomba de alimentación
  - Presión <sup>(3)</sup>: ..... kPa o diagrama característico <sup>(2)</sup>: .....
- 3.1.2. Sistema de inyección
- 3.1.2.1. Bomba
  - 3.1.2.1.1. Marca(s): .....

- 3.1.2.1.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.1.3. Suministro:  $\text{mm}^3$  <sup>(3)</sup> por carrera del pistón a un régimen del motor de  $\text{min}^{-1}$  a plena inyección, o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- Menciónese el método empleado: en el motor/en el banco de bombeo <sup>(2)</sup>
- Si se dispone de un control de sobrealimentación, indíquese la alimentación de combustible y la presión de sobrealimentación características en función del régimen del motor.
- 3.1.2.1.4. Avance de la inyección
- 3.1.2.1.4.1. Curva de avance de la inyección <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.1.4.2. Regulación de la inyección estática <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.2. Tubería de inyección
- 3.1.2.2.1. Longitud: ..... mm
- 3.1.2.2.2. Diámetro interno: ..... mm
- 3.1.2.2.3. Conducto común, marca y tipo: .....
- 3.1.2.3. Inyector(es)
- 3.1.2.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.3.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.3.3. Presión de apertura: ..... kPa <sup>(3)</sup> o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.4. Regulador
- 3.1.2.4.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.4.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.4.3. Régimen de corte a plena carga: .....  $\text{min}^{-1}$
- 3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: .....  $\text{min}^{-1}$
- 3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: .....  $\text{min}^{-1}$
- 3.1.3. Sistema de arranque en frío
- 3.1.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.3.2. Tipo(s): .....
- 3.1.3.3. Descripción: .....
- 3.1.3.4. Dispositivo auxiliar de arranque: .....
- 3.1.3.4.1. Marca: .....
- 3.1.3.4.2. Tipo: .....
- 3.2. Motores alimentados con gas <sup>(5)</sup>
- 3.2.1. Combustible: gas natural/GLP <sup>(2)</sup>
- 3.2.2. Regulador(es) de presión o vaporizador/regulador(es) de presión <sup>(3)</sup>
- 3.2.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.2.3. Número de fases de reducción de presión: .....
- 3.2.2.4. Presión en la fase final: mín..... kPa, máx..... kPa

- 3.2.2.5. Número de puntos de reglaje del surtidor principal: .....
- 3.2.2.6. Número de puntos de reglaje del surtidor de ralentí: .....
- 3.2.2.7. Número de certificación: .....
- 3.2.3. Sistema de alimentación de combustible: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa <sup>(2)</sup>
- 3.2.3.1. Regulación de la riqueza de la mezcla: .....
- 3.2.3.2. Descripción del sistema y/o diagrama y dibujos: .....
- 3.2.3.3. Número de certificación: .....
- 3.2.4. Mezclador
- 3.2.4.1. Número: .....
- 3.2.4.2. Marca(s): .....
- 3.2.4.3. Tipo(s): .....
- 3.2.4.4. Localización: .....
- 3.2.4.5. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.4.6. Número de certificación: .....
- 3.2.5. Inyección del colector de admisión
- 3.2.5.1. Inyección: monopunto/multipunto <sup>(2)</sup>
- 3.2.5.2. Inyección: continua/simultánea/secuencial <sup>(2)</sup>
- 3.2.5.3. Equipo de inyección
- 3.2.5.3.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.3.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.3.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.5.3.4. Número de certificación: .....
- 3.2.5.4. Bomba de alimentación (si procede):
- 3.2.5.4.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.4.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.4.3. Número de certificación: .....
- 3.2.5.5. Inyector(es):
- 3.2.5.5.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.5.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.5.3. Número de certificación: .....
- 3.2.6. Inyección directa
- 3.2.6.1. Bomba de inyección/regulador de presión <sup>(2)</sup>
- 3.2.6.1.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.1.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.1.3. Regulación de la inyección: .....
- 3.2.6.1.4. Número de certificación: .....

- 3.2.6.2. Inyector(es)
- 3.2.6.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.2.3. Presión de apertura o diagrama característico <sup>(3)</sup>: .....
- 3.2.6.2.4. Número de certificación: .....
- 3.2.7. Unidad electrónica de control (ECU)
- 3.2.7.1. Marca(s): .....
- 3.2.7.2. Tipo(s): .....
- 3.2.7.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.8. Equipo específico para GN
- 3.2.8.1. Variante 1
- (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
- 3.2.8.1.1. Composición del combustible:
- |                                           |             |       |           |       |           |       |
|-------------------------------------------|-------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH <sub>4</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
| etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ):   | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
| propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ): | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
| butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ): | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
| C5/C5 +:                                  | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
| oxígeno (O <sub>2</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
| gas inerte (N <sub>2</sub> , He, etc.):   | base: ..... | % mol | mín. .... | % mol | máx. .... | % mol |
- 3.2.8.1.2. Inyector(es)
- 3.2.8.1.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.8.1.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.8.1.3. Otros (si procede)
- 3.2.8.2. Variante 2
- (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
4. **Reglaje de las válvulas**
- 4.1. Elevación máxima de las válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a los puntos muertos o datos equivalentes: .....
- 4.2. Referencia y/o márgenes de reglaje <sup>(2)</sup>: .....
5. **Sistema de encendido (motores de encendido por chispa exclusivamente)**
- 5.1. Tipo de sistema de encendido: bobina y bujías comunes/bobina y bujías individuales/bobina en bujía/otro (especifíquese) <sup>(2)</sup>
- 5.2. Unidad de control del encendido
- 5.2.1. Marca(s): .....
- 5.2.2. Tipo(s): .....
- 5.3. Curva/mapa de avance del encendido <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....

- 5.4. Regulación del encendido <sup>(3)</sup>: ..... grados antes del punto muerto superior a un régimen de ..... min<sup>-1</sup>  
y una presión del colector de admisión de ..... kPa
- 5.5. Bujías de encendido
- 5.5.1. Marca(s): .....
- 5.5.2. Tipo(s): .....
- 5.5.3. Distancia entre los electrodos: ..... mm
- 5.6. Bobina(s) de encendido
- 5.6.1. Marca(s): .....
- 5.6.2. Tipo(s): .....
6. **Sistema de diagnóstico a bordo (OBD)**
- 6.1. Descripción escrita y/o dibujo del indicador de mal funcionamiento (IMF) <sup>(4)</sup>:
- 6.2. Lista y finalidad de todos los componentes supervisados por el sistema de diagnóstico a bordo: .....
- 6.3. Descripción escrita (principios generales de funcionamiento del sistema OBD) para:
- 6.3.1. Motores diésel/de gas <sup>(4)</sup>: .....
- 6.3.1.1. Supervisión del catalizador <sup>(4)</sup>: .....
- 6.3.1.2. Supervisión del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> <sup>(4)</sup>: .....
- 6.3.1.3. Supervisión del filtro de partículas diésel <sup>(4)</sup>: .....
- 6.3.1.4. Supervisión del sistema electrónico de alimentación de combustible <sup>(4)</sup>: .....
- 6.3.1.5. Otros componentes supervisados por el sistema OBD <sup>(4)</sup>: .....
- 6.4. Criterios para la activación del indicador de mal funcionamiento (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico): .....
- 6.5. Lista de todos los códigos de salida del sistema OBD y formatos utilizados (con las explicaciones correspondientes a cada uno de ellos): .....
7. **Limitador del par**
- 7.1. Descripción de la activación del limitador del par
- 7.2. Descripción de la limitación de la curva de plena carga

---

<sup>(1)</sup> Deberá presentarse para cada motor de la familia.

<sup>(2)</sup> Táchese lo que no proceda.

<sup>(3)</sup> Especifíquese la tolerancia.

<sup>(4)</sup> Táchese lo que no proceda.

<sup>(5)</sup> En el caso de sistemas con diseños diferentes, facilítese información equivalente (para el punto 3.2).

## Apéndice 4

**Características de las piezas del vehículo relacionadas con el motor**

1. Depresión del sistema de admisión a régimen nominal y a plena carga: ..... kPa
2. Contrapresión del sistema de escape a régimen nominal y a plena carga: ..... kPa
3. Volumen del sistema de escape: ..... cm<sup>3</sup>
4. Potencia absorbida por los accesorios accionados por el motor, tal como se especifican en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24, serie 03 de modificaciones, anexo 10, punto 5.1.1 <sup>(1)</sup>.

| Equipo                                                                                          | Potencia absorbida (kW) a diferentes regímenes del motor |              |              |                          |                          |                          |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                                                                                                 | Ralentí                                                  | Régimen bajo | Régimen alto | Régimen A <sup>(a)</sup> | Régimen B <sup>(a)</sup> | Régimen C <sup>(a)</sup> | Régimen de referencia <sup>(b)</sup> |
| Accesorios accionados por el motor<br>(véase el punto 5.1.1 del Reglamento n° 24/03, anexo 10). |                                                          |              |              |                          |                          |                          |                                      |

<sup>(a)</sup> Ensayo ESC.

<sup>(b)</sup> Sólo para el ensayo ETC.

<sup>(1)</sup> Debe presentarse para cada motor de la familia.

## Apéndice 5

**Información relativa al sistema de diagnóstico a bordo (OBD)**

1. Con arreglo a las disposiciones del anexo 9A, punto 5, del presente Reglamento, el fabricante del vehículo proporcionará la siguiente información adicional para permitir la fabricación de piezas de recambio y de mantenimiento, herramientas de diagnóstico y equipos de ensayo compatibles con el sistema OBD, salvo que dicha información esté protegida por derechos de propiedad intelectual o forme parte de los conocimientos técnicos específicos del fabricante o del proveedor o proveedores del fabricante del equipo original. La información especificada en este punto se repetirá en el anexo 2A del presente Reglamento.
  - 1.1. Una descripción del tipo y el número de ciclos de preacondicionamiento utilizados para la homologación original del vehículo.
  - 1.2. Una descripción del tipo de ciclo de demostración del sistema OBD utilizado para la homologación original del vehículo en relación con el componente supervisado por el sistema OBD.
  - 1.3. Un documento exhaustivo en el que se describan todos los componentes detectados mediante la estrategia de detección de fallos y de activación del indicador de mal funcionamiento (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico), incluida la lista de parámetros secundarios pertinentes detectados para cada uno de los componentes supervisados por el sistema OBD. Una lista de todos los códigos de salida del sistema OBD y los formatos (junto con una explicación para cada uno de ellos) asociados a los distintos componentes del grupo motopropulsor relacionados con las emisiones, así como a los componentes individuales no relacionados con las emisiones, cuando la supervisión del componente se utilice para determinar la activación del IMF.
    - 1.3.1. La información requerida en los puntos anteriores se podrá comunicar, por ejemplo, en un cuadro como el siguiente, que se adjuntará al presente anexo:

| Componente      | Código de fallo | Estrategia de supervisión                        | Criterios de detección de fallos                         | Criterios de activación del IMF | Parámetros secundarios                                                                  | Preacondicionamiento                                        | Prueba de demostración                            |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Catalizador SCR | Pxxxx           | Señales de los sensores de NO <sub>x</sub> 1 y 2 | Diferencia entre las señales del sensor 1 y del sensor 2 | Tercer ciclo                    | Régimen del motor, carga del motor, temperatura del catalizador, actividad del reactivo | Tres ciclos de ensayo del sistema OBD (3 ciclos cortos ESC) | Ciclo de ensayo del sistema OBD (ciclo corto ESC) |

- 1.3.2. La información requerida en el presente apéndice podrá limitarse a la lista completa de los códigos de fallo registrados por el sistema OBD cuando no sea aplicable el anexo 9A, punto 5.1.2.1, del presente Reglamento, como en el caso de componentes de recambio o mantenimiento. Esta información podrá establecerse, por ejemplo, completando las dos primeras columnas del cuadro del punto 1.3.1 anterior.

Se pondrá a disposición del organismo de homologación el expediente de homologación completo, como parte del material adicional solicitado en el punto 5.1.7.1, «Documentación exigida», del presente Reglamento.

- 1.3.3. La información requerida en este punto se repetirá en el anexo 2A del presente Reglamento.

Cuando no sea aplicable el anexo 9A, punto 5.1.2.1, del presente Reglamento en el caso de componentes de recambio o de mantenimiento, la información proporcionada en el anexo 2A podrá limitarse a la mencionada en el punto 1.3.2.

## ANEXO 2A

## COMUNICACIÓN

(formato máximo: A4 [210 x 297 mm])



emitada por:

Nombre de la administración:

.....

.....

.....

Relativa a: <sup>(2)</sup>

LA CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

LA EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

LA DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

LA RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN

EL CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo o familia de motores de encendido por compresión (diésel o etanol), o de un tipo o familia de motores de encendido por chispa (GN o GLP) <sup>(2)</sup>, como unidad técnica separada por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de acuerdo con el Reglamento nº 49, serie 05 de modificaciones.

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

1. Denominación comercial o marca del motor: .....
2. Tipo de motor / familia de motores: .....
- 2.1. Código del fabricante marcado en el motor <sup>(3)</sup>: .....
3. Tipo de combustión: encendido por compresión / encendido por chispa <sup>(2)</sup>
- 3.1. Tipo de combustible: .....
4. Nombre y dirección del fabricante: .....
5. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante: .....
6. Depresión máxima permisible de la admisión <sup>(3)</sup>: ..... kPa
7. Contrapresión máxima permisible <sup>(3)</sup>: ..... kPa
8. Potencia máxima permisible que puede absorber el equipo accionado por el motor <sup>(3)</sup>:  
 Ralentí: ..... kW; Régimen bajo: ..... kW; Régimen alto: ..... kW  
 Régimen A: ..... kW; Régimen B: ..... kW; Régimen C: ..... kW;  
 Régimen de referencia: ..... kW
9. Volumen del sistema de escape: ..... cm<sup>3</sup>
10. Restricciones de empleo (en su caso): .....
11. Niveles de emisión del motor / motor de referencia <sup>(2)</sup>
- 11.1. Fase de emisión (según el cuadro del punto 4.6.3): .....
- 11.2. Ensayo ESC (si procede):  
 Factor de deterioro (FD): calculado/fijo <sup>(2)</sup>



Especifíquense en el cuadro que figura a continuación los valores del FD y las emisiones en el ensayo ESC:

| Ensayo ESC            |               |                |                            |               |
|-----------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|
| FD                    | CO            | THC            | NO <sub>x</sub>            | PT            |
|                       |               |                |                            |               |
| Emisiones             | CO<br>(g/kWh) | THC<br>(g/kWh) | NO <sub>x</sub><br>(g/kWh) | PT<br>(g/kWh) |
| Medidas:              |               |                |                            |               |
| Calculadas con el FD: |               |                |                            |               |

11.3. Ensayo ELR (si procede):

Valor del humo: ..... m<sup>-1</sup>

11.4. Ensayo ETC:

Factor de deterioro (FD):      calculado/fijo <sup>(2)</sup>

| Ensayo ETC                |               |                                |                                           |                            |                              |
|---------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| FD                        | CO            | NMHC                           | CH <sub>4</sub>                           | NO <sub>x</sub>            | PT                           |
|                           |               |                                |                                           |                            |                              |
| Emisiones                 | CO<br>(g/kWh) | NMHC<br>(g/kWh) <sup>(2)</sup> | CH <sub>4</sub><br>(g/kWh) <sup>(2)</sup> | NO <sub>x</sub><br>(g/kWh) | PT<br>(g/kWh) <sup>(2)</sup> |
| Medidas con regeneración: |               |                                |                                           |                            |                              |
| Medidas sin regeneración: |               |                                |                                           |                            |                              |
| Medidas/ponderadas:       |               |                                |                                           |                            |                              |
| Calculadas con el FD:     |               |                                |                                           |                            |                              |

12. Motor sometido a ensayo el: .....
13. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación: .....
14. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
15. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
16. Emplazamiento de la marca de homologación en el motor: .....
17. Motivos de la extensión: .....
18. Lugar: .....
19. Fecha: .....
20. Firma: .....
21. Se adjuntan a esta comunicación los siguientes documentos, que llevan el número de homologación indicado anteriormente:  
una copia del anexo 1 del presente Reglamento, cumplimentada y acompañada de los dibujos y los diagramas señalados.

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

<sup>(2)</sup> Táchese lo que no proceda.

<sup>(3)</sup> Para cada miembro de la familia.

*Apéndice 1***Información relativa al sistema OBD**

Como se indica en el anexo 1, apéndice 4, del presente Reglamento, el fabricante del motor/vehículo facilitará la información especificada en el presente apéndice para permitir la fabricación de piezas de recambio o de mantenimiento, herramientas de diagnóstico y equipos de ensayo compatibles con el sistema OBD. No obstante, el fabricante no estará obligado a facilitar dicha información cuando ésta esté protegida por derechos de propiedad intelectual o forme parte de los conocimientos técnicos específicos del fabricante o del proveedor del equipo original.

El presente apéndice se pondrá a disposición de todos los fabricantes de componentes, herramientas de diagnóstico o equipos de ensayo que lo soliciten, sin ningún tipo de discriminación.

De conformidad con lo dispuesto en el anexo 1, apéndice 4, punto 1.3.3, la información requerida en el presente punto será la misma que la prevista en dicho apéndice.

1. Una descripción del tipo y el número de ciclos de preconditionamiento utilizados para la homologación original del vehículo.
  2. Una descripción del tipo de ciclo de demostración del sistema OBD utilizado para la homologación original del vehículo en lo relativo al componente supervisado por el sistema OBD.
  3. Un documento exhaustivo en el que se describan todos los componentes supervisados mediante la estrategia de detección de fallos y la activación del IMF (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico), incluida la lista de parámetros secundarios pertinentes detectados para cada uno de los componentes supervisados por el sistema OBD. Una lista de todos los códigos de salida del sistema OBD y los formatos (junto con una explicación para cada uno de ellos) asociados a los distintos componentes del grupo motopropulsor relacionados con las emisiones, así como a los componentes individuales no relacionados con las emisiones, cuando la supervisión del componente se utilice para determinar la activación del IMF.
-

## ANEXO 2B

## COMUNICACIÓN

(formato máximo: A4 [210 × 297 mm])



emitida por:

Nombre de la administración

.....

.....

.....

relativa a: <sup>(2)</sup>

LA CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

LA EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

LA DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

LA RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN

EL CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de vehículo por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de su motor, de acuerdo con el Reglamento n° 49

N° de homologación: .....

N° de extensión: .....

1. Denominación comercial o marca del motor: .....

1.1. Marca y tipo del motor: .....

1.2. Código del fabricante marcado en el motor: .....

.....

2. Marca y tipo de vehículo: .....

3. Nombre y dirección del fabricante: .....

4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante del vehículo: .....

.....

5. Depresión máxima permisible de la admisión: ..... kPa

6. Contrapresión máxima permisible: ..... kPa

7. Potencia máxima permisible que puede absorber el equipo accionado por el motor:

Ralentí: ..... kW; Régimen bajo: ..... kW; Régimen alto: ..... kW

Régimen A: ..... kW; Régimen B: ..... kW; Régimen C: ..... kW;

Régimen de referencia: ..... kW

8. Volumen del sistema de escape: ..... cm<sup>3</sup>

9. Niveles de emisión del motor / motor de referencia:

9.1. Fase de emisión (según el cuadro del punto 4.6.3) .....

9.2. Ensayo ESC (si procede):

Factor de deterioro (FD): calculado/fijo <sup>(2)</sup>

Especifíquense en el cuadro que figura a continuación los valores del FD y las emisiones en el ensayo ESC:

| Ensayo ESC            |               |                |                            |               |
|-----------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|
| FD                    | CO            | THC            | NO <sub>x</sub>            | PT            |
|                       |               |                |                            |               |
| Emisiones             | CO<br>(g/kWh) | THC<br>(g/kWh) | NO <sub>x</sub><br>(g/kWh) | PT<br>(g/kWh) |
| Medidas:              |               |                |                            |               |
| Calculadas con el FD: |               |                |                            |               |

9.3. Ensayo ELR (si procede):

Valor de humo: ..... m<sup>-1</sup>

9.4. Ensayo ETC:

Factor de deterioro (FD): calculado/fijo <sup>(2)</sup>

| Ensayo ETC                |               |                                |                                           |                            |                              |
|---------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| FD                        | CO            | NMHC                           | CH <sub>4</sub>                           | NO <sub>x</sub>            | PT                           |
|                           |               |                                |                                           |                            |                              |
| Emisiones                 | CO<br>(g/kWh) | NMHC<br>(g/kWh) <sup>(2)</sup> | CH <sub>4</sub><br>(g/kWh) <sup>(2)</sup> | NO <sub>x</sub><br>(g/kWh) | PT<br>(g/kWh) <sup>(2)</sup> |
| Medidas con regeneración: |               |                                |                                           |                            |                              |
| Medidas sin regeneración: |               |                                |                                           |                            |                              |
| Medidas/<br>ponderadas:   |               |                                |                                           |                            |                              |
| Calculadas con el FD:     |               |                                |                                           |                            |                              |

10. Motor sometido a ensayo el:.....
11. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación:.....  
.....
12. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio:.....
13. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
14. Número de solicitud del motor / familia de motores, si se ha homologado como una unidad técnica separada:  
.....
15. Emplazamiento de la marca de homologación en el vehículo/motor <sup>(2)</sup>:.....
16. Motivos de la extensión: .....
17. Lugar:.....
18. Fecha:.....
19. Firma:.....

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

<sup>(2)</sup> Táchese lo que no proceda.

## ANEXO 3

## DISPOSICIONES DE LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN

(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

I. HOMOLOGACIÓN «B» (fila B1, OBD Fase 1, sin control de los NO<sub>x</sub>).

## EJEMPLO 1

Motores diésel:

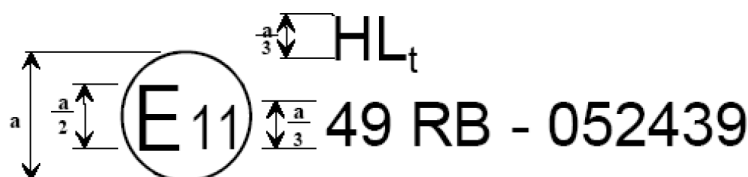


a = 8 mm min.

## EJEMPLO 2

Motores de gas natural (GN):

El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



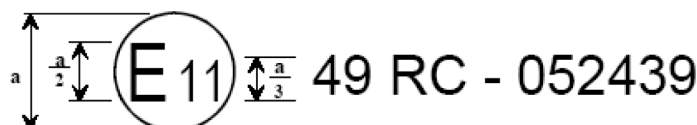
a = 8 mm min.

La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 052439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, con la serie 05 de modificaciones incorporada, y que se cumplen las fases de emisión correspondientes detalladas en el punto 4.6.3 del presente Reglamento.

II. HOMOLOGACIÓN «C» (fila B1, OBD Fase 1, sin control de los NO<sub>x</sub>).

## EJEMPLO 3

Motores diésel:



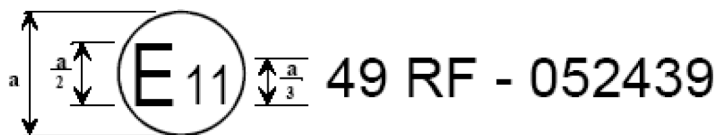
a = 8 mm min.

La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 052439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, con la serie 05 de modificaciones incorporada, y que se cumplen las fases de emisión correspondientes detalladas en el punto 4.6.3 del presente Reglamento.

III. HOMOLOGACIÓN «F» (fila B2, OBD Fase 2, sin control de los NO<sub>x</sub>).

## EJEMPLO 4

Motores de GLP:



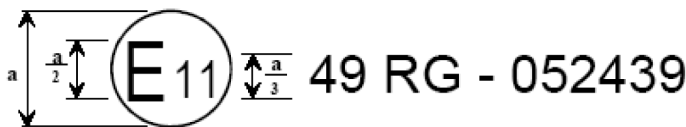
a = 8 mm min.

La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 052439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, con la serie 05 de modificaciones incorporada, y que se cumplen las fases de emisión correspondientes detalladas en el punto 4.6.3 del presente Reglamento.

IV. HOMOLOGACIÓN «G» (fila B2, OBD Fase 2, sin control de los NO<sub>x</sub>).

## EJEMPLO 5

Motores diésel:



a = 8 mm min.

La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 052439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, con la serie 05 de modificaciones incorporada, y que se cumplen las fases de emisión correspondientes detalladas en el punto 4.6.3 del presente Reglamento.

V. HOMOLOGACIÓN «J» (fila C, OBD Fase 2, sin control de los NO<sub>x</sub>).

## EJEMPLO 6

Motores de GLP:

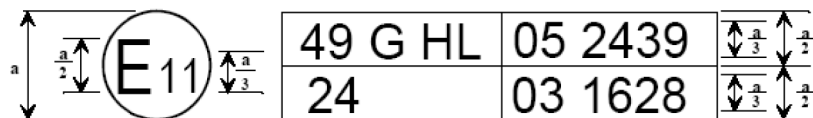


a = 8 mm min.

La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 052439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, con la serie 05 de modificaciones incorporada, y que se cumplen las fases de emisión correspondientes detalladas en el punto 4.6.3 del presente Reglamento.

- VI. MOTOR/VEHÍCULO HOMOLOGADO CON ARREGLO A UNO O VARIOS REGLAMENTOS (véase el punto 4.7 del presente Reglamento)

**EJEMPLO 7**



La presencia de la marca de homologación anterior en un vehículo/motor de gas natural HL indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 (fase de emisiones G) y el Reglamento n° 24 <sup>(1)</sup>. Las dos primeras cifras de los números de homologación indican que, en las fechas de concesión de las homologaciones respectivas, el Reglamento n° 49 incluía la serie 05 de modificaciones y el Reglamento n° 24 incluía la serie 03 de modificaciones.

<sup>(1)</sup> El segundo número de Reglamento se ofrece únicamente a modo de ejemplo.

## ANEXO 4A

**Procedimiento de ensayo****1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. El presente anexo describe los métodos para determinar las emisiones de componentes gaseosos, partículas y humo de los motores sometidos a ensayo. Se describen tres ciclos de ensayo que se aplicarán de conformidad con el punto 5.2:

- a) el ciclo ESC, consistente en un ciclo de trece fases en estado continuo,
- b) el ciclo ELR, consistente en fases de carga transitorias a diferentes regímenes, que forman parte integrante de un mismo procedimiento de ensayo y se desarrollan de manera concurrente,
- c) el ciclo ETC, consistente en una secuencia segundo a segundo de fases transitorias.

- 1.2. El ensayo se efectuará con el motor instalado en un banco de pruebas y conectado a un dinamómetro.

**1.3. Principio de medición**

Las emisiones que deben medirse en el escape de un motor incluyen los componentes gaseosos (monóxido de carbono y total de hidrocarburos en el caso de los motores diésel, sólo en el ensayo ESC; hidrocarburos no metánicos en el caso de los motores diésel y de gas, sólo en el ensayo ETC; metano en el caso de los motores de gas, sólo en el ensayo ETC; y óxidos de nitrógeno), las partículas (sólo motores diésel) y el humo (motores diésel, sólo en el ensayo ELR). Además, a menudo se utiliza el dióxido de carbono como gas trazador para determinar la relación de dilución de sistemas de dilución de flujo parcial y de flujo total. Desde un punto de vista técnico, se considera que la medición general del dióxido de carbono constituye una excelente forma de detectar problemas de medición durante el ensayo.

**1.3.1. Ensayo ESC**

Durante una secuencia prescrita de funcionamiento del motor caliente, los citados valores de las emisiones de escape se examinarán de manera continua tomando una muestra del gas de escape bruto o diluido. El ciclo de ensayo consistirá en un número determinado de fases de régimen y potencia que abarquen el intervalo de funcionamiento típico de los motores diésel. En cada fase, se determinarán la concentración de cada gas contaminante, el caudal de escape y la potencia desarrollada, y se ponderarán los valores medidos. Para la medición de partículas, el gas de escape se diluirá con aire ambiente acondicionado mediante un sistema de dilución de flujo parcial o total. Las partículas se recogerán en un único filtro adecuado en proporción a los factores de ponderación de cada fase. La cantidad de cada contaminante emitido en gramos por kilovatio-hora se calculará según el método descrito en el apéndice 1 del presente anexo. Asimismo, el servicio técnico medirá los  $\text{NO}_x$  en tres puntos de ensayo de la zona de control seleccionada, y los valores determinados se compararán con los valores calculados a partir de esas fases del ciclo de ensayo que rodeen los puntos de ensayo seleccionados. El control de los  $\text{NO}_x$  garantiza la eficacia del control de emisiones del motor dentro de su intervalo de funcionamiento típico.

**1.3.2. Ensayo ELR**

Durante un ensayo de respuesta en carga prescrito, deberá determinarse el humo emitido por un motor caliente mediante un opacímetro. El ensayo consistirá en cargar el motor a régimen constante del 10 % al 100 %, a tres regímenes distintos. El motor se someterá a una cuarta fase de carga seleccionada por el servicio técnico <sup>(1)</sup> y el valor obtenido se comparará con los valores de las anteriores fases de carga. El pico del humo deberá determinarse por medio de un algoritmo promediador, tal como se describe en el apéndice 1 del presente anexo.

**1.3.3. Ensayo ETC**

A lo largo de un ciclo de transición prescrito de condiciones de funcionamiento del motor caliente, basado en las circunstancias específicas de conducción en carretera de motores de gran potencia instalados en camiones y autobuses, se examinarán los contaminantes mencionados anteriormente tras diluir el gas de escape total con aire ambiente acondicionado (sistema CVS con doble dilución para partículas) o determinando los componentes gaseosos en el gas de escape bruto, y las partículas mediante un sistema de dilución de flujo parcial. Utilizando las

<sup>(1)</sup> Los puntos de ensayo se seleccionarán utilizando métodos estadísticos de aleatorización homologados.



señales de retorno del par y del régimen del dinamómetro del motor, se integrará la potencia respecto a la duración del ciclo para obtener el trabajo producido por el motor durante el ciclo. En el caso de un sistema CVS, se determinará la concentración de  $\text{NO}_x$  y de HC a lo largo del ciclo integrando la señal del analizador, mientras que la concentración de CO,  $\text{CO}_2$  y NMHC podrá determinarse mediante la integración de la señal del analizador o mediante muestreo con bolsas. Si se miden en el gas de escape bruto, todos los componentes gaseosos se determinarán a lo largo del ciclo mediante integración de la señal del analizador. Para las partículas, se recogerá una muestra proporcional con un filtro adecuado. Se determinará el caudal de gas de escape diluido o bruto a lo largo del ciclo, con el fin de calcular los valores de emisión másica de los contaminantes. Dichos valores de emisión másica se pondrán en relación con el trabajo del motor para obtener la emisión de cada contaminante en gramos por kilovatio-hora, tal como se describe en el apéndice 2 del presente anexo.

## 2. CONDICIONES DE ENSAYO

### 2.1. Condiciones de ensayo del motor

2.1.1. Se medirán la temperatura absoluta ( $T_a$ ) del aire del motor en su punto de entrada, expresada en kelvin, y la presión atmosférica seca ( $p_s$ ), expresada en kPa, y se determinará el parámetro  $f_a$  de acuerdo con las disposiciones siguientes: en el caso de 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.

a) Para los motores de encendido por compresión:

motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

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

motores turboalimentados con o sin refrigeración del aire de admisión:

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

b) Motores de encendido por chispa:

$$f_a = \left( \frac{99}{p_s} \right)^{1,2} \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0,6}$$

#### 2.1.2. Validez del ensayo

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

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

### 2.2. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

Se registrará la temperatura del aire de sobrealimentación, que deberá encontrarse, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, dentro de un margen de  $\pm 5$  K de la temperatura máxima del aire de sobrealimentación especificada en el anexo 1, apéndice 1, punto 1.16.3. La temperatura mínima del agente refrigerante será de 293 K (20 °C).

Si se utiliza un sistema de taller de pruebas o un soplante externo, la temperatura del aire de sobrealimentación deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 5$  K de la temperatura máxima del aire de admisión especificada en el anexo 1, apéndice 1, punto 1.16.3, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. La configuración del refrigerador del aire de sobrealimentación necesaria para cumplir estas condiciones se utilizará durante todo el ciclo de ensayo.

### 2.3. Sistema de admisión de aire del motor

Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor cuya restricción de la admisión del aire se encuentre dentro de un margen de  $\pm 100$  Pa respecto al límite superior del motor funcionando al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga.

#### 2.4. Sistema de escape del motor

Se utilizará un sistema de escape con una contrapresión de escape situada dentro de un margen de  $\pm 1\,000$  Pa respecto al límite superior del motor funcionando al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, y con un volumen situado dentro de un margen de  $\pm 40\%$  del especificado por el fabricante. Podrá utilizarse un sistema de taller de pruebas, siempre que represente las condiciones reales de funcionamiento del motor. El sistema de escape será conforme a los requisitos de muestreo del gas de escape establecidos en el presente anexo (apéndice, punto 3.4, y apéndice 7, puntos 2.2.1, «Tubo de escape», y 2.3.1, «Tubo de escape»).

Si el motor incluye un dispositivo 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 salida del turbocompresor y el dispositivo de postratamiento de las emisiones de escape será la misma que la indicada en la configuración del vehículo o en las especificaciones de distancia del fabricante. La contrapresión o limitación del 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.

#### 2.5. Sistema de refrigeración

Deberá utilizarse un sistema de refrigeración con suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas de funcionamiento normales prescritas por el fabricante.

#### 2.6. Aceite lubricante

Las especificaciones del aceite lubricante utilizado para el ensayo se registrarán y se presentarán junto con los resultados del ensayo, tal como se indica en el anexo 1, punto 7.1.

#### 2.7. Combustible

Se utilizará el combustible de referencia especificado en el anexo 5.

El fabricante especificará la temperatura y el punto de medición del combustible dentro de los límites indicados en el anexo 1, punto 1.16.5. La temperatura del combustible no será inferior a 306 K (33 °C). Si no se especifica, dicha temperatura será de  $311\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $38\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ) en la entrada de la alimentación de combustible.

Para los motores alimentados con GN y GLP, si no se trata de un motor de referencia, la temperatura del combustible y el punto de medición se situarán dentro de los límites indicados en el anexo 1, punto 1.16.5, o en el anexo 1, apéndice 3, punto 1.16.5.

- 2.8 Si el motor incluye un sistema de postratamiento de las emisiones de escape, las emisiones medidas en el ciclo 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 reactivo utilizado para todos los ensayos será conforme a lo dispuesto en el anexo 1, punto 2.2.1.13.

- 2.8.1. En el caso de un sistema de postratamiento basado en un proceso de regeneración continua, las emisiones se medirán en un sistema de postratamiento estabilizado.

El proceso de regeneración se producirá una vez, como mínimo, durante el ensayo ETC, y el fabricante declarará las condiciones normales en las que se realiza dicha regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.).

Para verificar el proceso de generación se efectuará un mínimo de cinco ensayos ETC. Durante los ensayos, se registrará la temperatura y la presión 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 repiten en el ensayo durante un tiempo suficiente.

El resultado final del ensayo será la media aritmética de los distintos resultados del ensayo ETC.

Si el postratamiento del gas de escape dispone de una fase de seguridad que cambia a una fase de regeneración periódica, ésta será sometida a ensayo con arreglo a lo dispuesto en el punto 2.8.2 del presente anexo. En este caso específico, podrían superarse y no se ponderarían los límites de emisión que figuran en el cuadro 2 del punto 5.2.

- 2.8.2. Para un postratamiento de las emisiones de escape basado en un proceso de regeneración periódica, las emisiones se medirán en un mínimo de dos ensayos ETC, uno durante un proceso de regeneración en un sistema de postratamiento estabilizado y otro fuera de él, y se ponderarán los resultados.

El proceso de regeneración se producirá como mínimo una vez durante el ensayo ETC. 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.), y su duración ( $n_2$ ). También proporcionará todos los datos para determinar el tiempo entre dos regeneraciones ( $n_1$ ). El procedimiento exacto para determinar dicho tiempo deberá acordarse con el servicio técnico basándose en criterios técnicos bien fundamentados.

El fabricante proporcionará un sistema de postratamiento que haya sido cargado con el fin de conseguir la regeneración durante un ensayo ETC. La regeneración no se producirá durante esta fase de acondicionamiento del motor

La media de las emisiones entre las fases de regeneración se determinará a partir de la media aritmética de varios ensayos ETC aproximadamente equidistantes. Se recomienda realizar al menos un ensayo ETC inmediatamente antes de un ensayo de regeneración y otro inmediatamente después del ensayo de regeneración. A modo de alternativa, el fabricante podrá proporcionar datos que muestren que las emisiones permanecen constantes ( $\pm 15\%$ ) entre las fases de regeneración. En ese caso, podrán utilizarse las emisiones de un solo ensayo ETC.

Durante el ensayo de regeneración se registrarán todos los datos necesarios para detectar la regeneración (emisiones de CO y NO<sub>x</sub>, temperatura antes y después del sistema de postratamiento, contrapresión de escape, etc.).

Durante el proceso de regeneración, podrán superarse los límites de emisión establecidos en el cuadro 2 del punto 5.2.

Las emisiones medidas se ponderarán con arreglo a los puntos 5.5 y 6.3 del apéndice 2 del presente anexo y el resultado final no superará los límites que figuran en el cuadro 2 del punto 5.2.

---

Apéndice 1

**Ciclos de ensayo ESC y ELR**

**1. CONFIGURACIONES DEL MOTOR Y DEL DINAMÓMETRO**

**1.1. Determinación de los regímenes del motor A, B y C**

El fabricante declarará los regímenes del motor A, B y C de conformidad con las disposiciones siguientes:

El régimen alto  $n_{hi}$  se determinará calculando el 70 % de la potencia neta máxima declarada  $P(n)$ , tal como se especifica en el anexo 1, punto 8.2. El régimen más alto del motor con el que se obtiene ese valor en la curva de potencia se define como  $n_{hi}$ .

El régimen bajo  $n_{lo}$  se determinará calculando el 50 % de la potencia neta máxima declarada  $P(n)$ , tal como se especifica en el anexo 1, punto 8.2. El régimen más bajo del motor con el que se obtiene ese valor en la curva de potencia se define como  $n_{lo}$ .

Los regímenes del motor A, B y C se calcularán de la manera siguiente:

$$\text{Régimen A} = n_{lo} + 25 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{Régimen B} = n_{lo} + 50 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{Régimen C} = n_{lo} + 75 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

Los regímenes del motor A, B y C pueden verificarse mediante uno de los métodos siguientes.

- a) Se miden puntos de ensayo adicionales durante la homologación de la potencia del motor, de conformidad con el Reglamento n° 85, para determinar con exactitud el  $n_{hi}$  y el  $n_{lo}$ . La potencia máxima,  $n_{hi}$  y  $n_{lo}$  se determinan a partir de la curva de potencia, y los regímenes del motor A, B y C se calculan de acuerdo con las disposiciones anteriores.
- b) Se cartografía el motor a lo largo de toda la curva de carga, desde el régimen máximo sin carga hasta el régimen de ralentí, utilizando al menos cinco puntos de medición por intervalos de  $1\,000\text{ min}^{-1}$  y puntos de medición dentro de un margen de  $\pm 50\text{ min}^{-1}$  respecto al régimen a la potencia máxima declarada. La potencia máxima,  $n_{hi}$  y  $n_{lo}$  se determinan a partir de esta curva gráfica, y los regímenes del motor A, B y C se calculan de acuerdo con las disposiciones anteriores.

Si los regímenes del motor medidos A, B y C se encuentran dentro de un margen no superior a  $\pm 3\%$  respecto a los regímenes del motor declarados por el fabricante, deberán utilizarse estos últimos en el ensayo de emisiones. Si se rebasa el margen de tolerancia de cualquiera de los regímenes del motor, se utilizarán los regímenes medidos en el citado ensayo de emisiones.

**1.2. Determinación de los reglajes del dinamómetro**

La curva del par a plena carga se determinará mediante experimentación, para calcular los valores del par en las fases de ensayo especificadas en condiciones netas, tal como se indica en el anexo 1, punto 8.2. Se tendrá en cuenta la potencia que absorba el equipo accionado por el motor, si procede. El reglaje del dinamómetro para cada una de las fases de ensayo se calculará mediante las fórmulas siguientes:

$$s = P(n) * (L/100) \text{ si el ensayo se efectúa en condiciones netas}$$

$$s = P(n) * (L/100) + (P(a) - P(b)) \text{ si el ensayo no se efectúa en condiciones netas}$$

donde:

$$s = \text{reglaje del dinamómetro, en kW}$$

$$P(n) = \text{potencia neta del motor, indicada en el anexo 1, punto 8.2, en kW}$$

$$L = \text{porcentaje de carga, tal como se indica en el punto 2.7.1}$$

$$P(a) = \text{potencia absorbida por los accesorios que deben instalarse, tal como se indica en el anexo 1, punto 6.1}$$

$$P(b) = \text{potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse, tal como se indica en el anexo 1, punto 6.2}$$

## 2. PERIODO DE ENSAYO ESC

A petición del fabricante, podrá efectuarse un periodo de ensayo simulado para acondicionar el motor y el sistema de escape antes del ciclo de medición.

### 2.1. Preparación del filtro de muestreo

Al menos una hora antes del ensayo, se introducirá cada filtro en una cápsula de Petri, parcialmente cubierta, que esté protegida de la contaminación por polvo, y se colocará en una cámara de pesaje para su estabilización. Una vez finalizado el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro en una cápsula de Petri cerrada o en un portafiltros sellado 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.

### 2.2. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las prescripciones. Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total para la dilución del gas de escape, el tubo de escape se conectará al sistema.

### 2.3. 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 todas las temperaturas y presiones se hayan estabilizado a la potencia máxima, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas.

### 2.4. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha y se hará funcionar en derivación. El nivel de fondo de partículas 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 efectuarse una medición antes o después del ensayo. Si no se filtra el aire de dilución, será posible efectuar mediciones al principio y al final del ciclo y promediar los valores obtenidos.

### 2.5. Ajuste de la relación de dilución

El aire de dilución se regulará de manera que la temperatura del gas de escape diluido, medida justo antes del filtro, no rebase los 325 K (52 °C) en ninguna fase. La relación de dilución (q) no deberá ser inferior a 4.

Con los sistemas que utilicen la medición de la concentración de CO<sub>2</sub> o de NO<sub>x</sub> para controlar la relación de dilución, es preciso medir el contenido de CO<sub>2</sub> o de NO<sub>x</sub> en el aire de dilución al principio y al final de cada ensayo. La diferencia entre las mediciones de la concentración de fondo de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> en el aire de dilución efectuadas antes y después del ensayo deberá situarse dentro de un margen de 100 ppm o 5 ppm, respectivamente.

### 2.6. Verificación de los analizadores

Los analizadores se pondrán a cero y se calibrarán con gas patrón. Si se utilizan bolsas de muestreo, se evacuarán.

### 2.7. Ciclo de ensayo

2.7.1. Deberá seguirse el siguiente ciclo de trece fases de funcionamiento del dinamómetro con el motor de ensayo

| Número de fase | Régimen del motor | Porcentaje de carga | Factor de ponderación | Duración de la fase |
|----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1              | ralentí           | —                   | 0,15                  | 4 minutos           |
| 2              | A                 | 100                 | 0,08                  | 2 minutos           |
| 3              | B                 | 50                  | 0,10                  | 2 minutos           |
| 4              | B                 | 75                  | 0,10                  | 2 minutos           |
| 5              | A                 | 50                  | 0,05                  | 2 minutos           |

| Número de fase | Régimen del motor | Porcentaje de carga | Factor de ponderación | Duración de la fase |
|----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 6              | A                 | 75                  | 0,05                  | 2 minutos           |
| 7              | A                 | 25                  | 0,05                  | 2 minutos           |
| 8              | B                 | 100                 | 0,09                  | 2 minutos           |
| 9              | B                 | 25                  | 0,10                  | 2 minutos           |
| 10             | C                 | 100                 | 0,08                  | 2 minutos           |
| 11             | C                 | 25                  | 0,05                  | 2 minutos           |
| 12             | C                 | 75                  | 0,05                  | 2 minutos           |
| 13             | C                 | 50                  | 0,05                  | 2 minutos           |

#### 2.7.2. Secuencia de ensayo

Se inicia la secuencia de ensayo. El ensayo se efectuará siguiendo el orden de los números de las fases establecido en el punto 2.7.1.

El motor deberá funcionar durante el tiempo prescrito para cada fase, y los cambios de régimen y de carga del motor deberán completarse en los primeros 20 segundos. El régimen especificado deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 50 \text{ min}^{-1}$  y el par especificado se mantendrá dentro de un margen de  $\pm 2 \%$  respecto al par máximo al régimen de ensayo.

A petición del fabricante, la secuencia de ensayo podrá repetirse un número de veces suficiente para recoger más masa de partículas en el filtro. El fabricante facilitará una descripción detallada de los procedimientos de cálculo y evaluación de los datos. Las emisiones gaseosas sólo deberán determinarse en el primer ciclo.

#### 2.7.3. Respuesta de los analizadores

El resultado de los analizadores se registrará en un registrador de banda o se medirá con un sistema equivalente de recogida de datos mientras el gas de escape circula a través de los analizadores durante el ciclo de ensayo.

#### 2.7.4. Muestreo de partículas

Se utilizará un solo filtro para todo el procedimiento de ensayo. Se tendrán en cuenta los factores de ponderación de las fases indicados en el procedimiento del ciclo de ensayo, tomando una muestra proporcional al caudal másico de escape durante cada fase individual del ciclo. Para ello es preciso ajustar el caudal, el tiempo de muestreo y/o la relación de dilución, de modo que se cumpla el criterio sobre los factores de ponderación efectivos que se menciona en el punto 6.6.

El tiempo de muestreo para cada fase será de al menos cuatro segundos por factor de ponderación de 0,01. El muestreo se efectuará lo más tarde posible en cada fase. El muestreo de partículas concluirá como máximo cinco segundos antes del final de cada fase.

#### 2.7.5. Condiciones del motor

El régimen y la carga del motor, la temperatura y la depresión del aire de admisión, la temperatura y la contrapresión del gas de escape, los caudales del combustible y del aire o el gas de escape, la temperatura del aire de sobrealimentación y la temperatura y la humedad del combustible deberán registrarse en cada fase. Los requisitos de régimen y de carga (véase el punto 2.7.2) deberán cumplirse durante el muestreo de partículas y, en todo caso, durante el último minuto de cada fase.

Se registrará cualquier dato adicional que se precise para el cálculo (véanse los puntos 4 y 5).

#### 2.7.6. Medición de los $\text{NO}_x$ en la zona de control

La medición de los  $\text{NO}_x$  en la zona de control se efectuará nada más finalizar la fase 13.

El motor se acondicionará en la fase 13 durante tres minutos antes de iniciar las mediciones. Se realizarán tres mediciones en diferentes lugares de la zona de control seleccionados por el Servicio técnico <sup>(1)</sup>. Cada medición tendrá una duración de 2 minutos.

<sup>(1)</sup> Los puntos de ensayo se seleccionarán utilizando métodos estadísticos de aleatorización homologados.

El procedimiento de medición es idéntico al de medición de los NO<sub>x</sub> en el ciclo de 13 fases y deberá efectuarse de conformidad con los puntos 2.7.3, 2.7.5 y 4.1 del presente apéndice, y con el punto 3 del apéndice 4.

Los cálculos deberán efectuarse de acuerdo con lo indicado en el punto 4.

#### 2.7.7. Nueva verificación de los analizadores

Una vez finalizado el ensayo sobre las emisiones, se utilizará un gas cero y el mismo gas patrón para efectuar una nueva verificación. 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.

### 3. PERIODO DE ENSAYO ELR

#### 3.1. **Instalación del equipo de medición**

El opacímetro y las sondas de muestreo, si procede, se instalarán después del silenciador o de cualquier dispositivo de postratamiento de las emisiones de escape, en caso de que haya alguno instalado, de conformidad con los procedimientos generales de instalación especificados por el fabricante del instrumento. Asimismo, se cumplirán los requisitos del punto 10 de la norma ISO 11614.

Antes de proceder a la comprobación del cero y del fondo de escala, el opacímetro deberá calentarse y estabilizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento. Si el opacímetro está equipado con un sistema de purga de aire para evitar que se ensucie su óptica, deberá activarse y ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

#### 3.2. **Verificación del opacímetro**

Las comprobaciones del cero y del fondo de escala se efectuarán en el modo de lectura de la opacidad, dado que la escala de opacidad ofrece dos puntos de calibración realmente definibles, que son el 0 % de opacidad y el 100 % de opacidad. A continuación se calculará correctamente el coeficiente de absorción de luz sobre la base de la opacidad medida y de la longitud efectiva del camino óptico ( $L_A$ ) facilitada por el fabricante del opacímetro, cuando el instrumento se ponga de nuevo en el modo de lectura  $k$  para realizar el ensayo.

Cuando no se bloquee el haz luminoso del opacímetro, el valor leído se ajustará a  $0,0 \% \pm 1,0 \%$  de opacidad. Si la luz no llega al receptor, el valor leído se ajustará al  $100,0 \% \pm 1,0 \%$  de opacidad.

#### 3.3. **Ciclo de ensayo**

##### 3.3.1. Acondicionamiento del motor

El motor y el sistema se calentarán a la máxima potencia a fin de estabilizar los parámetros del motor siguiendo las recomendaciones del fabricante. Con esta fase de acondicionamiento previo se pretende también evitar que depósitos que se hayan acumulado en el sistema de escape en un ensayo anterior influyan en la medición real.

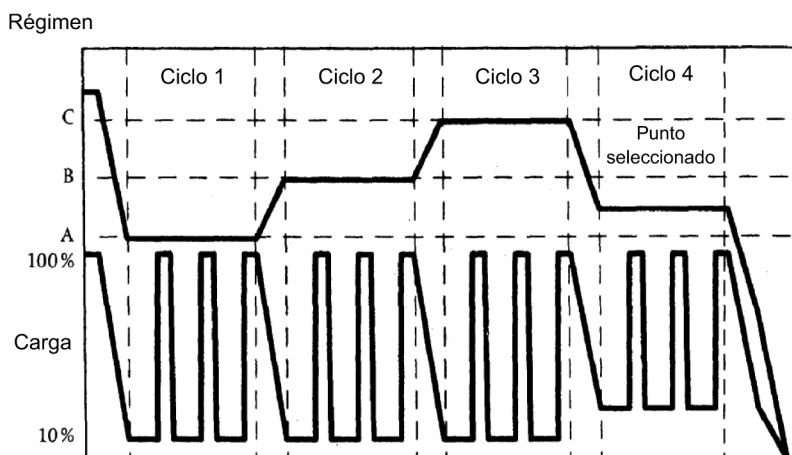
Una vez estabilizado el motor, deberá iniciarse el ciclo en el plazo de  $20 \pm 2$  s siguientes a la fase de preconditionamiento. A petición del fabricante, podrá efectuarse un ensayo simulado a modo de acondicionamiento adicional antes del ciclo de medición.

##### 3.3.2. Secuencia de ensayo

El ensayo consistirá en una secuencia de tres fases de carga en cada uno de los regímenes del motor A (ciclo 1), B (ciclo 2) y C (ciclo 3), determinados de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 1, punto 1.1, seguidas del ciclo 4 a un régimen situado en la zona de control y una carga del 10 al 100 %, seleccionada por el servicio técnico <sup>(1)</sup>. Se seguirá la siguiente secuencia de funcionamiento del dinamómetro con el motor de ensayo, según se muestra en la figura 3.

Figura 3

## Secuencia del ensayo ELR



- Se hace funcionar el motor al régimen A con una carga del 10 % durante  $20 \pm 2$  s. El régimen especificado debe mantenerse dentro de un margen de  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  y el par especificado debe mantenerse dentro de un margen  $\pm 2 \%$  respecto al par máximo al régimen de ensayo.
- Al final del segmento anterior, el mando de control del régimen se lleva rápidamente a la posición de apertura máxima y se mantiene así durante  $10 \pm 1$  s. Se aplica la carga del dinamómetro necesaria para mantener el régimen del motor dentro de un margen de  $\pm 150 \text{ min}^{-1}$  durante los primeros 3 s, y dentro de un margen de  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  durante el resto del segmento.
- La secuencia descrita en las letras a) y b) se repite dos veces.
- Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajusta al régimen B y a una carga del 10 % en el plazo de  $20 \pm 2$  s.
- Se sigue la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen B.
- Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajusta al régimen C y a una carga del 10 % en el plazo de  $20 \pm 2$  s.
- Se sigue la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen C.
- Al finalizar la tercera fase de carga, se ajusta el motor al régimen seleccionado y a cualquier carga superior al 10 % en el plazo de  $20 \pm 2$  s.
- Se sigue la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen seleccionado.

## 3.4. Validación del ciclo

Las desviaciones estándar de los valores medios del humo en cada régimen de ensayo ( $SV_A$ ,  $SV_B$  y  $SV_C$ , calculadas de acuerdo con el punto 6.3.3 del presente apéndice a partir de las tres fases de carga sucesivas a cada régimen de ensayo) deben ser inferiores al 15 % del valor medio o al 10 % del valor límite indicado en el cuadro 1 del punto 5.2 (el que sea mayor). Si la diferencia es mayor, se repetirá la secuencia hasta que tres fases de carga sucesivas cumplan los criterios de validación.

## 3.5. Nueva verificación del opacímetro

El valor de desviación del cero del opacímetro después del ensayo no deberá superar  $\pm 5,0 \%$  del valor límite indicado en el cuadro 1 del punto 5.2.



#### 4. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL GAS DE ESCAPE

##### 4.1. Determinación del caudal másico del gas de escape bruto

Para calcular las emisiones en el gas de escape bruto es preciso conocer el caudal del gas de escape. El caudal másico del gas de escape se determinará con arreglo a lo dispuesto en el punto 4.1.1 o 4.1.2. La exactitud de la determinación del caudal de escape será el mayor de estos valores:  $\pm 2,5 \%$  de la lectura o  $1,5 \%$  del valor máximo del motor. Se podrán utilizar métodos equivalentes (por ejemplo, los descritos en el punto 4.2 del apéndice 2 del presente anexo).

##### 4.1.1. Método de medición directa

La medición directa del caudal de escape podrá realizarse mediante sistemas como los siguientes:

- a) dispositivos de diferencial de presión, como las toberas medidoras de caudal;
- b) un caudalímetro ultrasónico;
- c) un caudalímetro vortex.

Deberán tomarse precauciones para evitar errores de medición que provoquen errores de los valores de emisión. Entre ellas se incluye la instalación cuidadosa 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, no deberán verse afectadas por la instalación del dispositivo las prestaciones del motor ni las emisiones.

##### 4.1.2. Método de medición del aire y del combustible

Deberán medirse el caudal de aire y el caudal de combustible. Se utilizarán caudalímetros de aire y de combustible que cumplan el requisito de exactitud total del punto 4.1. El cálculo del caudal del gas de escape se realizará de la manera siguiente:

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf}$$

##### 4.2. Determinación del caudal másico de gas de escape diluido

Para calcular las emisiones en el flujo de escape diluido mediante un sistema de dilución de flujo total, es preciso conocer el caudal del gas de escape diluido. El caudal del gas de escape diluido ( $q_{medw}$ ) se medirá en cada fase con un PDP-CVS, CFV-CVS o SSV-CVS con arreglo a las fórmulas generales que figuran en el punto 4.1 del apéndice 2 del presente anexo. La exactitud será, como mínimo, de  $\pm 2 \%$  del valor leído o superior, y se determinará de conformidad con lo dispuesto en el punto 2.4 del apéndice 5 del presente anexo.

#### 5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

##### 5.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las emisiones gaseosas, se promediarán los valores registrados en los treinta últimos segundos de cada fase, y las concentraciones (conc) medias de HC, CO y NO<sub>x</sub> durante cada fase se determinarán a partir del promedio de los valores registrados y los datos de calibración correspondientes. Podrá utilizarse un tipo de registro distinto si garantiza una recogida de datos equivalente.

Para la medición de los NO<sub>x</sub> en la zona de control, los requisitos anteriores se aplican únicamente a los NO<sub>x</sub>.

Si se utilizan de manera opcional, el caudal de gas de escape  $q_{mew}$  o el caudal de gas de escape diluido  $q_{medw}$  se determinarán de conformidad con lo dispuesto en el punto 2.3 del apéndice 4 del presente anexo.

## 5.2. Corrección base seca/base húmeda

Si la concentración no se ha medido en base húmeda, se calculará en base húmeda mediante las fórmulas indicadas a continuación: La conversión se realizará para cada fase.

$$c_{wet} = k_W \times c_{dry}$$

Para el gas de escape bruto:

$$k_{W,r} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times k_f \times 1000} \right) \times 1,008$$

o bien

$$k_{W,r} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times k_f \times 1000} \right) / \left( 1 - \frac{p_r}{p_b} \right)$$

o bien

$$k_{w,a} = \left( \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008$$

con

$$k_f = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS}$$

y

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

donde:

$H_a$  = humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

$w_{ALF}$  = contenido en hidrógeno del combustible, en % de la masa

$q_{mf,i}$  = caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s

$q_{mad,i}$  = caudal másico instantáneo del aire de admisión seco, en kg/s

$p_r$  = presión del vapor de agua después del baño refrigerante, en kPa

$p_b$  = presión atmosférica total, en kPa

$w_{DEL}$  = contenido en nitrógeno del combustible, en % de la masa

$w_{EPS}$  = contenido en oxígeno del combustible, en % de la masa

$\alpha$  = relación molar del hidrógeno del combustible

$c_{CO_2}$  = concentración seca de  $CO_2$ , en %

$c_{CO}$  = concentración seca de  $CO$ , en %.

Para el gas de escape diluido:

$$K_{we1} = \left( 1 - \frac{\alpha \times \% c_{wCO_2}}{200} \right) - K_{w1}$$

o bien

$$K_{we2} = \left( \frac{(1 - K_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% c_{dCO_2}}{200}} \right)$$

Para el aire de dilución:

$$K_{Wd} = 1 - K_{W1}$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}}$$

Para el aire de admisión:

$$K_{Wa} = 1 - K_{W2}$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

donde:

$H_a$  = humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

$H_d$  = humedad del aire de dilución, en gramos de agua por kg de aire seco

y podrá derivarse de las mediciones de la humedad relativa, del punto de condensación, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

### 5.3. Corrección de $\text{NO}_x$ en función de la humedad y la temperatura

Como la emisión de  $\text{NO}_x$  depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de  $\text{NO}_x$  deberá corregirse en función de la humedad y la temperatura del aire ambiente mediante los factores de las fórmulas siguientes. Los factores son válidos en el intervalo comprendido entre 0 y 25 g/kg de aire seco.

a) Para motores de encendido por compresión:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

donde:

$T_a$  = temperatura del aire de admisión, en K

$H_a$  = humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

donde:

$H_a$  podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, del punto de condensación, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

b) Para motores de encendido por chispa:

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

donde:

$H_a$  podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, del punto de condensación, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas comúnmente aceptadas.

### 5.4. Cálculo de los caudales máxicos de las emisiones

El caudal máxico de las emisiones (g/h) para cada fase se calculará de la manera que figura a continuación. Para el cálculo de  $\text{NO}_x$ , se utilizará el factor de corrección de la humedad  $k_{h,D}$  o  $k_{h,G}$ , según corresponda, determinado con arreglo al punto 5.3.

La concentración medida se calculará en base húmeda con arreglo al punto 5.2, si no se ha medido ya en base húmeda. En el cuadro 6 figuran los valores de  $u_{\text{gas}}$  para componentes seleccionados basados en las propiedades del gas ideal y los combustibles pertinentes para el presente Reglamento.

a) Para el gas de escape bruto:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times q_{\text{mew}}$$

donde:

$u_{\text{gas}}$  = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del gas de escape

$c_{\text{gas}}$  = concentración del componente respectivo en el gas de escape bruto, en ppm

$q_{\text{mew}}$  = caudal másico del gas de escape, en kg/h.

b) Para el gas diluido:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas},c} \times q_{\text{mdew}}$$

donde:

$u_{\text{gas}}$  = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire

$c_{\text{gas},c}$  = concentración con corrección de fondo del componente respectivo en el gas de escape bruto, en ppm

$q_{\text{mdew}}$  = caudal másico del escape diluido, en kg/h

donde:

$$c_{\text{gas},c} = c - c_d \times \left[ 1 - \frac{1}{D} \right]$$

El factor de dilución D se calculará de acuerdo con lo dispuesto en el punto 5.4.1 del apéndice 2 del presente anexo.

#### 5.5. Cálculo de las emisiones específicas

Se calculan las emisiones (g/kWh) de todos los componentes individuales de la manera siguiente:

$$GAS_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (m_{GASi} \times W_{Fi})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P(n)_i \times W_{Fi})}$$

donde:

$m_{\text{gas}}$  = es la masa del gas individual

$P_n$  = es la potencia neta determinada con arreglo al anexo 1, punto 8.2.

Los factores de ponderación utilizados en las anteriores fórmulas de cálculo son conformes a lo dispuesto en el punto 2.7.1.

Cuadro 6

#### Valores de $u_{\text{gas}}$ en el gas de escape bruto y diluido para varios componentes del gas de escape

| Combustible |                | NO <sub>x</sub> | CO       | THC/<br>NMHC | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | Densidad |
|-------------|----------------|-----------------|----------|--------------|-----------------|-----------------|----------|
| Diésel      | Escape bruto   | 0,001587        | 0,000966 | 0,000479     | 0,001518        | 0,000553        | 1,2943   |
|             | Escape diluido | 0,001588        | 0,000967 | 0,000480     | 0,001519        | 0,000553        | 1,293    |

| Combustible |                | NO <sub>x</sub> | CO       | THC/<br>NMHC | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | Densidad |
|-------------|----------------|-----------------|----------|--------------|-----------------|-----------------|----------|
| Etanol      | Escape bruto   | 0,001609        | 0,000980 | 0,000805     | 0,001539        | 0,000561        | 1,2757   |
|             | Escape diluido | 0,001588        | 0,000967 | 0,000795     | 0,001519        | 0,000553        | 1,293    |
| GNC         | Escape bruto   | 0,001622        | 0,000987 | 0,000523     | 0,001552        | 0,000565        | 1,2661   |
|             | Escape diluido | 0,001588        | 0,000967 | 0,000584     | 0,001519        | 0,000553        | 1,293    |
| Propano     | Escape bruto   | 0,001603        | 0,000976 | 0,000511     | 0,001533        | 0,000559        | 1,2805   |
|             | Escape diluido | 0,001588        | 0,000967 | 0,000507     | 0,001519        | 0,000553        | 1,293    |
| Butano      | Escape bruto   | 0,001600        | 0,000974 | 0,000505     | 0,001530        | 0,000558        | 1,2832   |
|             | Escape diluido | 0,001588        | 0,000967 | 0,000501     | 0,001519        | 0,000553        | 1,293    |

Notas: — valores u del gas de escape bruto basados en las propiedades del gas ideal cuando  $\lambda = 2$ , aire seco, 273 K, 101,3 kPa  
 — valores u del gas de escape diluido basados en las propiedades del gas ideal y la densidad del aire  
 — valores u del GNC con una exactitud situada dentro de un margen del 0,2 % para una composición másica de: C = 66 a 76 %; H = 22 a 25 %; N = 0 a 12 %  
 — el valor u del GNC para HC corresponde a CH<sub>2,93</sub> (para HC totales, utilícese el valor u de CH<sub>4</sub>).

## 5.6. Cálculo de los valores de control de la zona

Para los tres puntos de control seleccionados según lo dispuesto en el punto 2.7.6, la emisión de NO<sub>x</sub> se medirá y calculará de conformidad con el punto 5.6.1, y se determinará también mediante interpolación a partir de las fases del ciclo de ensayo más cercanas al punto de control respectivo, de conformidad con el punto 5.6.2. A continuación, los valores medidos se compararán con los valores interpolados, de conformidad con el punto 5.6.3.

### 5.6.1. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de NO<sub>x</sub> en cada uno de los puntos de control (Z) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{\text{NO}_x, Z} = 0,001587 \times c_{\text{NO}_x, Z} \times k_{h, D} \times q_{\text{mew}}$$

$$\text{NO}_{xZ} = \frac{m_{\text{NO}_x, Z}}{P(n)_Z}$$

### 5.6.2. Determinación del valor de emisión a partir del ciclo de ensayo

La emisión de NO<sub>x</sub> para cada uno de los puntos de control se interpolará a partir de las cuatro fases más cercanas del ciclo de ensayo que rodean el punto de control seleccionado Z, tal como se muestra en la figura 4. Para estas fases (R, S, T, U), se aplican las definiciones siguientes:

Régimen (R) = Régimen (T) =  $n_{RT}$

Régimen (S) = Régimen (U) =  $n_{SU}$

Porcentaje de carga (R) = Porcentaje de carga (S)

Porcentaje de carga (T) = Porcentaje de carga (U).

La emisión de NO<sub>x</sub> del punto de control seleccionado Z se calculará de la manera siguiente:

$$EZ = \frac{E_{RS} + (E_{TU} - E_{RS}) \times (M_Z - M_{RS})}{M_{TU} - M_{RS}}$$

y:

$$E_{TU} = \frac{E_T + (E_{TU} - E_T) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$E_{RS} = \frac{E_R + (E_S - E_R) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$M_{TU} = \frac{M_T + (M_U - M_T) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$M_{RS} = \frac{M_R + (M_S - M_R) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

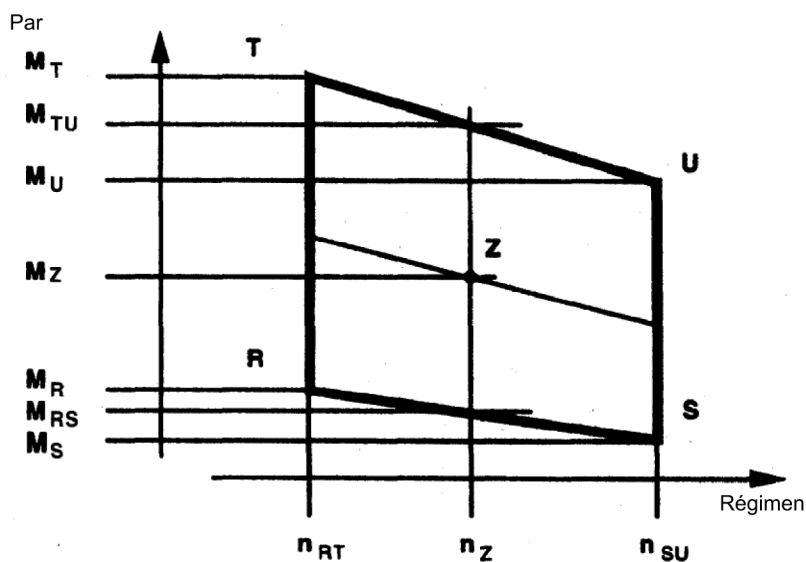
donde:

$E_R, E_S, E_T, E_U$  = emisión específica de  $\text{NO}_x$  de las fases que rodean el punto Z seleccionado, calculada según lo dispuesto en el punto 5.6.1.

$M_R, M_S, M_T, M_U$  = par motor de las fases que rodean ese punto de control

Figura 4

#### Interpolación del punto de control de $\text{NO}_x$



#### 5.6.3. Comparación de los valores de emisión de $\text{NO}_x$

La emisión específica de  $\text{NO}_x$  medida en el punto de control Z ( $\text{NO}_{x,Z}$ ) se compara con el valor interpolado ( $E_Z$ ) de la manera siguiente:

$$\text{NO}_{x,\text{diff}} = 100 \times \frac{\text{NO}_{x,Z} - E_Z}{E_Z}$$

### 6. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE PARTÍCULAS

#### 6.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las partículas, en cada fase deberán registrarse las masas totales de las muestras ( $m_{\text{sep}}$ ) que pasan por los filtros.

Los filtros se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje y se acondicionarán durante al menos una hora, pero no más de ochenta horas, y a continuación se pesarán. Se registrará el peso bruto de los filtros y se restará la tara (véase el punto 2.1) para obtener la masa de la muestra de partículas  $m_f$ .

Si es preciso aplicar una corrección de fondo, se registrarán la masa de aire de dilución ( $m_d$ ) que pasa por los filtros y la masa de partículas ( $m_{f,d}$ ). En caso de que se haya efectuado más de una medición, se calculará el cociente  $m_{f,d}/m_d$  para cada una de las mediciones y se promediarán los valores.

## 6.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Los resultados finales del ensayo de emisión de partículas se determinarán de la manera indicada a continuación. Dado que pueden utilizarse varios tipos de control del índice de dilución, son aplicables distintos métodos de cálculo de  $q_{medf}$ . Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

### 6.2.1. Sistemas isocinéticos

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

$$r_d = \frac{q_{mdw} + (q_{mew} \times r_a)}{q_{mew} \times r_a}$$

donde  $r_a$  corresponde a la relación entre las superficies transversales de la sonda isocinética y del tubo de escape:

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

### 6.2.2. Sistemas con medición de la concentración de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

$$r_d = \frac{c_{wE} - c_{wA}}{c_{wD} - c_{wA}}$$

donde:

$c_{wE}$  = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape bruto

$c_{wD}$  = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape diluido

$c_{wA}$  = concentración en base húmeda del gas trazador en el aire de dilución

Las concentraciones medidas en base seca deberán calcularse en base húmeda de acuerdo con el punto 5.2 del presente apéndice.

### 6.2.3. Sistemas con medición de CO<sub>2</sub> y método de equilibrio de carbono <sup>(2)</sup>

$$q_{medf} = \frac{206,5 \times q_{mf}}{c_{(CO_2)_D} - c_{(CO_2)_A}}$$

donde:

$c_{(CO_2)_D}$  = concentración de CO<sub>2</sub> del gas de escape diluido

$c_{(CO_2)_A}$  = concentración de CO<sub>2</sub> del aire de dilución

(concentraciones en % vol. en base húmeda)

Esta ecuación se basa en la suposición de equilibrio del carbono (los átomos de carbono que recibe el motor se emiten como CO<sub>2</sub>) y se determina de la manera siguiente:

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

y

$$r_d = \frac{206,5 \times q_{mf}}{q_{mew} \times [c_{(CO_2)_D} - c_{(CO_2)_A}]}$$

<sup>(2)</sup> El valor sólo es válido para el combustible de referencia especificado en el anexo 5.

## 6.2.4. Sistemas con medición de caudal

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}}$$

## 6.3. Sistema de dilución de flujo total

Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo. El caudal de gas de escape diluido  $q_{mdew}$  se determinará de conformidad con el punto 4.1 del apéndice 2 de presente anexo. La masa total de la muestra  $m_{sep}$  se calculará con arreglo a lo dispuesto en punto 6.2.1 del apéndice 2 del presente anexo.

## 6.4. Cálculo del caudal másico de partículas

El caudal másico de partículas se calculará de la manera indicada a continuación. Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total,  $q_{medf}$ , determinado con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.2, se sustituirá por  $q_{mdew}$ , determinado con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.3.

$$PT_{mass} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{\overline{q_{medf}}}{1\,000}$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medfi} \times W_{fi}$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{i=n} m_{sepi}$$

$$i = 1, \dots, n$$

Podrá efectuarse una corrección de fondo del caudal másico de partículas de la manera siguiente:

$$PT_{mass} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[ \frac{m_{f,d}}{m_d} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{1}{Di} \right) \times W_{fi} \right] \right\} \times \frac{\overline{q_{medf}}}{1\,000}$$

donde D se calculará de acuerdo con lo dispuesto en el punto 5.4.1 del apéndice 2 del presente anexo.

## 6.5. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de partículas se calculará de la manera siguiente:

$$PT = \frac{PT_{mass}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times W_{fi}}$$

## 6.6. Factor de ponderación efectivo

El factor de ponderación efectivo  $W_{fei}$  para cada fase se calculará de la manera siguiente:

$$W_{fei} = \frac{m_{sepi} \times \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \times q_{medfi}}$$

El valor de los factores de ponderación efectivos deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 0,003$  ( $\pm 0,005$  para la fase de ralentí) respecto a los factores de ponderación enumerados en el punto 2.7.1 del presente apéndice.



## 7. CÁLCULO DE LOS VALORES DE HUMO

## 7.1. Algoritmo de Bessel

Se utilizará el algoritmo de Bessel para calcular los valores medios en un 1 s a partir de la lectura de los valores de humo instantáneos, convertidos de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.3.1. Este algoritmo emula un filtro de paso bajo de segundo orden, y su utilización precisa cálculos iterativos para determinar los coeficientes. Estos coeficientes son una función del tiempo de respuesta del sistema del opacímetro y de la frecuencia de muestreo. Por consiguiente, se repetirá el punto 7.1.1 siempre que cambie el tiempo de respuesta del sistema o la frecuencia de muestreo.

## 7.1.1. Cálculo del tiempo de respuesta del filtro y de las constantes de Bessel

El tiempo de respuesta de Bessel ( $t_F$ ) requerido es una función de los tiempos de respuesta física y eléctrica del sistema del opacímetro, tal como se especifica en el apéndice 4 del presente anexo, y se calculará mediante la ecuación siguiente:

$$t_F = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

donde:

$t_p$  = tiempo de respuesta física, en segundos

$t_e$  = tiempo de respuesta eléctrica, en segundos

Los cálculos para estimar la frecuencia de corte del filtro ( $f_c$ ) se basan en una entrada escalonada de 0 a 1 en  $\leq 0,01$ s (véase el anexo 6). El tiempo de respuesta se define como el tiempo transcurrido desde que la respuesta de Bessel alcanza el 10 % ( $t_{10}$ ) hasta que alcanza el 90 % ( $t_{90}$ ) de esta función escalonada. Ello se obtiene iterando  $f_c$  hasta que  $t_{90} - t_{10} \approx t_F$ . La primera iteración de  $f_c$  se obtiene con la fórmula siguiente:

$$f_c = \frac{\pi}{10 \times t_F}$$

Las constantes de Bessel E y K se calcularán mediante las ecuaciones siguientes:

$$E = \frac{1}{(1 + \Omega \times \sqrt{(3 \times D) + D \times \Omega^2})}$$

$$K = 2 \times E \times (D \times \Omega^2 - 1) - 1$$

donde:

$$D = 0,618034$$

$$\Delta t = \frac{1}{f_s}$$

$$\Omega = \frac{1}{[\tan(\pi \times \Delta t \times f_c)]}$$

## 7.1.2. Cálculo del algoritmo de Bessel

Utilizando los valores de E y K, la respuesta promediada de Bessel en 1 s a una entrada escalonada  $S_i$  se calculará de la manera siguiente:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

donde:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

Los tiempos  $t_{10}$  y  $t_{90}$  se interpolarán. La diferencia de tiempo entre  $t_{90}$  y  $t_{10}$  determina el tiempo de respuesta  $t_F$  para ese valor de  $f_c$ . Si ese tiempo de respuesta no se acerca suficientemente al tiempo de respuesta requerido, deberá continuarse la iteración hasta que el tiempo de respuesta efectivo se encuentre dentro de un margen del 1 % del tiempo de respuesta requerido, es decir:

$$[(t_{90} - t_{10}) - t_F] \leq 0,01 \times t_F$$

## 7.2. Evaluación de los datos

La frecuencia de muestreo de los valores de medición del humo será como mínimo de 20 Hz.

## 7.3. Determinación del humo

### 7.3.1. Conversión de datos

Como la unidad de medición básica de todos los opacímetros es la transmitancia, los valores de humo se convertirán del coeficiente de transmitancia ( $\tau$ ) al coeficiente de absorción de luz ( $k$ ) de la manera siguiente:

$$k = -\frac{1}{L_A} \times \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

y

$$N = 100 - \tau$$

donde:

$k$  = coeficiente de absorción de luz, en  $m^{-1}$

$L_A$  = longitud efectiva del camino óptico, especificada por el fabricante del instrumento, en m

$N$  = opacidad, en %

$\tau$  = transmitancia, en %

La conversión deberá hacerse antes de procesar cualquier otro dato.

### 7.3.2. Cálculo del valor del humo promediado de Bessel

La frecuencia de corte adecuada  $f_c$  es la que produce el tiempo de respuesta requerido  $t_F$  del filtro. Una vez que se ha determinado esta frecuencia mediante el proceso iterativo descrito en el punto 7.1.1, se calcularán las constantes adecuadas  $E$  y  $K$  del algoritmo de Bessel. A continuación se aplicará el algoritmo de Bessel a la curva instantánea del humo (valor  $k$ ), como se indica en el punto 7.1.2:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

El algoritmo de Bessel es de naturaleza recursiva. Por lo tanto, son necesarios unos valores iniciales de entrada,  $S_{i-1}$  y  $S_{i-2}$ , y unos valores iniciales de salida,  $Y_{i-1}$  y  $Y_{i-2}$ , para poder iniciar el algoritmo. Puede considerarse que esos valores son 0.

Para cada fase de carga de los tres regímenes A, B y C, se seleccionará el valor máximo  $Y_{m\acute{a}x}$  en 1 s a partir de los valores individuales  $Y_i$  de cada curva del humo.

### 7.3.3. Resultado final

Los valores de humo (SV) medios de cada ciclo (régimen de ensayo) se calcularán de la manera siguiente:

$$\text{Para el régimen de ensayo A: } SV_A = (Y_{m\acute{a}x1,A} + Y_{m\acute{a}x2,A} + Y_{m\acute{a}x3,A})/3$$

Para el régimen de ensayo B:  $SV_B = (Y_{\text{máx1,B}} + Y_{\text{máx2,B}} + Y_{\text{máx3,B}})/3$

Para el régimen de ensayo C:  $SV_C = (Y_{\text{máx1,C}} + Y_{\text{máx2,C}} + Y_{\text{máx3,C}})/3$

donde:

$Y_{\text{máx1}}, Y_{\text{máx2}}, Y_{\text{máx3}}$  = valor del humo máximo promediado de Bessel en 1 s para cada una de las tres fases de carga

El valor final se calculará de la manera siguiente:

$$SV = (0,43 \cdot SV_A) + (0,56 \cdot SV_B) + (0,01 \cdot SV_C)$$

---

## Apéndice 2

**Ciclo de ensayo ETC****1. PROCEDIMIENTO DE CARTOGRAFÍA DEL MOTOR****1.1. Determinación del intervalo de regímenes para cartografiar el motor**

Para generar el ETC en la celda de ensayo, es preciso cartografiar el motor antes del ciclo de ensayo para determinar la curva del régimen en función del par. 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 régimen al que el par a plena carga se reduce a cero (el que sea menor).

**1.2. Determinación de la gráfica de la potencia 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 cartografiará de la manera siguiente:

- a) Se pone en funcionamiento el motor sin carga y al régimen de ralentí.
- b) Se hace funcionar el motor a plena carga de la bomba de inyección y al régimen mínimo de la cartografía.
- c) Se aumenta el régimen del motor a un ritmo medio de  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  del régimen mínimo al régimen máximo de la cartografía. Se registran los puntos del régimen y del par con una frecuencia de muestreo de al menos un punto por segundo.

**1.3. Generación de la curva gráfica**

Todos los puntos de datos registrados de conformidad con el punto 1.2 del presente apéndice se conectarán mediante interpolación lineal entre puntos. La curva de par resultante es la curva gráfica que se utilizará para convertir los valores de par normalizados del ciclo del motor en valores de par efectivos para el ciclo de ensayo, tal como se describe en el punto 2 del presente apéndice.

**1.4. Cartografía alternativa**

Si un fabricante considera que las técnicas cartográficas anteriores no son seguras o no son representativas de un motor concreto, podrán utilizarse técnicas cartográficas alternativas. 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 a las técnicas cartográficas especificadas en el presente punto por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por el servicio técnico, y deberá justificarse su uso. No obstante, en ningún caso se utilizarán barridos continuos descendentes del régimen del motor en el caso de motores regulados o turboalimentados.

**1.5. Repetición de ensayos**

No es preciso cartografiar un motor antes de cada ciclo de ensayo. Un motor debe volverse a cartografiar antes de un ciclo de ensayo si:

- a) según una valoración técnica, ha transcurrido excesivo tiempo desde la última cartografía,  
o bien
- b) se han efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en sus prestaciones.

## 2. GENERACIÓN DEL CICLO DE ENSAYO DE REFERENCIA

El ciclo de ensayo de transición se describe en el apéndice 3 del presente anexo. Los valores normalizados de par y de régimen deberán cambiarse, como se explica a continuación, por los valores efectivos que se obtengan en el ciclo de referencia.

### 2.1. Régimen efectivo

El régimen se desnormalizará mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Régimen efectivo} = \frac{\% \text{ régimen (régimen de referencia - régimen de ralentí)}}{100} + \text{régimen de ralentí}$$

El régimen de referencia ( $n_{\text{ref}}$ ) corresponde a los valores del régimen al 100 % especificados en el programa dinamométrico del motor del apéndice 3. Se define de la manera siguiente (véase la figura 1 del punto 2):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{lo}} + 95 \% \cdot (n_{\text{hi}} - n_{\text{lo}})$$

donde  $n_{\text{hi}}$  y  $n_{\text{lo}}$  se especifican de conformidad con el punto 2, o bien se determinan con arreglo al punto 1.1 del apéndice 1 del presente anexo.

### 2.2. Par efectivo

El par está normalizado con el par máximo al régimen respectivo. Es preciso desnormalizar los valores de par del ciclo de referencia, utilizando la curva gráfica determinada de acuerdo con el punto 1.3 del presente apéndice de la manera siguiente:

$$\text{Par efectivo} = (\% \text{ par} \times \text{par máximo})/100$$

para el régimen respectivo determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 2.1 del presente apéndice.

Los valores de par negativos de los puntos motrices («m») integrarán, a efectos de la generación del ciclo de referencia, los valores desnormalizados determinados de una de las maneras siguientes:

- 40 % negativo del par positivo disponible en el punto de régimen correspondiente;
- cartografía del par negativo necesario para que el motor pase del régimen mínimo al régimen máximo de la cartografía;
- determinación del par negativo necesario para mantener el motor al ralentí y a los regímenes de referencia, e interpolación lineal entre esos dos puntos.

### 2.3. Ejemplo del procedimiento de desnormalización

A modo de ejemplo, se desnormalizará el punto de ensayo siguiente:

$$\text{Porcentaje de régimen} = 43$$

$$\text{Porcentaje de par} = 82$$

Teniendo en cuenta los valores siguientes:

$$\text{régimen de referencia} = 2\,200 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{régimen de ralentí} = 600 \text{ min}^{-1}$$

se obtiene:

$$\text{el régimen efectivo} = [43 \times (2\,200 - 600)/100] + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{el par efectivo} = (82 \times 700/100) = 574 \text{ Nm}$$

donde el par máximo observado en la gráfica a  $1\,288 \text{ min}^{-1}$  es de 700 Nm.

### 3. ENSAYO DE EMISIONES

A petición del fabricante, podrá efectuarse un periodo de ensayo simulado para acondicionar el motor y el sistema de escape antes del ciclo de medición.

Los motores de GN y de GLP se rodarán con el ensayo ETC. El motor deberá funcionar durante un mínimo de dos ciclos ETC, hasta que la emisión de CO medida durante un ciclo ETC no supere en más de un 10 % la emisión de CO medida durante el ciclo ETC anterior.

#### 3.1. Preparación de los filtros de muestreo (si procede)

Al menos una hora antes del ensayo, se introducirá cada filtro en una cápsula de Petri, parcialmente cubierta, que esté protegida de la contaminación por polvo, y se colocará en una cámara de pesaje para su estabilización. Una vez finalizado el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro en una cápsula de Petri cerrada o en un portafiltros sellado 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.

#### 3.2. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las prescripciones. El tubo de escape se conectará al sistema de dilución de flujo total, si se utiliza.

#### 3.3. 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 todas las temperaturas y presiones se hayan estabilizado a la potencia máxima, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas.

#### 3.4. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas (sólo para motores diésel)

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha y se hará funcionar en derivación. El nivel de fondo de partículas 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 efectuarse una medición antes o después del ensayo. Si no se filtra el aire de dilución, será posible efectuar mediciones al principio y al final del ciclo y promediar los valores obtenidos.

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán hasta que todas las temperaturas y presiones se hayan estabilizado, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas.

Si se efectúa periódicamente un postratamiento regenerativo, no se efectuará la regeneración durante el calentamiento del motor.

#### 3.5. Ajuste del sistema de dilución

Los caudales del sistema de dilución (flujo total o flujo parcial) se configurarán de manera que se elimine la condensación de agua en el sistema y se obtenga una temperatura en la cara del filtro que no supere 325 K (52 °C) (véase el punto 2.3.1 del apéndice 7, túnel de dilución).

#### 3.6. Verificación de los analizadores

Los analizadores se pondrán a cero y se calibrarán con gas patrón. Si se utilizan bolsas de muestreo, deberán evacuarse.

#### 3.7. Procedimiento de puesta en marcha del motor

El motor estabilizado se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque de producción o el dinamómetro. También se puede optar por iniciar el ensayo directamente desde la fase de preacondicionamiento sin parar el motor cuando éste haya alcanzado el régimen de ralentí.

### 3.8. Ciclo de ensayo

#### 3.8.1. Secuencia de ensayo

Se iniciará la secuencia de ensayo cuando el motor haya alcanzado el régimen de ralentí. El ensayo deberá realizarse de conformidad con el ciclo de referencia establecido en el punto 2 del presente apéndice. Los puntos de mando del régimen y del par se emitirán con una frecuencia de 5 Hz o más (se recomienda 10 Hz). Los valores de retorno del régimen y del par del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo, y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

#### 3.8.2. Medición de las emisiones gaseosas

##### 3.8.2.1. Sistema de dilución de flujo total

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de acondicionamiento, se pondrá en marcha el equipo de medición y simultáneamente:

- se empezará a recoger o analizar el aire de dilución;
- se empezará a recoger o analizar el gas de escape diluido;
- se empezarán a medir la cantidad de gas de escape diluido (CVS) y las temperaturas y presiones requeridas;
- se empezarán a registrar los datos de retorno del régimen y del par del dinamómetro.

Los HC y NO<sub>x</sub> se medirán de forma continua en el túnel de dilución con una frecuencia 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 deberá superar 20 s, y estará coordinado con las fluctuaciones de caudal del CVS y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de ensayo, si es preciso. Los niveles de CO, CO<sub>2</sub>, NMHC y CH<sub>4</sub> se determinarán mediante integración o análisis de las concentraciones obtenidas en la bolsa de muestreo durante el ciclo. Las concentraciones de contaminantes gaseosos en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. Todos los demás valores se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

##### 3.8.2.2 Medición del gas de escape bruto

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de acondicionamiento, se pondrá en marcha el equipo de medición y simultáneamente:

- se empezarán a analizar las concentraciones del gas de escape bruto;
- se empezará a medir el caudal del gas de escape o del aire de admisión y del combustible;
- se empezarán a registrar los datos de retorno del régimen y del par del dinamómetro.

Para evaluar las emisiones gaseosas, las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO<sub>x</sub>) y el caudal másico del gas de escape se registrarán y se almacenarán en un sistema informático con una frecuencia de al menos 2 Hz. El tiempo de respuesta del sistema no excederá de 10 segundos. Todos los demás datos podrán registrarse con una frecuencia de muestreo de al menos 1 Hz. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

Para el cálculo de la emisión másica de los componentes gaseosos, se alinearán las curvas de las concentraciones registradas y la curva del caudal másico del gas de escape mediante el tiempo de transformación, tal como se indica en el punto 2 del presente Reglamento. En consecuencia, el tiempo de respuesta de cada analizador de emisiones gaseosas y del sistema del caudal másico del gas de escape se determinará de acuerdo con lo dispuesto en los puntos 4.2.1 y 1.5 del apéndice del presente anexo y se registrarán.

#### 3.8.3. Muestreo de partículas (si procede)

##### 3.8.3.1. Sistema de dilución de flujo total

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de acondicionamiento, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si no se aplica una compensación de caudal, la(s) bomba(s) de muestreo se ajustará(n) de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen de  $\pm 5\%$  del caudal establecido. Si se aplica una compensación de caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de  $\pm 5\%$  respecto a su valor establecido (excepto durante los primeros diez segundos de muestreo).

Para el funcionamiento con doble dilución, el caudal de muestreo es la diferencia neta entre el caudal que pasa por los filtros de muestreo y el caudal del aire de dilución secundario.

Se registrarán la temperatura y la presión medias en la entrada del (de los) caudalímetro(s) de gas o de los instrumentos del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (dentro de un margen de  $\pm 5\%$ ) debido a la elevada carga de partículas del filtro, el ensayo deberá invalidarse y repetirse con un caudal menor y/o un filtro de un diámetro mayor.

### 3.8.3.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

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 punto 3.3 del apéndice 5 del presente anexo. Si el tiempo combinado de transformación de la medición del caudal de escape (véase el punto 4.2.1 del presente apéndice) y del sistema de flujo parcial es  $\leq 0,3$  segundos podrá utilizarse el control en línea. Si el tiempo de transformación es superior a 0,3 segundos, se utilizará un control previo basado en un periodo de ensayo pregrabado. En ese caso, el tiempo de subida será  $\leq 1$  segundo y el tiempo de retraso de la combinación  $\leq 10$  segundos.

La respuesta del sistema completo estará determinada de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas,  $q_{mp,i}$ , proporcional al caudal másico de las emisiones de escape. Para determinar la proporcionalidad, se realizará un análisis de regresión de  $q_{mp,i}$  en relación con  $q_{mew,i}$  a una frecuencia mínima de adquisición de datos de 1 Hz y se cumplirán 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 será superior al 5 % del valor máximo de  $q_{mp}$ ;
- la intersección de la línea de regresión con  $q_{mp}$  no será superior a  $\pm 2\%$  del valor máximo de  $q_{mp}$ .

Existe la opción de realizar un ensayo previo y de utilizar la señal del caudal másico de escape de dicho ensayo para controlar el caudal 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 del caudal másico de las emisiones de escape,  $t_{50,F}$ , o ambos, superan 0,3 segundos. 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 efectivo, con una alineación del tiempo de  $q_{mew,i}$  mediante  $t_{50,F}$  respecto a  $q_{mp,i}$  ( $t_{50,P}$  no contribuye a la alineación del tiempo). 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 punto 3.3 del apéndice 5 del presente anexo.

### 3.8.4. Parada del motor

Si el motor se para en algún momento del ciclo de ensayo, deberá preacondicionarse y arrancarse de nuevo, y deberá repetirse el ensayo. Si durante el ciclo de ensayo se produce un fallo en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo.

### 3.8.5. Operaciones después del ensayo

Una vez finalizado el ensayo, se detendrán la medición del volumen del gas de escape diluido o del caudal de gas de escape bruto, el flujo del gas hacia las bolsas de recogida y la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis integrador, el muestreo deberá continuar hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

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



Después del ensayo de emisiones, se utilizará un gas 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.

### 3.9. Verificación del ensayo

#### 3.9.1. 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, deberán desplazarse en igual medida el régimen y el par en el mismo sentido.

#### 3.9.2. Cálculo del trabajo del ciclo

El trabajo del ciclo efectivo  $W_{act}$  (kWh) se calculará utilizando todos los pares de valores de retorno del régimen y del par registrados. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores de retorno, en caso de que se elija esta opción. El trabajo del ciclo efectivo  $W_{act}$  se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia  $W_{ref}$  y calcular las emisiones específicas del freno (véanse los puntos 5.5 y 6.3 del presente apéndice). Se utilizará la misma metodología para integrar tanto la potencia de referencia como la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar valores situados entre los valores adyacentes de referencia o los valores adyacentes medidos, se empleará la interpolación lineal.

Al integrar el trabajo de referencia y el trabajo del ciclo efectivo, se igualarán a cero y se incluirán todos los valores de par negativos. 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 - 15 % y + 5 % del  $W_{ref}$ .

#### 3.9.3. 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. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores de retorno, en caso de que se elija esta opción. Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación más adecuada tendrá la forma siguiente:

$$y = mx + b$$

donde:

$y$  = valor (efectivo) de retorno del régimen ( $\text{min}^{-1}$ ), del par (Nm) o de la potencia (kW)

$m$  = pendiente de la línea de regresión

$x$  = valor de referencia del régimen ( $\text{min}^{-1}$ ), del par (Nm) o de la potencia (kW)

$b$  = intersección de la línea de regresión con el eje Y

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. Todos los valores de referencia del par negativos y los valores de retorno correspondientes deberán eliminarse del cálculo de las estadísticas de validación del par y de la potencia del ciclo. Para que un ensayo pueda considerarse válido, deberán cumplirse los criterios del cuadro 7.

Cuadro 7

#### Tolerancias de la línea de regresión

|                                              | Régimen                     | Par                                                          | Potencia                                                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Error típico de estimación (SE) de Y sobre X | Máx. $100 \text{ min}^{-1}$ | Máx. 13 % del par máximo del motor en la gráfica de potencia | Máx. 8 % de la potencia máxima del motor en la gráfica de potencia |
| Pendiente de la línea de regresión, m        | 0,95-1,03                   | 0,83-1,03                                                    | 0,89-1,03                                                          |

|                                                       | Régimen                   | Par                                                                         | Potencia                                                                          |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Coefficiente de determinación, $r^2$                  | Mín. 0,9700               | Mín. 0,8800                                                                 | Mín. 0,9100                                                                       |
| Intersección de la línea de regresión con el eje Y, b | $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ | $\pm 20 \text{ Nm}$ o $\pm 2 \%$ del par máximo (el valor que sea superior) | $\pm 4 \text{ kW}$ o $\pm 2 \%$ de la potencia máxima (el valor que sea superior) |

En los análisis de regresión pueden borrarse los puntos especificados en el cuadro 8.

Cuadro 8

**Puntos que pueden borrarse en el análisis de regresión**

| Estado                                                                                                                                                                                                       | Puntos que pueden borrarse |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Plena carga y valor de retorno del par $< 95 \%$ del valor de referencia del par                                                                                                                             | Par y/o potencia           |
| Plena carga y valor de retorno del régimen $< 95 \%$ del valor de referencia del régimen                                                                                                                     | Régimen y/o potencia       |
| Sin carga, régimen distinto del ralentí y valor de retorno del par $>$ valor de referencia del par                                                                                                           | Par y/o potencia           |
| Sin carga, valor de retorno del régimen $\leq$ régimen de ralentí $+ 50 \text{ min}^{-1}$ y valor de retorno del par = par al ralentí definido/medido por el fabricante $\pm 2 \%$ del valor máximo del par. | Régimen y/o potencia       |
| Sin carga, valor de retorno del régimen $>$ régimen al ralentí $+ 50 \text{ min}^{-1}$ y valor de retorno del par $> 105 \%$ del valor de referencia del par                                                 | Par y/o potencia           |
| Sin carga y valor de retorno del régimen $> 105 \%$ del valor de referencia del régimen                                                                                                                      | Régimen y/o potencia       |

#### 4. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL GAS DE ESCAPE

##### 4.1. Determinación del caudal de gas de escape diluido

El caudal total del gas de escape diluido durante el ciclo (kg/ensayo) se calculará a partir de los valores medidos durante el ciclo y de los correspondientes datos de calibración del caudalímetro ( $V_0$  para la PDP,  $K_v$  para el CFV,  $C_d$  para el SSV), tal como se especifican en el punto 2 del apéndice 5 del presente anexo. Se aplicarán las siguientes fórmulas, si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene constante durante todo el ciclo utilizando un intercambiador de calor ( $\pm 6 \text{ K}$  para una PDP-CVS,  $\pm 11 \text{ K}$  para un CFV-CVS o  $\pm 11 \text{ K}$  para un SSV-CVS) (véase el anexo 4A, apéndice 7).

Para el sistema PDP-CVS:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_p \cdot (p_b - p_1) \cdot 273 / (101,3 \cdot T)$$

donde:

$V_0$  = volumen del gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo, en  $\text{m}^3/\text{rev}$ .

$N_p$  = número total de revoluciones de la bomba por ensayo

$p_b$  = presión atmosférica en la celda de ensayo, en kPa

$p_1$  = caída de la presión por debajo de la atmosférica en la entrada de la bomba, en kPa

$T$  = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba durante el ciclo, en K

Para el sistema CFV-CVS:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot t \cdot K_v \cdot p_p / T^{0.5}$$

donde:

$t$  = duración del ciclo, en s

$K_v$  = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar

$p_p$  = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

$T$  = temperatura absoluta en la entrada del venturi, en K

Para el sistema SSV-CVS:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot Q_{SSV}$$

donde:

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

donde:

$A_0$  = conjunto de constantes y conversiones de unidades

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

$d$  = diámetro del cuello del SSV, en m

$C_d$  = coeficiente de descarga del SSV

$p_p$  = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

$T$  = temperatura en la entrada del venturi, en K

$r_p$  = relación del cuello del SSV con la presión estática absoluta de entrada =  $1 - \frac{\Delta p}{P_a}$

$r_D$  = relación del diámetro del cuello del SSV,  $d$ , con el diámetro interior del tubo de entrada  $D$

Si se utiliza un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones máscas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En ese caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente.

Para el sistema PDP-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_{pi} \cdot (p_b - p_1) \cdot 273 / (101,3 \cdot T)$$

donde:

$N_{pi}$  = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

Para el sistema CFV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_v \cdot p_p / T^{0,5}$$

donde:

$\Delta t_i$  = intervalo de tiempo, en s

Para el sistema SSV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t_i$$

donde:

$\Delta t_i$  = intervalo de tiempo, en s

El cálculo en tiempo real se iniciará con un valor razonable de  $C_d$ , por ejemplo, 0,98, o con un valor razonable de  $Q_{SSV}$ . Si el cálculo se inicia 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 Reynolds utilizados para derivar la curva de calibración especificada en el punto 2.4 del apéndice 5 del presente anexo.

#### 4.2. Determinación del caudal máscico del gas de escape bruto

Para calcular las emisiones en el gas de escape bruto y controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesario conocer el caudal máscico del gas de escape. Para determinar el caudal máscico del gas de escape podrá utilizarse cualquiera de los métodos descritos en los puntos 4.2.2 a 4.2.5 del presente apéndice.

#### 4.2.1. Tiempo de respuesta

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 punto 1.5 del apéndice 5 del presente anexo.

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  $\leq 0,3$  segundos. 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 caudal de escape  $\leq 5$  segundos con un tiempo de subida  $\leq 1$  segundo. El fabricante del instrumento especificará el tiempo de respuesta del sistema. Los requisitos combinados de tiempo de respuesta para el caudal del gas de escape y el sistema de dilución de flujo parcial se indican en el punto 3.8.3.2.

#### 4.2.2. Método de medición directa

La medición directa del caudal instantáneo del 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;
- b) un caudalímetro ultrasónico;
- c) un caudalímetro vortex.

Deberán tomarse precauciones para evitar errores de medición que den lugar a valores de emisión erróneos. Entre ellas se incluye la instalación cuidadosa 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 especial, no deberán verse afectadas por la instalación del dispositivo las prestaciones del motor ni las emisiones.

La exactitud de la determinación del caudal de escape será el mayor de estos valores: al menos  $\pm 2,5$  % de la lectura o  $\pm 1,5$  % del valor máximo del motor.

#### 4.2.3. Método de medición del aire y del combustible

Este método implica la medición del caudal de aire y del caudal de combustible. Se utilizarán caudalímetros de aire y de combustible que cumplan el requisito de exactitud del caudal de escape total del punto 4.2.2 del presente apéndice. El cálculo del caudal del gas de escape se realizará de la manera siguiente:

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf}$$

#### 4.2.4. Método de medición con gas trazador

Este método consiste en medir la concentración de un gas trazador en el gas de escape. En el caudal del gas de escape se inyectará una cantidad conocida de un gas inerte (por ejemplo, helio puro) que servirá de gas trazador. El gas de escape se mezclará con el gas trazador y lo diluirá, pero éste 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 ésta 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 caudal del gas de escape se realizará de la manera siguiente:

$$q_{\text{mew},i} = \frac{q_{\text{vt}} \times p_e}{60 \times (c_{\text{mix},i} - c_b)}$$

donde:

$q_{\text{mew},i}$  = caudal másico instantáneo de las emisiones de escape, en kg/s

$q_{\text{vt}}$  = caudal del gas trazador, en cm<sup>3</sup>/min

$c_{\text{mix},i}$  = concentración instantánea del gas trazador después de la mezcla, en ppm

$p_e$  = densidad del gas de escape, en kg/m<sup>3</sup> (véase el cuadro 6)

$c_b$  = concentración de fondo del gas trazador en el aire de admisión, en ppm

La concentración de fondo no deberá tenerse en cuenta si es inferior al 1 % de la concentración del gas trazador después de la mezcla ( $c_{\text{mix},i}$ ) a un caudal de escape máximo.

Todo el sistema deberá respetar las especificaciones de exactitud relativas al caudal del gas de escape y estar calibrado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.7 del apéndice 5 del presente anexo.

#### 4.2.5. Método de medición del caudal de aire y de la relación aire-combustible

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

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{maw},i} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \times \lambda_i} \right)$$

donde:

$$A/F_{\text{st}} = \frac{138,0 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma}$$

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{2} - c_{\text{HCw}} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{\text{CO}_2\text{d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{\text{CO}_2\text{d}}}} \right) \times (c_{\text{CO}_2\text{d}} + c_{\text{COd}} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{\text{CO}_2\text{d}} + c_{\text{COd}} \times 10^{-4} + c_{\text{HCw}} \times 10^{-4})}$$

donde:

$A/F_{\text{st}}$  = relación estequiométrica aire-combustible, en kg/kg

$\lambda$  = Coeficiente de exceso de aire

$c_{\text{CO}_2}$  = concentración seca de CO<sub>2</sub>, en %

$c_{\text{CO}}$  = concentración seca de CO, en ppm

$c_{\text{HC}}$  = concentración de HC, en ppm

El caudalímetro de aire cumplirá las especificaciones de exactitud del punto 2.2 del apéndice 4 del presente anexo, el analizador de CO<sub>2</sub> utilizado cumplirá las especificaciones del punto 3.3.2 del mismo apéndice y todo el sistema cumplirá las especificaciones de exactitud relativas al caudal del gas de escape.

Existe también la opción de utilizar un equipo de medición de la relación aire-combustible para medir el coeficiente de exceso de aire —por ejemplo, un sensor de tipo Zirconia—, que cumpla las especificaciones del punto 3.3.6 del apéndice 4 del presente anexo.

## 5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

## 5.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las emisiones gaseosas en el gas de escape diluido, se registrarán las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO<sub>x</sub>) y el caudal másico del gas de escape diluido de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.8.2.1 del presente apéndice y se almacenarán en un sistema informático. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

Para la evaluación de las emisiones gaseosas en el gas de escape bruto, se registrarán las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO<sub>x</sub>) y el caudal másico del gas de escape de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.8.2.2 del presente apéndice y se almacenarán en un sistema informático. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

## 5.2. Corrección base seca/base húmeda

Si se mide la concentración en base seca, se calculará la concentración en base húmeda mediante la fórmula indicada a continuación. Para una medición continua, se aplicará esta conversión a cada medición instantánea antes de proceder a cualquier otro cálculo.

$$c_w = k_w \times c_d$$

Se aplicarán las ecuaciones de conversión del punto 5.2 del apéndice 1 del presente anexo.

5.3. Corrección de NO<sub>x</sub> en función de la humedad y la temperatura

Como la emisión de NO<sub>x</sub> depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO<sub>x</sub> deberá corregirse en función de la temperatura y la humedad del aire ambiente mediante los factores que figuran en el punto 5.3 del apéndice 1 del presente anexo. Los factores son válidos en el intervalo comprendido entre 0 y 25 g/kg de aire seco.

## 5.4. Cálculo de los caudales másicos de las emisiones

La masa de las emisiones durante el ciclo (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente en función del método de medición aplicado. La concentración medida se calculará en base húmeda con arreglo al punto 5.2 del apéndice 1 del presente anexo, si no se ha medido ya en base húmeda. Se aplicarán los valores respectivos de  $u_{\text{gas}}$  que figuran en el cuadro 6 del apéndice 1 del presente anexo para componentes seleccionados basados en las propiedades del gas ideal y los combustibles pertinentes para el presente Reglamento.

a) Para el gas de escape bruto:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f}$$

donde:

$u_{\text{gas}}$  = relación entre la densidad del componente de escape y la densidad del gas de escape a partir del cuadro 6

$c_{\text{gas},i}$  = concentración instantánea del componente respectivo en el gas de escape bruto, en ppm

$q_{\text{mew},i}$  = caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s

$f$  = frecuencia de muestreo, en Hz

$n$  = número de mediciones

b) Para el gas de escape diluido sin compensación de caudal:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}}$$

donde:

$u_{\text{gas}}$  = relación entre la densidad del componente de escape y la densidad del aire a partir del cuadro 6

$c_{\text{gas}}$  = concentración de fondo media corregida del componente respectivo, en ppm

$m_{\text{ed}}$  = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

- c) Para el gas de escape diluido con compensación de caudal:

$$m_{\text{gas}} = \left[ u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left( c_{e,i} \times q_{\text{mdew},i} \times \frac{1}{f} \right) \right] - \left[ (m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}}) \right]$$

donde:

- $c_{e,i}$  = concentración instantánea del componente respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm  
 $c_d$  = concentración del componente respectivo medida en el aire de dilución, en ppm  
 $q_{\text{mdew},i}$  = caudal másico instantáneo del gas de escape diluido, en kg/s  
 $m_{\text{ed}}$  = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg  
 $u_{\text{gas}}$  = relación entre la densidad del componente de escape y la densidad del aire a partir del cuadro 6  
 $D$  = factor de dilución (véase el punto 5.4.1)

Si es aplicable, la concentración de hidrocarburos no metánicos y  $\text{CH}_4$  se calculará por cualquiera de los métodos indicados en el punto 3.3.4 del apéndice 4 del presente anexo:

- a) Método GC (sólo con el sistema de dilución de flujo total):

$$c_{\text{NMHC}} = c_{\text{HC}} - c_{\text{CH}_4}$$

- b) Método NMC:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(w/oCutter)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/Cutter)}}}{E_E - E_M}$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(w/Cutter)}} - c_{\text{HC(w/oCutter)}} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M}$$

donde:

- $c_{\text{HC(w/Cutter)}}$  = concentración de HC con el gas de muestreo pasando a través del NMC (separador de hidrocarburos no metánicos)  
 $c_{\text{HC(w/oCutter)}}$  = concentración de HC con el gas de muestreo en derivación, sin pasar por el NMC

#### 5.4.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo (sólo con el sistema de dilución de flujo total)

La concentración media de fondo de los contaminantes gaseosos en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente:

$$c = c_e - c_d \times (1 - (1/D))$$

donde:

- $c_e$  = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm  
 $c_d$  = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm  
 $D$  = factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

- a) para motores diésel y motores de gas alimentados con GLP

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2} + (c_{\text{HC}} + c_{\text{CO}}) \times 10^{-4}}$$

- b) para motores de gas alimentados con GN

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}}$$

donde:

- $c_{\text{CO}_2}$  = concentración de  $\text{CO}_2$  en el gas de escape diluido, en % en volumen  
 $c_{\text{HC}}$  = concentración de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1  
 $c_{\text{NMHC}}$  = concentración de NMHC en el gas de escape diluido, en ppm C1  
 $c_{\text{CO}}$  = concentración del CO en el gas de escape diluido, en ppm  
 $F_s$  = factor estequiométrico

Las concentraciones medidas en base seca se calcularán en base húmeda con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.2 del apéndice 1 del presente anexo.

El factor estequiométrico se calculará de la manera siguiente:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2}\right)}$$

donde:

$\alpha$  y  $\varepsilon$  son las relaciones molares respecto a un combustible  $\text{CH}_a\text{O}_\varepsilon$

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

|             |        |
|-------------|--------|
| Fs (diésel) | = 13,4 |
| Fs (GLP)    | = 11,6 |
| Fs (GN)     | = 9,5  |
| Fs (etanol) | = 12,3 |

#### 5.5. Cálculo de las emisiones específicas

Las emisiones (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

- a) todos los componentes, excepto los  $\text{NO}_x$ :

$$M_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}}$$

- b)  $\text{NO}_x$ :

$$M_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}} \times k_h}{W_{\text{act}}}$$

donde:

$W_{\text{act}}$  = trabajo del ciclo efectivo determinado de conformidad con el punto 3.9.2.

##### 5.5.1. Si se utiliza un sistema de postratamiento periódico del gas de escape, las emisiones se ponderarán de la manera siguiente:

$$\overline{M}_{\text{Gas}} = (n1 \times \overline{M}_{\text{Gas},n1} + n2 \times \overline{M}_{\text{Gas},n2}) / (n1 + n2)$$

donde:

- $n1$  = número de ensayos ETC entre dos regeneraciones;  
 $n2$  = número de ensayos ETC durante una regeneración (al menos un ensayo ETC);  
 $M_{\text{gas}, n2}$  = emisiones durante una regeneración;  
 $M_{\text{gas}, n1}$  = emisiones después de una regeneración.

#### 6. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS (SI PROCEDE)

##### 6.1. Evaluación de los datos

El filtro de partículas se volverá a introducir en la cámara de pesaje a más tardar una hora después de finalizar el ensayo. Se acondicionará en una cápsula de Petri parcialmente cubierta y protegida contra la contaminación por polvo durante un tiempo mínimo de una hora y máximo de 80 horas, y a continuación se pesará. Se registrará el peso bruto de los filtros, al que se restará la tara para obtener la masa de la muestra de partículas  $m_f$ . Para evaluar la concentración de partículas se registrará la masa total de la muestra ( $m_{\text{sep}}$ ) que pasa por los filtros a lo largo del ciclo de ensayo.

Si es preciso aplicar una corrección de fondo, se registrarán la masa de aire de dilución ( $m_d$ ) que pasa por los filtros y la masa de partículas ( $m_{f,d}$ ).



## 6.2. Cálculo del caudal másico

### 6.2.1. Sistema de dilución de flujo total

La masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1\,000}$$

donde:

$m_f$  = masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

$m_{sep}$  = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

$m_{ed}$  = masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

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.

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd}$$

donde:

$m_{set}$  = masa del gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas, en kg

$m_{ssd}$  = masa del aire de dilución secundario, en kg

Si el nivel de fondo de partículas del aire de dilución se determina de conformidad con el punto 3.4, se podrá aplicar la corrección de fondo a la masa de partículas. En ese caso, la masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PT} = \left[ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left( \frac{m_d}{m_{fd}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1\,000}$$

donde:

$m_{PT}$ ,  $m_{sep}$ ,  $m_{ed}$  = véase más arriba

$m_d$  = masa del aire de dilución principal sometido al muestreador de partículas de fondo, en kg

$m_{fd}$  = masa de las partículas de fondo recogidas en el aire de dilución principal, en mg

$D$  = factor de dilución, tal como se determina en el punto 5.4.1

### 6.2.2. Sistema de dilución de flujo parcial

La masa de partículas (g/ensayo) se calculará aplicando uno de los métodos siguientes:

$$a) \quad m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1\,000}$$

donde:

$m_f$  = masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

$m_{sep}$  = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

$m_{edf}$  = masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo, en kg

La masa total de gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo se determinará de la siguiente manera:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f}$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})}$$

donde:

$q_{medf,i}$  = caudal másico instantáneo equivalente del gas de escape diluido, en kg/s

- $q_{mew,i}$  = caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s  
 $r_{d,i}$  = relación de dilución instantánea  
 $q_{mdew,i}$  = caudal másico instantáneo del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg/s  
 $q_{mdw,i}$  = Caudal másico instantáneo del aire de dilución, en kg/s  
 $f$  = frecuencia de muestreo, en Hz  
 $n$  = número de mediciones

$$b) \quad m_{PT} = m_f / (r_s \times 1\,000)$$

donde:

- $m_f$  = masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg  
 $r_s$  = relación media de la muestra a lo largo del ciclo

donde:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}}$$

donde:

- $m_{se}$  = masa de la muestra a lo largo del ciclo, en kg  
 $m_{ew}$  = caudal másico de escape total a lo largo del ciclo, en kg  
 $m_{sep}$  = masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg  
 $m_{sed}$  = masa del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg

Nota: En un sistema de muestreo total,  $m_{sep}$  y  $M_{sed}$  son idénticos.

### 6.3. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de partículas (g/kWh) se calculará de la manera siguiente:

$$M_{PT} = \frac{m_{PT}}{W_{act}}$$

donde:

$W_{act}$  = trabajo del ciclo efectivo determinado de conformidad con el punto 3.9.2, en kWh

#### 6.3.1 Si se utiliza un sistema de postratamiento de regeneración periódica, las emisiones se ponderarán de la manera siguiente:

$$\overline{PT} = (n1 \times \overline{PT}_{n1} + n2 \times \overline{PT}_{n2}) / (n1 + n2)$$

donde:

- $n1$  = número de ensayos ETC entre dos regeneraciones;  
 $n2$  = número de ensayos ETC durante una regeneración (al menos un ensayo ETC);  
 $\overline{PT}_{n2}$  = emisiones durante una regeneración;  
 $\overline{PT}_{n1}$  = emisiones al margen de una regeneración.

Apéndice 3

Programa dinamométrico del motor durante el ETC

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1          | 0                  | 0              |
| 2          | 0                  | 0              |
| 3          | 0                  | 0              |
| 4          | 0                  | 0              |
| 5          | 0                  | 0              |
| 6          | 0                  | 0              |
| 7          | 0                  | 0              |
| 8          | 0                  | 0              |
| 9          | 0                  | 0              |
| 10         | 0                  | 0              |
| 11         | 0                  | 0              |
| 12         | 0                  | 0              |
| 13         | 0                  | 0              |
| 14         | 0                  | 0              |
| 15         | 0                  | 0              |
| 16         | 0,1                | 1,5            |
| 17         | 23,1               | 21,5           |
| 18         | 12,6               | 28,5           |
| 19         | 21,8               | 71             |
| 20         | 19,7               | 76,8           |
| 21         | 54,6               | 80,9           |
| 22         | 71,3               | 4,9            |
| 23         | 55,9               | 18,1           |
| 24         | 72                 | 85,4           |
| 25         | 86,7               | 61,8           |
| 26         | 51,7               | 0              |
| 27         | 53,4               | 48,9           |
| 28         | 34,2               | 87,6           |
| 29         | 45,5               | 92,7           |
| 30         | 54,6               | 99,5           |
| 31         | 64,5               | 96,8           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 32         | 71,7               | 85,4           |
| 33         | 79,4               | 54,8           |
| 34         | 89,7               | 99,4           |
| 35         | 57,4               | 0              |
| 36         | 59,7               | 30,6           |
| 37         | 90,1               | «m»            |
| 38         | 82,9               | «m»            |
| 39         | 51,3               | «m»            |
| 40         | 28,5               | «m»            |
| 41         | 29,3               | «m»            |
| 42         | 26,7               | «m»            |
| 43         | 20,4               | «m»            |
| 44         | 14,1               | 0              |
| 45         | 6,5                | 0              |
| 46         | 0                  | 0              |
| 47         | 0                  | 0              |
| 48         | 0                  | 0              |
| 49         | 0                  | 0              |
| 50         | 0                  | 0              |
| 51         | 0                  | 0              |
| 52         | 0                  | 0              |
| 53         | 0                  | 0              |
| 54         | 0                  | 0              |
| 55         | 0                  | 0              |
| 56         | 0                  | 0              |
| 57         | 0                  | 0              |
| 58         | 0                  | 0              |
| 59         | 0                  | 0              |
| 60         | 0                  | 0              |
| 61         | 0                  | 0              |
| 62         | 25,5               | 11,1           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 63         | 28,5               | 20,9           |
| 64         | 32                 | 73,9           |
| 65         | 4                  | 82,3           |
| 66         | 34,5               | 80,4           |
| 67         | 64,1               | 86             |
| 68         | 58                 | 0              |
| 69         | 50,3               | 83,4           |
| 70         | 66,4               | 99,1           |
| 71         | 81,4               | 99,6           |
| 72         | 88,7               | 73,4           |
| 73         | 52,5               | 0              |
| 74         | 46,4               | 58,5           |
| 75         | 48,6               | 90,9           |
| 76         | 55,2               | 99,4           |
| 77         | 62,3               | 99             |
| 78         | 68,4               | 91,5           |
| 79         | 74,5               | 73,7           |
| 80         | 38                 | 0              |
| 81         | 41,8               | 89,6           |
| 82         | 47,1               | 99,2           |
| 83         | 52,5               | 99,8           |
| 84         | 56,9               | 80,8           |
| 85         | 58,3               | 11,8           |
| 86         | 56,2               | «m»            |
| 87         | 52                 | «m»            |
| 88         | 43,3               | «m»            |
| 89         | 36,1               | «m»            |
| 90         | 27,6               | «m»            |
| 91         | 21,1               | «m»            |
| 92         | 8                  | 0              |
| 93         | 0                  | 0              |
| 94         | 0                  | 0              |
| 95         | 0                  | 0              |
| 96         | 0                  | 0              |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 97         | 0                  | 0              |
| 98         | 0                  | 0              |
| 99         | 0                  | 0              |
| 100        | 0                  | 0              |
| 101        | 0                  | 0              |
| 102        | 0                  | 0              |
| 103        | 0                  | 0              |
| 104        | 0                  | 0              |
| 105        | 0                  | 0              |
| 106        | 0                  | 0              |
| 107        | 0                  | 0              |
| 108        | 11,6               | 14,8           |
| 109        | 0                  | 0              |
| 110        | 27,2               | 74,8           |
| 111        | 17                 | 76,9           |
| 112        | 36                 | 78             |
| 113        | 59,7               | 86             |
| 114        | 80,8               | 17,9           |
| 115        | 49,7               | 0              |
| 116        | 65,6               | 86             |
| 117        | 78,6               | 72,2           |
| 118        | 64,9               | «m»            |
| 119        | 44,3               | «m»            |
| 120        | 51,4               | 83,4           |
| 121        | 58,1               | 97             |
| 122        | 69,3               | 99,3           |
| 123        | 72                 | 20,8           |
| 124        | 72,1               | «m»            |
| 125        | 65,3               | «m»            |
| 126        | 64                 | «m»            |
| 127        | 59,7               | «m»            |
| 128        | 52,8               | «m»            |
| 129        | 45,9               | «m»            |
| 130        | 38,7               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 131        | 32,4               | «m»            |
| 132        | 27                 | «m»            |
| 133        | 21,7               | «m»            |
| 134        | 19,1               | 0,4            |
| 135        | 34,7               | 14             |
| 136        | 16,4               | 48,6           |
| 137        | 0                  | 11,2           |
| 138        | 1,2                | 2,1            |
| 139        | 30,1               | 19,3           |
| 140        | 30                 | 73,9           |
| 141        | 54,4               | 74,4           |
| 142        | 77,2               | 55,6           |
| 143        | 58,1               | 0              |
| 144        | 45                 | 82,1           |
| 145        | 68,7               | 98,1           |
| 146        | 85,7               | 67,2           |
| 147        | 60,2               | 0              |
| 148        | 59,4               | 98             |
| 149        | 72,7               | 99,6           |
| 150        | 79,9               | 45             |
| 151        | 44,3               | 0              |
| 152        | 41,5               | 84,4           |
| 153        | 56,2               | 98,2           |
| 154        | 65,7               | 99,1           |
| 155        | 74,4               | 84,7           |
| 156        | 54,4               | 0              |
| 157        | 47,9               | 89,7           |
| 158        | 54,5               | 99,5           |
| 159        | 62,7               | 96,8           |
| 160        | 62,3               | 0              |
| 161        | 46,2               | 54,2           |
| 162        | 44,3               | 83,2           |
| 163        | 48,2               | 13,3           |
| 164        | 51                 | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 165        | 50                 | «m»            |
| 166        | 49,2               | «m»            |
| 167        | 49,3               | «m»            |
| 168        | 49,9               | «m»            |
| 169        | 51,6               | «m»            |
| 170        | 49,7               | «m»            |
| 171        | 48,5               | «m»            |
| 172        | 50,3               | 72,5           |
| 173        | 51,1               | 84,5           |
| 174        | 54,6               | 64,8           |
| 175        | 56,6               | 76,5           |
| 176        | 58                 | «m»            |
| 177        | 53,6               | «m»            |
| 178        | 40,8               | «m»            |
| 179        | 32,9               | «m»            |
| 180        | 26,3               | «m»            |
| 181        | 20,9               | «m»            |
| 182        | 10                 | 0              |
| 183        | 0                  | 0              |
| 184        | 0                  | 0              |
| 185        | 0                  | 0              |
| 186        | 0                  | 0              |
| 187        | 0                  | 0              |
| 188        | 0                  | 0              |
| 189        | 0                  | 0              |
| 190        | 0                  | 0              |
| 191        | 0                  | 0              |
| 192        | 0                  | 0              |
| 193        | 0                  | 0              |
| 194        | 0                  | 0              |
| 195        | 0                  | 0              |
| 196        | 0                  | 0              |
| 197        | 0                  | 0              |
| 198        | 0                  | 0              |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 199        | 0                  | 0              |
| 200        | 0                  | 0              |
| 201        | 0                  | 0              |
| 202        | 0                  | 0              |
| 203        | 0                  | 0              |
| 204        | 0                  | 0              |
| 205        | 0                  | 0              |
| 206        | 0                  | 0              |
| 207        | 0                  | 0              |
| 208        | 0                  | 0              |
| 209        | 0                  | 0              |
| 210        | 0                  | 0              |
| 211        | 0                  | 0              |
| 212        | 0                  | 0              |
| 213        | 0                  | 0              |
| 214        | 0                  | 0              |
| 215        | 0                  | 0              |
| 216        | 0                  | 0              |
| 217        | 0                  | 0              |
| 218        | 0                  | 0              |
| 219        | 0                  | 0              |
| 220        | 0                  | 0              |
| 221        | 0                  | 0              |
| 222        | 0                  | 0              |
| 223        | 0                  | 0              |
| 224        | 0                  | 0              |
| 225        | 21,2               | 62,7           |
| 226        | 30,8               | 75,1           |
| 227        | 5,9                | 82,7           |
| 228        | 34,6               | 80,3           |
| 229        | 59,9               | 87             |
| 230        | 84,3               | 86,2           |
| 231        | 68,7               | «m»            |
| 232        | 43,6               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 233        | 41,5               | 85,4           |
| 234        | 49,9               | 94,3           |
| 235        | 60,8               | 99             |
| 236        | 70,2               | 99,4           |
| 237        | 81,1               | 92,4           |
| 238        | 49,2               | 0              |
| 239        | 56                 | 86,2           |
| 240        | 56,2               | 99,3           |
| 241        | 61,7               | 99             |
| 242        | 69,2               | 99,3           |
| 243        | 74,1               | 99,8           |
| 244        | 72,4               | 8,4            |
| 245        | 71,3               | 0              |
| 246        | 71,2               | 9,1            |
| 247        | 67,1               | «m»            |
| 248        | 65,5               | «m»            |
| 249        | 64,4               | «m»            |
| 250        | 62,9               | 25,6           |
| 251        | 62,2               | 35,6           |
| 252        | 62,9               | 24,4           |
| 253        | 58,8               | «m»            |
| 254        | 56,9               | «m»            |
| 255        | 54,5               | «m»            |
| 256        | 51,7               | 17             |
| 257        | 56,2               | 78,7           |
| 258        | 59,5               | 94,7           |
| 259        | 65,5               | 99,1           |
| 260        | 71,2               | 99,5           |
| 261        | 76,6               | 99,9           |
| 262        | 79                 | 0              |
| 263        | 52,9               | 97,5           |
| 264        | 53,1               | 99,7           |
| 265        | 59                 | 99,1           |
| 266        | 62,2               | 99             |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 267        | 65                 | 99,1           |
| 268        | 69                 | 83,1           |
| 269        | 69,9               | 28,4           |
| 270        | 70,6               | 12,5           |
| 271        | 68,9               | 8,4            |
| 272        | 69,8               | 9,1            |
| 273        | 69,6               | 7              |
| 274        | 65,7               | «m»            |
| 275        | 67,1               | «m»            |
| 276        | 66,7               | «m»            |
| 277        | 65,6               | «m»            |
| 278        | 64,5               | «m»            |
| 279        | 62,9               | «m»            |
| 280        | 59,3               | «m»            |
| 281        | 54,1               | «m»            |
| 282        | 51,3               | «m»            |
| 283        | 47,9               | «m»            |
| 284        | 43,6               | «m»            |
| 285        | 39,4               | «m»            |
| 286        | 34,7               | «m»            |
| 287        | 29,8               | «m»            |
| 288        | 20,9               | 73,4           |
| 289        | 36,9               | «m»            |
| 290        | 35,5               | «m»            |
| 291        | 20,9               | «m»            |
| 292        | 49,7               | 11,9           |
| 293        | 42,5               | «m»            |
| 294        | 32                 | «m»            |
| 295        | 23,6               | «m»            |
| 296        | 19,1               | 0              |
| 297        | 15,7               | 73,5           |
| 298        | 25,1               | 76,8           |
| 299        | 34,5               | 81,4           |
| 300        | 44,1               | 87,4           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 301        | 52,8               | 98,6           |
| 302        | 63,6               | 99             |
| 303        | 73,6               | 99,7           |
| 304        | 62,2               | «m»            |
| 305        | 29,2               | «m»            |
| 306        | 46,4               | 22             |
| 307        | 47,3               | 13,8           |
| 308        | 47,2               | 12,5           |
| 309        | 47,9               | 11,5           |
| 310        | 47,8               | 35,5           |
| 311        | 49,2               | 83,3           |
| 312        | 52,7               | 96,4           |
| 313        | 57,4               | 99,2           |
| 314        | 61,8               | 99             |
| 315        | 66,4               | 60,9           |
| 316        | 65,8               | «m»            |
| 317        | 59                 | «m»            |
| 318        | 50,7               | «m»            |
| 319        | 41,8               | «m»            |
| 320        | 34,7               | «m»            |
| 321        | 28,7               | «m»            |
| 322        | 25,2               | «m»            |
| 323        | 43                 | 24,8           |
| 324        | 38,7               | 0              |
| 325        | 48,1               | 31,9           |
| 326        | 40,3               | 61             |
| 327        | 42,4               | 52,1           |
| 328        | 46,4               | 47,7           |
| 329        | 46,9               | 30,7           |
| 330        | 46,1               | 23,1           |
| 331        | 45,7               | 23,2           |
| 332        | 45,5               | 31,9           |
| 333        | 46,4               | 73,6           |
| 334        | 51,3               | 60,7           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 335        | 51,3               | 51,1           |
| 336        | 53,2               | 46,8           |
| 337        | 53,9               | 50             |
| 338        | 53,4               | 52,1           |
| 339        | 53,8               | 45,7           |
| 340        | 50,6               | 22,1           |
| 341        | 47,8               | 26             |
| 342        | 41,6               | 17,8           |
| 343        | 38,7               | 29,8           |
| 344        | 35,9               | 71,6           |
| 345        | 34,6               | 47,3           |
| 346        | 34,8               | 80,3           |
| 347        | 35,9               | 87,2           |
| 348        | 38,8               | 90,8           |
| 349        | 41,5               | 94,7           |
| 350        | 47,1               | 99,2           |
| 351        | 53,1               | 99,7           |
| 352        | 46,4               | 0              |
| 353        | 42,5               | 0,7            |
| 354        | 43,6               | 58,6           |
| 355        | 47,1               | 87,5           |
| 356        | 54,1               | 99,5           |
| 357        | 62,9               | 99             |
| 358        | 72,6               | 99,6           |
| 359        | 82,4               | 99,5           |
| 360        | 88                 | 99,4           |
| 361        | 46,4               | 0              |
| 362        | 53,4               | 95,2           |
| 363        | 58,4               | 99,2           |
| 364        | 61,5               | 99             |
| 365        | 64,8               | 99             |
| 366        | 68,1               | 99,2           |
| 367        | 73,4               | 99,7           |
| 368        | 73,3               | 29,8           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 369        | 73,5               | 14,6           |
| 370        | 68,3               | 0              |
| 371        | 45,4               | 49,9           |
| 372        | 47,2               | 75,7           |
| 373        | 44,5               | 9              |
| 374        | 47,8               | 10,3           |
| 375        | 46,8               | 15,9           |
| 376        | 46,9               | 12,7           |
| 377        | 46,8               | 8,9            |
| 378        | 46,1               | 6,2            |
| 379        | 46,1               | «m»            |
| 380        | 45,5               | «m»            |
| 381        | 44,7               | «m»            |
| 382        | 43,8               | «m»            |
| 383        | 41                 | «m»            |
| 384        | 41,1               | 6,4            |
| 385        | 38                 | 6,3            |
| 386        | 35,9               | 0,3            |
| 387        | 33,5               | 0              |
| 388        | 53,1               | 48,9           |
| 389        | 48,3               | «m»            |
| 390        | 49,9               | «m»            |
| 391        | 48                 | «m»            |
| 392        | 45,3               | «m»            |
| 393        | 41,6               | 3,1            |
| 394        | 44,3               | 79             |
| 395        | 44,3               | 89,5           |
| 396        | 43,4               | 98,8           |
| 397        | 44,3               | 98,9           |
| 398        | 43                 | 98,8           |
| 399        | 42,2               | 98,8           |
| 400        | 42,7               | 98,8           |
| 401        | 45                 | 99             |
| 402        | 43,6               | 98,9           |



| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 403        | 42,2               | 98,8           |
| 404        | 44,8               | 99             |
| 405        | 43,4               | 98,8           |
| 406        | 45                 | 99             |
| 407        | 42,2               | 54,3           |
| 408        | 61,2               | 31,9           |
| 409        | 56,3               | 72,3           |
| 410        | 59,7               | 99,1           |
| 411        | 62,3               | 99             |
| 412        | 67,9               | 99,2           |
| 413        | 69,5               | 99,3           |
| 414        | 73,1               | 99,7           |
| 415        | 77,7               | 99,8           |
| 416        | 79,7               | 99,7           |
| 417        | 82,5               | 99,5           |
| 418        | 85,3               | 99,4           |
| 419        | 86,6               | 99,4           |
| 420        | 89,4               | 99,4           |
| 421        | 62,2               | 0              |
| 422        | 52,7               | 96,4           |
| 423        | 50,2               | 99,8           |
| 424        | 49,3               | 99,6           |
| 425        | 52,2               | 99,8           |
| 426        | 51,3               | 100            |
| 427        | 51,3               | 100            |
| 428        | 51,1               | 100            |
| 429        | 51,1               | 100            |
| 430        | 51,8               | 99,9           |
| 431        | 51,3               | 100            |
| 432        | 51,1               | 100            |
| 433        | 51,3               | 100            |
| 434        | 52,3               | 99,8           |
| 435        | 52,9               | 99,7           |
| 436        | 53,8               | 99,6           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 437        | 51,7               | 99,9           |
| 438        | 53,5               | 99,6           |
| 439        | 52                 | 99,8           |
| 440        | 51,7               | 99,9           |
| 441        | 53,2               | 99,7           |
| 442        | 54,2               | 99,5           |
| 443        | 55,2               | 99,4           |
| 444        | 53,8               | 99,6           |
| 445        | 53,1               | 99,7           |
| 446        | 55                 | 99,4           |
| 447        | 57                 | 99,2           |
| 448        | 61,5               | 99             |
| 449        | 59,4               | 5,7            |
| 450        | 59                 | 0              |
| 451        | 57,3               | 59,8           |
| 452        | 64,1               | 99             |
| 453        | 70,9               | 90,5           |
| 454        | 58                 | 0              |
| 455        | 41,5               | 59,8           |
| 456        | 44,1               | 92,6           |
| 457        | 46,8               | 99,2           |
| 458        | 47,2               | 99,3           |
| 459        | 51                 | 100            |
| 460        | 53,2               | 99,7           |
| 461        | 53,1               | 99,7           |
| 462        | 55,9               | 53,1           |
| 463        | 53,9               | 13,9           |
| 464        | 52,5               | «m»            |
| 465        | 51,7               | «m»            |
| 466        | 51,5               | 52,2           |
| 467        | 52,8               | 80             |
| 468        | 54,9               | 95             |
| 469        | 57,3               | 99,2           |
| 470        | 60,7               | 99,1           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 471        | 62,4               | «m»            |
| 472        | 60,1               | «m»            |
| 473        | 53,2               | «m»            |
| 474        | 44                 | «m»            |
| 475        | 35,2               | «m»            |
| 476        | 30,5               | «m»            |
| 477        | 26,5               | «m»            |
| 478        | 22,5               | «m»            |
| 479        | 20,4               | «m»            |
| 480        | 19,1               | «m»            |
| 481        | 19,1               | «m»            |
| 482        | 13,4               | «m»            |
| 483        | 6,7                | «m»            |
| 484        | 3,2                | «m»            |
| 485        | 14,3               | 63,8           |
| 486        | 34,1               | 0              |
| 487        | 23,9               | 75,7           |
| 488        | 31,7               | 79,2           |
| 489        | 32,1               | 19,4           |
| 490        | 35,9               | 5,8            |
| 491        | 36,6               | 0,8            |
| 492        | 38,7               | «m»            |
| 493        | 38,4               | «m»            |
| 494        | 39,4               | «m»            |
| 495        | 39,7               | «m»            |
| 496        | 40,5               | «m»            |
| 497        | 40,8               | «m»            |
| 498        | 39,7               | «m»            |
| 499        | 39,2               | «m»            |
| 500        | 38,7               | «m»            |
| 501        | 32,7               | «m»            |
| 502        | 30,1               | «m»            |
| 503        | 21,9               | «m»            |
| 504        | 12,8               | 0              |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 505        | 0                  | 0              |
| 506        | 0                  | 0              |
| 507        | 0                  | 0              |
| 508        | 0                  | 0              |
| 509        | 0                  | 0              |
| 510        | 0                  | 0              |
| 511        | 0                  | 0              |
| 512        | 0                  | 0              |
| 513        | 0                  | 0              |
| 514        | 30,5               | 25,6           |
| 515        | 19,7               | 56,9           |
| 516        | 16,3               | 45,1           |
| 517        | 27,2               | 4,6            |
| 518        | 21,7               | 1,3            |
| 519        | 29,7               | 28,6           |
| 520        | 36,6               | 73,7           |
| 521        | 61,3               | 59,5           |
| 522        | 40,8               | 0              |
| 523        | 36,6               | 27,8           |
| 524        | 39,4               | 80,4           |
| 525        | 51,3               | 88,9           |
| 526        | 58,5               | 11,1           |
| 527        | 60,7               | «m»            |
| 528        | 54,5               | «m»            |
| 529        | 51,3               | «m»            |
| 530        | 45,5               | «m»            |
| 531        | 40,8               | «m»            |
| 532        | 38,9               | «m»            |
| 533        | 36,6               | «m»            |
| 534        | 36,1               | 72,7           |
| 535        | 44,8               | 78,9           |
| 536        | 51,6               | 91,1           |
| 537        | 59,1               | 99,1           |
| 538        | 66                 | 99,1           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 539        | 75,1               | 99,9           |
| 540        | 81                 | 8              |
| 541        | 39,1               | 0              |
| 542        | 53,8               | 89,7           |
| 543        | 59,7               | 99,1           |
| 544        | 64,8               | 99             |
| 545        | 70,6               | 96,1           |
| 546        | 72,6               | 19,6           |
| 547        | 72                 | 6,3            |
| 548        | 68,9               | 0,1            |
| 549        | 67,7               | «m»            |
| 550        | 66,8               | «m»            |
| 551        | 64,3               | 16,9           |
| 552        | 64,9               | 7              |
| 553        | 63,6               | 12,5           |
| 554        | 63                 | 7,7            |
| 555        | 64,4               | 38,2           |
| 556        | 63                 | 11,8           |
| 557        | 63,6               | 0              |
| 558        | 63,3               | 5              |
| 559        | 60,1               | 9,1            |
| 560        | 61                 | 8,4            |
| 561        | 59,7               | 0,9            |
| 562        | 58,7               | «m»            |
| 563        | 56                 | «m»            |
| 564        | 53,9               | «m»            |
| 565        | 52,1               | «m»            |
| 566        | 49,9               | «m»            |
| 567        | 46,4               | «m»            |
| 568        | 43,6               | «m»            |
| 569        | 40,8               | «m»            |
| 570        | 37,5               | «m»            |
| 571        | 27,8               | «m»            |
| 572        | 17,1               | 0,6            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 573        | 12,2               | 0,9            |
| 574        | 11,5               | 1,1            |
| 575        | 8,7                | 0,5            |
| 576        | 8                  | 0,9            |
| 577        | 5,3                | 0,2            |
| 578        | 4                  | 0              |
| 579        | 3,9                | 0              |
| 580        | 0                  | 0              |
| 581        | 0                  | 0              |
| 582        | 0                  | 0              |
| 583        | 0                  | 0              |
| 584        | 0                  | 0              |
| 585        | 0                  | 0              |
| 586        | 0                  | 0              |
| 587        | 8,7                | 22,8           |
| 588        | 16,2               | 49,4           |
| 589        | 23,6               | 56             |
| 590        | 21,1               | 56,1           |
| 591        | 23,6               | 56             |
| 592        | 46,2               | 68,8           |
| 593        | 68,4               | 61,2           |
| 594        | 58,7               | «m»            |
| 595        | 31,6               | «m»            |
| 596        | 19,9               | 8,8            |
| 597        | 32,9               | 70,2           |
| 598        | 43                 | 79             |
| 599        | 57,4               | 98,9           |
| 600        | 72,1               | 73,8           |
| 601        | 53                 | 0              |
| 602        | 48,1               | 86             |
| 603        | 56,2               | 99             |
| 604        | 65,4               | 98,9           |
| 605        | 72,9               | 99,7           |
| 606        | 67,5               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 607        | 39                 | «m»            |
| 608        | 41,9               | 38,1           |
| 609        | 44,1               | 80,4           |
| 610        | 46,8               | 99,4           |
| 611        | 48,7               | 99,9           |
| 612        | 50,5               | 99,7           |
| 613        | 52,5               | 90,3           |
| 614        | 51                 | 1,8            |
| 615        | 50                 | «m»            |
| 616        | 49,1               | «m»            |
| 617        | 47                 | «m»            |
| 618        | 43,1               | «m»            |
| 619        | 39,2               | «m»            |
| 620        | 40,6               | 0,5            |
| 621        | 41,8               | 53,4           |
| 622        | 44,4               | 65,1           |
| 623        | 48,1               | 67,8           |
| 624        | 53,8               | 99,2           |
| 625        | 58,6               | 98,9           |
| 626        | 63,6               | 98,8           |
| 627        | 68,5               | 99,2           |
| 628        | 72,2               | 89,4           |
| 629        | 77,1               | 0              |
| 630        | 57,8               | 79,1           |
| 631        | 60,3               | 98,8           |
| 632        | 61,9               | 98,8           |
| 633        | 63,8               | 98,8           |
| 634        | 64,7               | 98,9           |
| 635        | 65,4               | 46,5           |
| 636        | 65,7               | 44,5           |
| 637        | 65,6               | 3,5            |
| 638        | 49,1               | 0              |
| 639        | 50,4               | 73,1           |
| 640        | 50,5               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 641        | 51                 | «m»            |
| 642        | 49,4               | «m»            |
| 643        | 49,2               | «m»            |
| 644        | 48,6               | «m»            |
| 645        | 47,5               | «m»            |
| 646        | 46,5               | «m»            |
| 647        | 46                 | 11,3           |
| 648        | 45,6               | 42,8           |
| 649        | 47,1               | 83             |
| 650        | 46,2               | 99,3           |
| 651        | 47,9               | 99,7           |
| 652        | 49,5               | 99,9           |
| 653        | 50,6               | 99,7           |
| 654        | 51                 | 99,6           |
| 655        | 53                 | 99,3           |
| 656        | 54,9               | 99,1           |
| 657        | 55,7               | 99             |
| 658        | 56                 | 99             |
| 659        | 56,1               | 9,3            |
| 660        | 55,6               | «m»            |
| 661        | 55,4               | «m»            |
| 662        | 54,9               | 51,3           |
| 663        | 54,9               | 59,8           |
| 664        | 54                 | 39,3           |
| 665        | 53,8               | «m»            |
| 666        | 52                 | «m»            |
| 667        | 50,4               | «m»            |
| 668        | 50,6               | 0              |
| 669        | 49,3               | 41,7           |
| 670        | 50                 | 73,2           |
| 671        | 50,4               | 99,7           |
| 672        | 51,9               | 99,5           |
| 673        | 53,6               | 99,3           |
| 674        | 54,6               | 99,1           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 675        | 56                 | 99             |
| 676        | 55,8               | 99             |
| 677        | 58,4               | 98,9           |
| 678        | 59,9               | 98,8           |
| 679        | 60,9               | 98,8           |
| 680        | 63                 | 98,8           |
| 681        | 64,3               | 98,9           |
| 682        | 64,8               | 64             |
| 683        | 65,9               | 46,5           |
| 684        | 66,2               | 28,7           |
| 685        | 65,2               | 1,8            |
| 686        | 65                 | 6,8            |
| 687        | 63,6               | 53,6           |
| 688        | 62,4               | 82,5           |
| 689        | 61,8               | 98,8           |
| 690        | 59,8               | 98,8           |
| 691        | 59,2               | 98,8           |
| 692        | 59,7               | 98,8           |
| 693        | 61,2               | 98,8           |
| 694        | 62,2               | 49,4           |
| 695        | 62,8               | 37,2           |
| 696        | 63,5               | 46,3           |
| 697        | 64,7               | 72,3           |
| 698        | 64,7               | 72,3           |
| 699        | 65,4               | 77,4           |
| 700        | 66,1               | 69,3           |
| 701        | 64,3               | «m»            |
| 702        | 64,3               | «m»            |
| 703        | 63                 | «m»            |
| 704        | 62,2               | «m»            |
| 705        | 61,6               | «m»            |
| 706        | 62,4               | «m»            |
| 707        | 62,2               | «m»            |
| 708        | 61                 | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 709        | 58,7               | «m»            |
| 710        | 55,5               | «m»            |
| 711        | 51,7               | «m»            |
| 712        | 49,2               | «m»            |
| 713        | 48,8               | 40,4           |
| 714        | 47,9               | «m»            |
| 715        | 46,2               | «m»            |
| 716        | 45,6               | 9,8            |
| 717        | 45,6               | 34,5           |
| 718        | 45,5               | 37,1           |
| 719        | 43,8               | «m»            |
| 720        | 41,9               | «m»            |
| 721        | 41,3               | «m»            |
| 722        | 41,4               | «m»            |
| 723        | 41,2               | «m»            |
| 724        | 41,8               | «m»            |
| 725        | 41,8               | «m»            |
| 726        | 43,2               | 17,4           |
| 727        | 45                 | 29             |
| 728        | 44,2               | «m»            |
| 729        | 43,9               | «m»            |
| 730        | 38                 | 10,7           |
| 731        | 56,8               | «m»            |
| 732        | 57,1               | «m»            |
| 733        | 52                 | «m»            |
| 734        | 44,4               | «m»            |
| 735        | 40,2               | «m»            |
| 736        | 39,2               | 16,5           |
| 737        | 38,9               | 73,2           |
| 738        | 39,9               | 89,8           |
| 739        | 42,3               | 98,6           |
| 740        | 43,7               | 98,8           |
| 741        | 45,5               | 99,1           |
| 742        | 45,6               | 99,2           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 743        | 48,1               | 99,7           |
| 744        | 49                 | 100            |
| 745        | 49,8               | 99,9           |
| 746        | 49,8               | 99,9           |
| 747        | 51,9               | 99,5           |
| 748        | 52,3               | 99,4           |
| 749        | 53,3               | 99,3           |
| 750        | 52,9               | 99,3           |
| 751        | 54,3               | 99,2           |
| 752        | 55,5               | 99,1           |
| 753        | 56,7               | 99             |
| 754        | 61,7               | 98,8           |
| 755        | 64,3               | 47,4           |
| 756        | 64,7               | 1,8            |
| 757        | 66,2               | «m»            |
| 758        | 49,1               | «m»            |
| 759        | 52,1               | 46             |
| 760        | 52,6               | 61             |
| 761        | 52,9               | 0              |
| 762        | 52,3               | 20,4           |
| 763        | 54,2               | 56,7           |
| 764        | 55,4               | 59,8           |
| 765        | 56,1               | 49,2           |
| 766        | 56,8               | 33,7           |
| 767        | 57,2               | 96             |
| 768        | 58,6               | 98,9           |
| 769        | 59,5               | 98,8           |
| 770        | 61,2               | 98,8           |
| 771        | 62,1               | 98,8           |
| 772        | 62,7               | 98,8           |
| 773        | 62,8               | 98,8           |
| 774        | 64                 | 98,9           |
| 775        | 63,2               | 46,3           |
| 776        | 62,4               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 777        | 60,3               | «m»            |
| 778        | 58,7               | «m»            |
| 779        | 57,2               | «m»            |
| 780        | 56,1               | «m»            |
| 781        | 56                 | 9,3            |
| 782        | 55,2               | 26,3           |
| 783        | 54,8               | 42,8           |
| 784        | 55,7               | 47,1           |
| 785        | 56,6               | 52,4           |
| 786        | 58                 | 50,3           |
| 787        | 58,6               | 20,6           |
| 788        | 58,7               | «m»            |
| 789        | 59,3               | «m»            |
| 790        | 58,6               | «m»            |
| 791        | 60,5               | 9,7            |
| 792        | 59,2               | 9,6            |
| 793        | 59,9               | 9,6            |
| 794        | 59,6               | 9,6            |
| 795        | 59,9               | 6,2            |
| 796        | 59,9               | 9,6            |
| 797        | 60,5               | 13,1           |
| 798        | 60,3               | 20,7           |
| 799        | 59,9               | 31             |
| 800        | 60,5               | 42             |
| 801        | 61,5               | 52,5           |
| 802        | 60,9               | 51,4           |
| 803        | 61,2               | 57,7           |
| 804        | 62,8               | 98,8           |
| 805        | 63,4               | 96,1           |
| 806        | 64,6               | 45,4           |
| 807        | 64,1               | 5              |
| 808        | 63                 | 3,2            |
| 809        | 62,7               | 14,9           |
| 810        | 63,5               | 35,8           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 811        | 64,1               | 73,3           |
| 812        | 64,3               | 37,4           |
| 813        | 64,1               | 21             |
| 814        | 63,7               | 21             |
| 815        | 62,9               | 18             |
| 816        | 62,4               | 32,7           |
| 817        | 61,7               | 46,2           |
| 818        | 59,8               | 45,1           |
| 819        | 57,4               | 43,9           |
| 820        | 54,8               | 42,8           |
| 821        | 54,3               | 65,2           |
| 822        | 52,9               | 62,1           |
| 823        | 52,4               | 30,6           |
| 824        | 50,4               | «m»            |
| 825        | 48,6               | «m»            |
| 826        | 47,9               | «m»            |
| 827        | 46,8               | «m»            |
| 828        | 46,9               | 9,4            |
| 829        | 49,5               | 41,7           |
| 830        | 50,5               | 37,8           |
| 831        | 52,3               | 20,4           |
| 832        | 54,1               | 30,7           |
| 833        | 56,3               | 41,8           |
| 834        | 58,7               | 26,5           |
| 835        | 57,3               | «m»            |
| 836        | 59                 | «m»            |
| 837        | 59,8               | «m»            |
| 838        | 60,3               | «m»            |
| 839        | 61,2               | «m»            |
| 840        | 61,8               | «m»            |
| 841        | 62,5               | «m»            |
| 842        | 62,4               | «m»            |
| 843        | 61,5               | «m»            |
| 844        | 63,7               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 845        | 61,9               | «m»            |
| 846        | 61,6               | 29,7           |
| 847        | 60,3               | «m»            |
| 848        | 59,2               | «m»            |
| 849        | 57,3               | «m»            |
| 850        | 52,3               | «m»            |
| 851        | 49,3               | «m»            |
| 852        | 47,3               | «m»            |
| 853        | 46,3               | 38,8           |
| 854        | 46,8               | 35,1           |
| 855        | 46,6               | «m»            |
| 856        | 44,3               | «m»            |
| 857        | 43,1               | «m»            |
| 858        | 42,4               | 2,1            |
| 859        | 41,8               | 2,4            |
| 860        | 43,8               | 68,8           |
| 861        | 44,6               | 89,2           |
| 862        | 46                 | 99,2           |
| 863        | 46,9               | 99,4           |
| 864        | 47,9               | 99,7           |
| 865        | 50,2               | 99,8           |
| 866        | 51,2               | 99,6           |
| 867        | 52,3               | 99,4           |
| 868        | 53                 | 99,3           |
| 869        | 54,2               | 99,2           |
| 870        | 55,5               | 99,1           |
| 871        | 56,7               | 99             |
| 872        | 57,3               | 98,9           |
| 873        | 58                 | 98,9           |
| 874        | 60,5               | 31,1           |
| 875        | 60,2               | «m»            |
| 876        | 60,3               | «m»            |
| 877        | 60,5               | 6,3            |
| 878        | 61,4               | 19,3           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 879        | 60,3               | 1,2            |
| 880        | 60,5               | 2,9            |
| 881        | 61,2               | 34,1           |
| 882        | 61,6               | 13,2           |
| 883        | 61,5               | 16,4           |
| 884        | 61,2               | 16,4           |
| 885        | 61,3               | «m»            |
| 886        | 63,1               | «m»            |
| 887        | 63,2               | 4,8            |
| 888        | 62,3               | 22,3           |
| 889        | 62                 | 38,5           |
| 890        | 61,6               | 29,6           |
| 891        | 61,6               | 26,6           |
| 892        | 61,8               | 28,1           |
| 893        | 62                 | 29,6           |
| 894        | 62                 | 16,3           |
| 895        | 61,1               | «m»            |
| 896        | 61,2               | «m»            |
| 897        | 60,7               | 19,2           |
| 898        | 60,7               | 32,5           |
| 899        | 60,9               | 17,8           |
| 900        | 60,1               | 19,2           |
| 901        | 59,3               | 38,2           |
| 902        | 59,9               | 45             |
| 903        | 59,4               | 32,4           |
| 904        | 59,2               | 23,5           |
| 905        | 59,5               | 40,8           |
| 906        | 58,3               | «m»            |
| 907        | 58,2               | «m»            |
| 908        | 57,6               | «m»            |
| 909        | 57,1               | «m»            |
| 910        | 57                 | 0,6            |
| 911        | 57                 | 26,3           |
| 912        | 56,5               | 29,2           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 913        | 56,3               | 20,5           |
| 914        | 56,1               | «m»            |
| 915        | 55,2               | «m»            |
| 916        | 54,7               | 17,5           |
| 917        | 55,2               | 29,2           |
| 918        | 55,2               | 29,2           |
| 919        | 55,9               | 16             |
| 920        | 55,9               | 26,3           |
| 921        | 56,1               | 36,5           |
| 922        | 55,8               | 19             |
| 923        | 55,9               | 9,2            |
| 924        | 55,8               | 21,9           |
| 925        | 56,4               | 42,8           |
| 926        | 56,4               | 38             |
| 927        | 56,4               | 11             |
| 928        | 56,4               | 35,1           |
| 929        | 54                 | 7,3            |
| 930        | 53,4               | 5,4            |
| 931        | 52,3               | 27,6           |
| 932        | 52,1               | 32             |
| 933        | 52,3               | 33,4           |
| 934        | 52,2               | 34,9           |
| 935        | 52,8               | 60,1           |
| 936        | 53,7               | 69,7           |
| 937        | 54                 | 70,7           |
| 938        | 55,1               | 71,7           |
| 939        | 55,2               | 46             |
| 940        | 54,7               | 12,6           |
| 941        | 52,5               | 0              |
| 942        | 51,8               | 24,7           |
| 943        | 51,4               | 43,9           |
| 944        | 50,9               | 71,1           |
| 945        | 51,2               | 76,8           |
| 946        | 50,3               | 87,5           |



| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 947        | 50,2               | 99,8           |
| 948        | 50,9               | 100            |
| 949        | 49,9               | 99,7           |
| 950        | 50,9               | 100            |
| 951        | 49,8               | 99,7           |
| 952        | 50,4               | 99,8           |
| 953        | 50,4               | 99,8           |
| 954        | 49,7               | 99,7           |
| 955        | 51                 | 100            |
| 956        | 50,3               | 99,8           |
| 957        | 50,2               | 99,8           |
| 958        | 49,9               | 99,7           |
| 959        | 50,9               | 100            |
| 960        | 50                 | 99,7           |
| 961        | 50,2               | 99,8           |
| 962        | 50,2               | 99,8           |
| 963        | 49,9               | 99,7           |
| 964        | 50,4               | 99,8           |
| 965        | 50,2               | 99,8           |
| 966        | 50,3               | 99,8           |
| 967        | 49,9               | 99,7           |
| 968        | 51,1               | 100            |
| 969        | 50,6               | 99,9           |
| 970        | 49,9               | 99,7           |
| 971        | 49,6               | 99,6           |
| 972        | 49,4               | 99,6           |
| 973        | 49                 | 99,5           |
| 974        | 49,8               | 99,7           |
| 975        | 50,9               | 100            |
| 976        | 50,4               | 99,8           |
| 977        | 49,8               | 99,7           |
| 978        | 49,1               | 99,5           |
| 979        | 50,4               | 99,8           |
| 980        | 49,8               | 99,7           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 981        | 49,3               | 99,5           |
| 982        | 49,1               | 99,5           |
| 983        | 49,9               | 99,7           |
| 984        | 49,1               | 99,5           |
| 985        | 50,4               | 99,8           |
| 986        | 50,9               | 100            |
| 987        | 51,4               | 99,9           |
| 988        | 51,5               | 99,9           |
| 989        | 52,2               | 99,7           |
| 990        | 52,8               | 74,1           |
| 991        | 53,3               | 46             |
| 992        | 53,6               | 36,4           |
| 993        | 53,4               | 33,5           |
| 994        | 53,9               | 58,9           |
| 995        | 55,2               | 73,8           |
| 996        | 55,8               | 52,4           |
| 997        | 55,7               | 9,2            |
| 998        | 55,8               | 2,2            |
| 999        | 56,4               | 33,6           |
| 1 000      | 55,4               | «m»            |
| 1 001      | 55,2               | «m»            |
| 1 002      | 55,8               | 26,3           |
| 1 003      | 55,8               | 23,3           |
| 1 004      | 56,4               | 50,2           |
| 1 005      | 57,6               | 68,3           |
| 1 006      | 58,8               | 90,2           |
| 1 007      | 59,9               | 98,9           |
| 1 008      | 62,3               | 98,8           |
| 1 009      | 63,1               | 74,4           |
| 1 010      | 63,7               | 49,4           |
| 1 011      | 63,3               | 9,8            |
| 1 012      | 48                 | 0              |
| 1 013      | 47,9               | 73,5           |
| 1 014      | 49,9               | 99,7           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 015      | 49,9               | 48,8           |
| 1 016      | 49,6               | 2,3            |
| 1 017      | 49,9               | «m»            |
| 1 018      | 49,3               | «m»            |
| 1 019      | 49,7               | 47,5           |
| 1 020      | 49,1               | «m»            |
| 1 021      | 49,4               | «m»            |
| 1 022      | 48,3               | «m»            |
| 1 023      | 49,4               | «m»            |
| 1 024      | 48,5               | «m»            |
| 1 025      | 48,7               | «m»            |
| 1 026      | 48,7               | «m»            |
| 1 027      | 49,1               | «m»            |
| 1 028      | 49                 | «m»            |
| 1 029      | 49,8               | «m»            |
| 1 030      | 48,7               | «m»            |
| 1 031      | 48,5               | «m»            |
| 1 032      | 49,3               | 31,3           |
| 1 033      | 49,7               | 45,3           |
| 1 034      | 48,3               | 44,5           |
| 1 035      | 49,8               | 61             |
| 1 036      | 49,4               | 64,3           |
| 1 037      | 49,8               | 64,4           |
| 1 038      | 50,5               | 65,6           |
| 1 039      | 50,3               | 64,5           |
| 1 040      | 51,2               | 82,9           |
| 1 041      | 50,5               | 86             |
| 1 042      | 50,6               | 89             |
| 1 043      | 50,4               | 81,4           |
| 1 044      | 49,9               | 49,9           |
| 1 045      | 49,1               | 20,1           |
| 1 046      | 47,9               | 24             |
| 1 047      | 48,1               | 36,2           |
| 1 048      | 47,5               | 34,5           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 049      | 46,9               | 30,3           |
| 1 050      | 47,7               | 53,5           |
| 1 051      | 46,9               | 61,6           |
| 1 052      | 46,5               | 73,6           |
| 1 053      | 48                 | 84,6           |
| 1 054      | 47,2               | 87,7           |
| 1 055      | 48,7               | 80             |
| 1 056      | 48,7               | 50,4           |
| 1 057      | 47,8               | 38,6           |
| 1 058      | 48,8               | 63,1           |
| 1 059      | 47,4               | 5              |
| 1 060      | 47,3               | 47,4           |
| 1 061      | 47,3               | 49,8           |
| 1 062      | 46,9               | 23,9           |
| 1 063      | 46,7               | 44,6           |
| 1 064      | 46,8               | 65,2           |
| 1 065      | 46,9               | 60,4           |
| 1 066      | 46,7               | 61,5           |
| 1 067      | 45,5               | «m»            |
| 1 068      | 45,5               | «m»            |
| 1 069      | 44,2               | «m»            |
| 1 070      | 43                 | «m»            |
| 1 071      | 42,5               | «m»            |
| 1 072      | 41                 | «m»            |
| 1 073      | 39,9               | «m»            |
| 1 074      | 39,9               | 38,2           |
| 1 075      | 40,1               | 48,1           |
| 1 076      | 39,9               | 48             |
| 1 077      | 39,4               | 59,3           |
| 1 078      | 43,8               | 19,8           |
| 1 079      | 52,9               | 0              |
| 1 080      | 52,8               | 88,9           |
| 1 081      | 53,4               | 99,5           |
| 1 082      | 54,7               | 99,3           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 083      | 56,3               | 99,1           |
| 1 084      | 57,5               | 99             |
| 1 085      | 59                 | 98,9           |
| 1 086      | 59,8               | 98,9           |
| 1 087      | 60,1               | 98,9           |
| 1 088      | 61,8               | 48,3           |
| 1 089      | 61,8               | 55,6           |
| 1 090      | 61,7               | 59,8           |
| 1 091      | 62                 | 55,6           |
| 1 092      | 62,3               | 29,6           |
| 1 093      | 62                 | 19,3           |
| 1 094      | 61,3               | 7,9            |
| 1 095      | 61,1               | 19,2           |
| 1 096      | 61,2               | 43             |
| 1 097      | 61,1               | 59,7           |
| 1 098      | 61,1               | 98,8           |
| 1 099      | 61,3               | 98,8           |
| 1 100      | 61,3               | 26,6           |
| 1 101      | 60,4               | «m»            |
| 1 102      | 58,8               | «m»            |
| 1 103      | 57,7               | «m»            |
| 1 104      | 56                 | «m»            |
| 1 105      | 54,7               | «m»            |
| 1 106      | 53,3               | «m»            |
| 1 107      | 52,6               | 23,2           |
| 1 108      | 53,4               | 84,2           |
| 1 109      | 53,9               | 99,4           |
| 1 110      | 54,9               | 99,3           |
| 1 111      | 55,8               | 99,2           |
| 1 112      | 57,1               | 99             |
| 1 113      | 56,5               | 99,1           |
| 1 114      | 58,9               | 98,9           |
| 1 115      | 58,7               | 98,9           |
| 1 116      | 59,8               | 98,9           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 117      | 61                 | 98,8           |
| 1 118      | 60,7               | 19,2           |
| 1 119      | 59,4               | «m»            |
| 1 120      | 57,9               | «m»            |
| 1 121      | 57,6               | «m»            |
| 1 122      | 56,3               | «m»            |
| 1 123      | 55                 | «m»            |
| 1 124      | 53,7               | «m»            |
| 1 125      | 52,1               | «m»            |
| 1 126      | 51,1               | «m»            |
| 1 127      | 49,7               | 25,8           |
| 1 128      | 49,1               | 46,1           |
| 1 129      | 48,7               | 46,9           |
| 1 130      | 48,2               | 46,7           |
| 1 131      | 48                 | 70             |
| 1 132      | 48                 | 70             |
| 1 133      | 47,2               | 67,6           |
| 1 134      | 47,3               | 67,6           |
| 1 135      | 46,6               | 74,7           |
| 1 136      | 47,4               | 13             |
| 1 137      | 46,3               | «m»            |
| 1 138      | 45,4               | «m»            |
| 1 139      | 45,5               | 24,8           |
| 1 140      | 44,8               | 73,8           |
| 1 141      | 46,6               | 99             |
| 1 142      | 46,3               | 98,9           |
| 1 143      | 48,5               | 99,4           |
| 1 144      | 49,9               | 99,7           |
| 1 145      | 49,1               | 99,5           |
| 1 146      | 49,1               | 99,5           |
| 1 147      | 51                 | 100            |
| 1 148      | 51,5               | 99,9           |
| 1 149      | 50,9               | 100            |
| 1 150      | 51,6               | 99,9           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 151      | 52,1               | 99,7           |
| 1 152      | 50,9               | 100            |
| 1 153      | 52,2               | 99,7           |
| 1 154      | 51,5               | 98,3           |
| 1 155      | 51,5               | 47,2           |
| 1 156      | 50,8               | 78,4           |
| 1 157      | 50,3               | 83             |
| 1 158      | 50,3               | 31,7           |
| 1 159      | 49,3               | 31,3           |
| 1 160      | 48,8               | 21,5           |
| 1 161      | 47,8               | 59,4           |
| 1 162      | 48,1               | 77,1           |
| 1 163      | 48,4               | 87,6           |
| 1 164      | 49,6               | 87,5           |
| 1 165      | 51                 | 81,4           |
| 1 166      | 51,6               | 66,7           |
| 1 167      | 53,3               | 63,2           |
| 1 168      | 55,2               | 62             |
| 1 169      | 55,7               | 43,9           |
| 1 170      | 56,4               | 30,7           |
| 1 171      | 56,8               | 23,4           |
| 1 172      | 57                 | «m»            |
| 1 173      | 57,6               | «m»            |
| 1 174      | 56,9               | «m»            |
| 1 175      | 56,4               | 4              |
| 1 176      | 57                 | 23,4           |
| 1 177      | 56,4               | 41,7           |
| 1 178      | 57                 | 49,2           |
| 1 179      | 57,7               | 56,6           |
| 1 180      | 58,6               | 56,6           |
| 1 181      | 58,9               | 64             |
| 1 182      | 59,4               | 68,2           |
| 1 183      | 58,8               | 71,4           |
| 1 184      | 60,1               | 71,3           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 185      | 60,6               | 79,1           |
| 1 186      | 60,7               | 83,3           |
| 1 187      | 60,7               | 77,1           |
| 1 188      | 60                 | 73,5           |
| 1 189      | 60,2               | 55,5           |
| 1 190      | 59,7               | 54,4           |
| 1 191      | 59,8               | 73,3           |
| 1 192      | 59,8               | 77,9           |
| 1 193      | 59,8               | 73,9           |
| 1 194      | 60                 | 76,5           |
| 1 195      | 59,5               | 82,3           |
| 1 196      | 59,9               | 82,8           |
| 1 197      | 59,8               | 65,8           |
| 1 198      | 59                 | 48,6           |
| 1 199      | 58,9               | 62,2           |
| 1 200      | 59,1               | 70,4           |
| 1 201      | 58,9               | 62,1           |
| 1 202      | 58,4               | 67,4           |
| 1 203      | 58,7               | 58,9           |
| 1 204      | 58,3               | 57,7           |
| 1 205      | 57,5               | 57,8           |
| 1 206      | 57,2               | 57,6           |
| 1 207      | 57,1               | 42,6           |
| 1 208      | 57                 | 70,1           |
| 1 209      | 56,4               | 59,6           |
| 1 210      | 56,7               | 39             |
| 1 211      | 55,9               | 68,1           |
| 1 212      | 56,3               | 79,1           |
| 1 213      | 56,7               | 89,7           |
| 1 214      | 56                 | 89,4           |
| 1 215      | 56                 | 93,1           |
| 1 216      | 56,4               | 93,1           |
| 1 217      | 56,7               | 94,4           |
| 1 218      | 56,9               | 94,8           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 219      | 57                 | 94,1           |
| 1 220      | 57,7               | 94,3           |
| 1 221      | 57,5               | 93,7           |
| 1 222      | 58,4               | 93,2           |
| 1 223      | 58,7               | 93,2           |
| 1 224      | 58,2               | 93,7           |
| 1 225      | 58,5               | 93,1           |
| 1 226      | 58,8               | 86,2           |
| 1 227      | 59                 | 72,9           |
| 1 228      | 58,2               | 59,9           |
| 1 229      | 57,6               | 8,5            |
| 1 230      | 57,1               | 47,6           |
| 1 231      | 57,2               | 74,4           |
| 1 232      | 57                 | 79,1           |
| 1 233      | 56,7               | 67,2           |
| 1 234      | 56,8               | 69,1           |
| 1 235      | 56,9               | 71,3           |
| 1 236      | 57                 | 77,3           |
| 1 237      | 57,4               | 78,2           |
| 1 238      | 57,3               | 70,6           |
| 1 239      | 57,7               | 64             |
| 1 240      | 57,5               | 55,6           |
| 1 241      | 58,6               | 49,6           |
| 1 242      | 58,2               | 41,1           |
| 1 243      | 58,8               | 40,6           |
| 1 244      | 58,3               | 21,1           |
| 1 245      | 58,7               | 24,9           |
| 1 246      | 59,1               | 24,8           |
| 1 247      | 58,6               | «m»            |
| 1 248      | 58,8               | «m»            |
| 1 249      | 58,8               | «m»            |
| 1 250      | 58,7               | «m»            |
| 1 251      | 59,1               | «m»            |
| 1 252      | 59,1               | «m»            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 253      | 59,4               | «m»            |
| 1 254      | 60,6               | 2,6            |
| 1 255      | 59,6               | «m»            |
| 1 256      | 60,1               | «m»            |
| 1 257      | 60,6               | «m»            |
| 1 258      | 59,6               | 4,1            |
| 1 259      | 60,7               | 7,1            |
| 1 260      | 60,5               | «m»            |
| 1 261      | 59,7               | «m»            |
| 1 262      | 59,6               | «m»            |
| 1 263      | 59,8               | «m»            |
| 1 264      | 59,6               | 4,9            |
| 1 265      | 60,1               | 5,9            |
| 1 266      | 59,9               | 6,1            |
| 1 267      | 59,7               | «m»            |
| 1 268      | 59,6               | «m»            |
| 1 269      | 59,7               | 22             |
| 1 270      | 59,8               | 10,3           |
| 1 271      | 59,9               | 10             |
| 1 272      | 60,6               | 6,2            |
| 1 273      | 60,5               | 7,3            |
| 1 274      | 60,2               | 14,8           |
| 1 275      | 60,6               | 8,2            |
| 1 276      | 60,6               | 5,5            |
| 1 277      | 61                 | 14,3           |
| 1 278      | 61                 | 12             |
| 1 279      | 61,3               | 34,2           |
| 1 280      | 61,2               | 17,1           |
| 1 281      | 61,5               | 15,7           |
| 1 282      | 61                 | 9,5            |
| 1 283      | 61,1               | 9,2            |
| 1 284      | 60,5               | 4,3            |
| 1 285      | 60,2               | 7,8            |
| 1 286      | 60,2               | 5,9            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 287      | 60,2               | 5,3            |
| 1 288      | 59,9               | 4,6            |
| 1 289      | 59,4               | 21,5           |
| 1 290      | 59,6               | 15,8           |
| 1 291      | 59,3               | 10,1           |
| 1 292      | 58,9               | 9,4            |
| 1 293      | 58,8               | 9              |
| 1 294      | 58,9               | 35,4           |
| 1 295      | 58,9               | 30,7           |
| 1 296      | 58,9               | 25,9           |
| 1 297      | 58,7               | 22,9           |
| 1 298      | 58,7               | 24,4           |
| 1 299      | 59,3               | 61             |
| 1 300      | 60,1               | 56             |
| 1 301      | 60,5               | 50,6           |
| 1 302      | 59,5               | 16,2           |
| 1 303      | 59,7               | 50             |
| 1 304      | 59,7               | 31,4           |
| 1 305      | 60,1               | 43,1           |
| 1 306      | 60,8               | 38,4           |
| 1 307      | 60,9               | 40,2           |
| 1 308      | 61,3               | 49,7           |
| 1 309      | 61,8               | 45,9           |
| 1 310      | 62                 | 45,9           |
| 1 311      | 62,2               | 45,8           |
| 1 312      | 62,6               | 46,8           |
| 1 313      | 62,7               | 44,3           |
| 1 314      | 62,9               | 44,4           |
| 1 315      | 63,1               | 43,7           |
| 1 316      | 63,5               | 46,1           |
| 1 317      | 63,6               | 40,7           |
| 1 318      | 64,3               | 49,5           |
| 1 319      | 63,7               | 27             |
| 1 320      | 63,8               | 15             |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 321      | 63,6               | 18,7           |
| 1 322      | 63,4               | 8,4            |
| 1 323      | 63,2               | 8,7            |
| 1 324      | 63,3               | 21,6           |
| 1 325      | 62,9               | 19,7           |
| 1 326      | 63                 | 22,1           |
| 1 327      | 63,1               | 20,3           |
| 1 328      | 61,8               | 19,1           |
| 1 329      | 61,6               | 17,1           |
| 1 330      | 61                 | 0              |
| 1 331      | 61,2               | 22             |
| 1 332      | 60,8               | 40,3           |
| 1 333      | 61,1               | 34,3           |
| 1 334      | 60,7               | 16,1           |
| 1 335      | 60,6               | 16,6           |
| 1 336      | 60,5               | 18,5           |
| 1 337      | 60,6               | 29,8           |
| 1 338      | 60,9               | 19,5           |
| 1 339      | 60,9               | 22,3           |
| 1 340      | 61,4               | 35,8           |
| 1 341      | 61,3               | 42,9           |
| 1 342      | 61,5               | 31             |
| 1 343      | 61,3               | 19,2           |
| 1 344      | 61                 | 9,3            |
| 1 345      | 60,8               | 44,2           |
| 1 346      | 60,9               | 55,3           |
| 1 347      | 61,2               | 56             |
| 1 348      | 60,9               | 60,1           |
| 1 349      | 60,7               | 59,1           |
| 1 350      | 60,9               | 56,8           |
| 1 351      | 60,7               | 58,1           |
| 1 352      | 59,6               | 78,4           |
| 1 353      | 59,6               | 84,6           |
| 1 354      | 59,4               | 66,6           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 355      | 59,3               | 75,5           |
| 1 356      | 58,9               | 49,6           |
| 1 357      | 59,1               | 75,8           |
| 1 358      | 59                 | 77,6           |
| 1 359      | 59                 | 67,8           |
| 1 360      | 59                 | 56,7           |
| 1 361      | 58,8               | 54,2           |
| 1 362      | 58,9               | 59,6           |
| 1 363      | 58,9               | 60,8           |
| 1 364      | 59,3               | 56,1           |
| 1 365      | 58,9               | 48,5           |
| 1 366      | 59,3               | 42,9           |
| 1 367      | 59,4               | 41,4           |
| 1 368      | 59,6               | 38,9           |
| 1 369      | 59,4               | 32,9           |
| 1 370      | 59,3               | 30,6           |
| 1 371      | 59,4               | 30             |
| 1 372      | 59,4               | 25,3           |
| 1 373      | 58,8               | 18,6           |
| 1 374      | 59,1               | 18             |
| 1 375      | 58,5               | 10,6           |
| 1 376      | 58,8               | 10,5           |
| 1 377      | 58,5               | 8,2            |
| 1 378      | 58,7               | 13,7           |
| 1 379      | 59,1               | 7,8            |
| 1 380      | 59,1               | 6              |
| 1 381      | 59,1               | 6              |
| 1 382      | 59,4               | 13,1           |
| 1 383      | 59,7               | 22,3           |
| 1 384      | 60,7               | 10,5           |
| 1 385      | 59,8               | 9,8            |
| 1 386      | 60,2               | 8,8            |
| 1 387      | 59,9               | 8,7            |
| 1 388      | 61                 | 9,1            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 389      | 60,6               | 28,2           |
| 1 390      | 60,6               | 22             |
| 1 391      | 59,6               | 23,2           |
| 1 392      | 59,6               | 19             |
| 1 393      | 60,6               | 38,4           |
| 1 394      | 59,8               | 41,6           |
| 1 395      | 60                 | 47,3           |
| 1 396      | 60,5               | 55,4           |
| 1 397      | 60,9               | 58,7           |
| 1 398      | 61,3               | 37,9           |
| 1 399      | 61,2               | 38,3           |
| 1 400      | 61,4               | 58,7           |
| 1 401      | 61,3               | 51,3           |
| 1 402      | 61,4               | 71,1           |
| 1 403      | 61,1               | 51             |
| 1 404      | 61,5               | 56,6           |
| 1 405      | 61                 | 60,6           |
| 1 406      | 61,1               | 75,4           |
| 1 407      | 61,4               | 69,4           |
| 1 408      | 61,6               | 69,9           |
| 1 409      | 61,7               | 59,6           |
| 1 410      | 61,8               | 54,8           |
| 1 411      | 61,6               | 53,6           |
| 1 412      | 61,3               | 53,5           |
| 1 413      | 61,3               | 52,9           |
| 1 414      | 61,2               | 54,1           |
| 1 415      | 61,3               | 53,2           |
| 1 416      | 61,2               | 52,2           |
| 1 417      | 61,2               | 52,3           |
| 1 418      | 61                 | 48             |
| 1 419      | 60,9               | 41,5           |
| 1 420      | 61                 | 32,2           |
| 1 421      | 60,7               | 22             |
| 1 422      | 60,7               | 23,3           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 423      | 60,8               | 38,8           |
| 1 424      | 61                 | 40,7           |
| 1 425      | 61                 | 30,6           |
| 1 426      | 61,3               | 62,6           |
| 1 427      | 61,7               | 55,9           |
| 1 428      | 62,3               | 43,4           |
| 1 429      | 62,3               | 37,4           |
| 1 430      | 62,3               | 35,7           |
| 1 431      | 62,8               | 34,4           |
| 1 432      | 62,8               | 31,5           |
| 1 433      | 62,9               | 31,7           |
| 1 434      | 62,9               | 29,9           |
| 1 435      | 62,8               | 29,4           |
| 1 436      | 62,7               | 28,7           |
| 1 437      | 61,5               | 14,7           |
| 1 438      | 61,9               | 17,2           |
| 1 439      | 61,5               | 6,1            |
| 1 440      | 61                 | 9,9            |
| 1 441      | 60,9               | 4,8            |
| 1 442      | 60,6               | 11,1           |
| 1 443      | 60,3               | 6,9            |
| 1 444      | 60,8               | 7              |
| 1 445      | 60,2               | 9,2            |
| 1 446      | 60,5               | 21,7           |
| 1 447      | 60,2               | 22,4           |
| 1 448      | 60,7               | 31,6           |
| 1 449      | 60,9               | 28,9           |
| 1 450      | 59,6               | 21,7           |
| 1 451      | 60,2               | 18             |
| 1 452      | 59,5               | 16,7           |
| 1 453      | 59,8               | 15,7           |
| 1 454      | 59,6               | 15,7           |
| 1 455      | 59,3               | 15,7           |
| 1 456      | 59                 | 7,5            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 457      | 58,8               | 7,1            |
| 1 458      | 58,7               | 16,5           |
| 1 459      | 59,2               | 50,7           |
| 1 460      | 59,7               | 60,2           |
| 1 461      | 60,4               | 44             |
| 1 462      | 60,2               | 35,3           |
| 1 463      | 60,4               | 17,1           |
| 1 464      | 59,9               | 13,5           |
| 1 465      | 59,9               | 12,8           |
| 1 466      | 59,6               | 14,8           |
| 1 467      | 59,4               | 15,9           |
| 1 468      | 59,4               | 22             |
| 1 469      | 60,4               | 38,4           |
| 1 470      | 59,5               | 38,8           |
| 1 471      | 59,3               | 31,9           |
| 1 472      | 60,9               | 40,8           |
| 1 473      | 60,7               | 39             |
| 1 474      | 60,9               | 30,1           |
| 1 475      | 61                 | 29,3           |
| 1 476      | 60,6               | 28,4           |
| 1 477      | 60,9               | 36,3           |
| 1 478      | 60,8               | 30,5           |
| 1 479      | 60,7               | 26,7           |
| 1 480      | 60,1               | 4,7            |
| 1 481      | 59,9               | 0              |
| 1 482      | 60,4               | 36,2           |
| 1 483      | 60,7               | 32,5           |
| 1 484      | 59,9               | 3,1            |
| 1 485      | 59,7               | «m»            |
| 1 486      | 59,5               | «m»            |
| 1 487      | 59,2               | «m»            |
| 1 488      | 58,8               | 0,6            |
| 1 489      | 58,7               | «m»            |
| 1 490      | 58,7               | «m»            |



| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 491      | 57,9               | «m»            |
| 1 492      | 58,2               | «m»            |
| 1 493      | 57,6               | «m»            |
| 1 494      | 58,3               | 9,5            |
| 1 495      | 57,2               | 6              |
| 1 496      | 57,4               | 27,3           |
| 1 497      | 58,3               | 59,9           |
| 1 498      | 58,3               | 7,3            |
| 1 499      | 58,8               | 21,7           |
| 1 500      | 58,8               | 38,9           |
| 1 501      | 59,4               | 26,2           |
| 1 502      | 59,1               | 25,5           |
| 1 503      | 59,1               | 26             |
| 1 504      | 59                 | 39,1           |
| 1 505      | 59,5               | 52,3           |
| 1 506      | 59,4               | 31             |
| 1 507      | 59,4               | 27             |
| 1 508      | 59,4               | 29,8           |
| 1 509      | 59,4               | 23,1           |
| 1 510      | 58,9               | 16             |
| 1 511      | 59                 | 31,5           |
| 1 512      | 58,8               | 25,9           |
| 1 513      | 58,9               | 40,2           |
| 1 514      | 58,8               | 28,4           |
| 1 515      | 58,9               | 38,9           |
| 1 516      | 59,1               | 35,3           |
| 1 517      | 58,8               | 30,3           |
| 1 518      | 59                 | 19             |
| 1 519      | 58,7               | 3              |
| 1 520      | 57,9               | 0              |
| 1 521      | 58                 | 2,4            |
| 1 522      | 57,1               | «m»            |
| 1 523      | 56,7               | «m»            |
| 1 524      | 56,7               | 5,3            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 525      | 56,6               | 2,1            |
| 1 526      | 56,8               | «m»            |
| 1 527      | 56,3               | «m»            |
| 1 528      | 56,3               | «m»            |
| 1 529      | 56                 | «m»            |
| 1 530      | 56,7               | «m»            |
| 1 531      | 56,6               | 3,8            |
| 1 532      | 56,9               | «m»            |
| 1 533      | 56,9               | «m»            |
| 1 534      | 57,4               | «m»            |
| 1 535      | 57,4               | «m»            |
| 1 536      | 58,3               | 13,9           |
| 1 537      | 58,5               | «m»            |
| 1 538      | 59,1               | «m»            |
| 1 539      | 59,4               | «m»            |
| 1 540      | 59,6               | «m»            |
| 1 541      | 59,5               | «m»            |
| 1 542      | 59,6               | 0,5            |
| 1 543      | 59,3               | 9,2            |
| 1 544      | 59,4               | 11,2           |
| 1 545      | 59,1               | 26,8           |
| 1 546      | 59                 | 11,7           |
| 1 547      | 58,8               | 6,4            |
| 1 548      | 58,7               | 5              |
| 1 549      | 57,5               | «m»            |
| 1 550      | 57,4               | «m»            |
| 1 551      | 57,1               | 1,1            |
| 1 552      | 57,1               | 0              |
| 1 553      | 57                 | 4,5            |
| 1 554      | 57,1               | 3,7            |
| 1 555      | 57,3               | 3,3            |
| 1 556      | 57,3               | 16,8           |
| 1 557      | 58,2               | 29,3           |
| 1 558      | 58,7               | 12,5           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 559      | 58,3               | 12,2           |
| 1 560      | 58,6               | 12,7           |
| 1 561      | 59                 | 13,6           |
| 1 562      | 59,8               | 21,9           |
| 1 563      | 59,3               | 20,9           |
| 1 564      | 59,7               | 19,2           |
| 1 565      | 60,1               | 15,9           |
| 1 566      | 60,7               | 16,7           |
| 1 567      | 60,7               | 18,1           |
| 1 568      | 60,7               | 40,6           |
| 1 569      | 60,7               | 59,7           |
| 1 570      | 61,1               | 66,8           |
| 1 571      | 61,1               | 58,8           |
| 1 572      | 60,8               | 64,7           |
| 1 573      | 60,1               | 63,6           |
| 1 574      | 60,7               | 83,2           |
| 1 575      | 60,4               | 82,2           |
| 1 576      | 60                 | 80,5           |
| 1 577      | 59,9               | 78,7           |
| 1 578      | 60,8               | 67,9           |
| 1 579      | 60,4               | 57,7           |
| 1 580      | 60,2               | 60,6           |
| 1 581      | 59,6               | 72,7           |
| 1 582      | 59,9               | 73,6           |
| 1 583      | 59,8               | 74,1           |
| 1 584      | 59,6               | 84,6           |
| 1 585      | 59,4               | 76,1           |
| 1 586      | 60,1               | 76,9           |
| 1 587      | 59,5               | 84,6           |
| 1 588      | 59,8               | 77,5           |
| 1 589      | 60,6               | 67,9           |
| 1 590      | 59,3               | 47,3           |
| 1 591      | 59,3               | 43,1           |
| 1 592      | 59,4               | 38,3           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 593      | 58,7               | 38,2           |
| 1 594      | 58,8               | 39,2           |
| 1 595      | 59,1               | 67,9           |
| 1 596      | 59,7               | 60,5           |
| 1 597      | 59,5               | 32,9           |
| 1 598      | 59,6               | 20             |
| 1 599      | 59,6               | 34,4           |
| 1 600      | 59,4               | 23,9           |
| 1 601      | 59,6               | 15,7           |
| 1 602      | 59,9               | 41             |
| 1 603      | 60,5               | 26,3           |
| 1 604      | 59,6               | 14             |
| 1 605      | 59,7               | 21,2           |
| 1 606      | 60,9               | 19,6           |
| 1 607      | 60,1               | 34,3           |
| 1 608      | 59,9               | 27             |
| 1 609      | 60,8               | 25,6           |
| 1 610      | 60,6               | 26,3           |
| 1 611      | 60,9               | 26,1           |
| 1 612      | 61,1               | 38             |
| 1 613      | 61,2               | 31,6           |
| 1 614      | 61,4               | 30,6           |
| 1 615      | 61,7               | 29,6           |
| 1 616      | 61,5               | 28,8           |
| 1 617      | 61,7               | 27,8           |
| 1 618      | 62,2               | 20,3           |
| 1 619      | 61,4               | 19,6           |
| 1 620      | 61,8               | 19,7           |
| 1 621      | 61,8               | 18,7           |
| 1 622      | 61,6               | 17,7           |
| 1 623      | 61,7               | 8,7            |
| 1 624      | 61,7               | 1,4            |
| 1 625      | 61,7               | 5,9            |
| 1 626      | 61,2               | 8,1            |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 627      | 61,9               | 45,8           |
| 1 628      | 61,4               | 31,5           |
| 1 629      | 61,7               | 22,3           |
| 1 630      | 62,4               | 21,7           |
| 1 631      | 62,8               | 21,9           |
| 1 632      | 62,2               | 22,2           |
| 1 633      | 62,5               | 31             |
| 1 634      | 62,3               | 31,3           |
| 1 635      | 62,6               | 31,7           |
| 1 636      | 62,3               | 22,8           |
| 1 637      | 62,7               | 12,6           |
| 1 638      | 62,2               | 15,2           |
| 1 639      | 61,9               | 32,6           |
| 1 640      | 62,5               | 23,1           |
| 1 641      | 61,7               | 19,4           |
| 1 642      | 61,7               | 10,8           |
| 1 643      | 61,6               | 10,2           |
| 1 644      | 61,4               | «m»            |
| 1 645      | 60,8               | «m»            |
| 1 646      | 60,7               | «m»            |
| 1 647      | 61                 | 12,4           |
| 1 648      | 60,4               | 5,3            |
| 1 649      | 61                 | 13,1           |
| 1 650      | 60,7               | 29,6           |
| 1 651      | 60,5               | 28,9           |
| 1 652      | 60,8               | 27,1           |
| 1 653      | 61,2               | 27,3           |
| 1 654      | 60,9               | 20,6           |
| 1 655      | 61,1               | 13,9           |
| 1 656      | 60,7               | 13,4           |
| 1 657      | 61,3               | 26,1           |
| 1 658      | 60,9               | 23,7           |
| 1 659      | 61,4               | 32,1           |
| 1 660      | 61,7               | 33,5           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 661      | 61,8               | 34,1           |
| 1 662      | 61,7               | 17             |
| 1 663      | 61,7               | 2,5            |
| 1 664      | 61,5               | 5,9            |
| 1 665      | 61,3               | 14,9           |
| 1 666      | 61,5               | 17,2           |
| 1 667      | 61,1               | «m»            |
| 1 668      | 61,4               | «m»            |
| 1 669      | 61,4               | 8,8            |
| 1 670      | 61,3               | 8,8            |
| 1 671      | 61                 | 18             |
| 1 672      | 61,5               | 13             |
| 1 673      | 61                 | 3,7            |
| 1 674      | 60,9               | 3,1            |
| 1 675      | 60,9               | 4,7            |
| 1 676      | 60,6               | 4,1            |
| 1 677      | 60,6               | 6,7            |
| 1 678      | 60,6               | 12,8           |
| 1 679      | 60,7               | 11,9           |
| 1 680      | 60,6               | 12,4           |
| 1 681      | 60,1               | 12,4           |
| 1 682      | 60,5               | 12             |
| 1 683      | 60,4               | 11,8           |
| 1 684      | 59,9               | 12,4           |
| 1 685      | 59,6               | 12,4           |
| 1 686      | 59,6               | 9,1            |
| 1 687      | 59,9               | 0              |
| 1 688      | 59,9               | 20,4           |
| 1 689      | 59,8               | 4,4            |
| 1 690      | 59,4               | 3,1            |
| 1 691      | 59,5               | 26,3           |
| 1 692      | 59,6               | 20,1           |
| 1 693      | 59,4               | 35             |
| 1 694      | 60,9               | 22,1           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 695      | 60,5               | 12,2           |
| 1 696      | 60,1               | 11             |
| 1 697      | 60,1               | 8,2            |
| 1 698      | 60,5               | 6,7            |
| 1 699      | 60                 | 5,1            |
| 1 700      | 60                 | 5,1            |
| 1 701      | 60                 | 9              |
| 1 702      | 60,1               | 5,7            |
| 1 703      | 59,9               | 8,5            |
| 1 704      | 59,4               | 6              |
| 1 705      | 59,5               | 5,5            |
| 1 706      | 59,5               | 14,2           |
| 1 707      | 59,5               | 6,2            |
| 1 708      | 59,4               | 10,3           |
| 1 709      | 59,6               | 13,8           |
| 1 710      | 59,5               | 13,9           |
| 1 711      | 60,1               | 18,9           |
| 1 712      | 59,4               | 13,1           |
| 1 713      | 59,8               | 5,4            |
| 1 714      | 59,9               | 2,9            |
| 1 715      | 60,1               | 7,1            |
| 1 716      | 59,6               | 12             |
| 1 717      | 59,6               | 4,9            |
| 1 718      | 59,4               | 22,7           |
| 1 719      | 59,6               | 22             |
| 1 720      | 60,1               | 17,4           |
| 1 721      | 60,2               | 16,6           |
| 1 722      | 59,4               | 28,6           |
| 1 723      | 60,3               | 22,4           |
| 1 724      | 59,9               | 20             |
| 1 725      | 60,2               | 18,6           |
| 1 726      | 60,3               | 11,9           |
| 1 727      | 60,4               | 11,6           |
| 1 728      | 60,6               | 10,6           |

| Tiempo (s) | Régimen normal (%) | Par normal (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| 1 729      | 60,8               | 16             |
| 1 730      | 60,9               | 17             |
| 1 731      | 60,9               | 16,1           |
| 1 732      | 60,7               | 11,4           |
| 1 733      | 60,9               | 11,3           |
| 1 734      | 61,1               | 11,2           |
| 1 735      | 61,1               | 25,6           |
| 1 736      | 61                 | 14,6           |
| 1 737      | 61                 | 10,4           |
| 1 738      | 60,6               | «m»            |
| 1 739      | 60,9               | «m»            |
| 1 740      | 60,8               | 4,8            |
| 1 741      | 59,9               | «m»            |
| 1 742      | 59,8               | «m»            |
| 1 743      | 59,1               | «m»            |
| 1 744      | 58,8               | «m»            |
| 1 745      | 58,8               | «m»            |
| 1 746      | 58,2               | «m»            |
| 1 747      | 58,5               | 14,3           |
| 1 748      | 57,5               | 4,4            |
| 1 749      | 57,9               | 0              |
| 1 750      | 57,8               | 20,9           |
| 1 751      | 58,3               | 9,2            |
| 1 752      | 57,8               | 8,2            |
| 1 753      | 57,5               | 15,3           |
| 1 754      | 58,4               | 38             |
| 1 755      | 58,1               | 15,4           |
| 1 756      | 58,8               | 11,8           |
| 1 757      | 58,3               | 8,1            |
| 1 758      | 58,3               | 5,5            |
| 1 759      | 59                 | 4,1            |
| 1 760      | 58,2               | 4,9            |
| 1 761      | 57,9               | 10,1           |
| 1 762      | 58,5               | 7,5            |

| Tiempo<br>(s) | Régimen normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|-----------------------|-------------------|
| 1 763         | 57,4                  | 7                 |
| 1 764         | 58,2                  | 6,7               |
| 1 765         | 58,2                  | 6,6               |
| 1 766         | 57,3                  | 17,3              |
| 1 767         | 58                    | 11,4              |
| 1 768         | 57,5                  | 47,4              |
| 1 769         | 57,4                  | 28,8              |
| 1 770         | 58,8                  | 24,3              |
| 1 771         | 57,7                  | 25,5              |
| 1 772         | 58,4                  | 35,5              |
| 1 773         | 58,4                  | 29,3              |
| 1 774         | 59                    | 33,8              |
| 1 775         | 59                    | 18,7              |
| 1 776         | 58,8                  | 9,8               |
| 1 777         | 58,8                  | 23,9              |
| 1 778         | 59,1                  | 48,2              |
| 1 779         | 59,4                  | 37,2              |
| 1 780         | 59,6                  | 29,1              |
| 1 781         | 50                    | 25                |

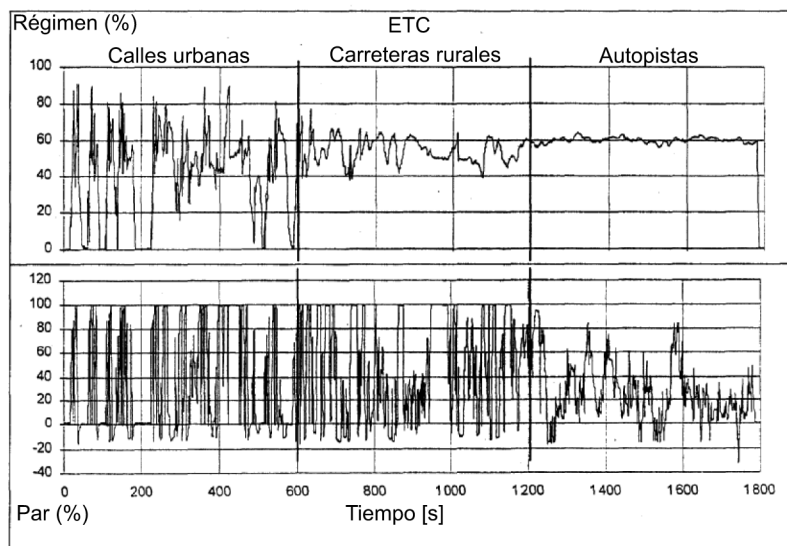
| Tiempo<br>(s) | Régimen normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|-----------------------|-------------------|
| 1 782         | 40                    | 20                |
| 1 783         | 30                    | 15                |
| 1 784         | 20                    | 10                |
| 1 785         | 10                    | 5                 |
| 1 786         | 0                     | 0                 |
| 1 787         | 0                     | 0                 |
| 1 788         | 0                     | 0                 |
| 1 789         | 0                     | 0                 |
| 1 790         | 0                     | 0                 |
| 1 791         | 0                     | 0                 |
| 1 792         | 0                     | 0                 |
| 1 793         | 0                     | 0                 |
| 1 794         | 0                     | 0                 |
| 1 795         | 0                     | 0                 |
| 1 796         | 0                     | 0                 |
| 1 797         | 0                     | 0                 |
| 1 798         | 0                     | 0                 |
| 1 799         | 0                     | 0                 |
| 1 800         | 0                     | 0                 |

«m»= punto motriz.

La figura 5 muestra un gráfico del programa dinamométrico ETC.

Figura 5

**Programa dinamométrico ETC**



Apéndice 4

**Procedimientos de medición y de muestreo**

1. INTRODUCCIÓN

Los componentes gaseosos, las partículas y el humo que emite el motor sometido a ensayo deberán medirse mediante los métodos descritos en el apéndice 7. Los puntos respectivos del apéndice 7 describen los sistemas analíticos recomendados para las emisiones gaseosas (punto 1), los sistemas de dilución y de muestreo de partículas recomendados (punto 2) y los opacímetros recomendados para la medición del humo (punto 3).

Para el ensayo ESC, los componentes gaseosos se determinarán en el gas de escape bruto. También se puede optar por determinarlos en el gas de escape diluido, en caso de que se utilice un sistema de dilución de flujo total para la determinación de partículas. Las partículas se determinarán con un sistema de dilución de flujo parcial o total.

Para el ensayo ETC, podrán utilizarse los sistemas siguientes:

- a) un sistema de dilución de flujo total y muestreo de volumen constante (CVS) para determinar las emisiones de gases y de partículas (se permitirán los sistemas de doble dilución),
- b) una combinación de medición del gas de escape bruto para las emisiones gaseosas y un sistema de dilución de flujo parcial para las emisiones de partículas, o
- c) cualquier combinación de ambos principios (por ejemplo, medición de las emisiones gaseosas en bruto y medición de las partículas de flujo total).

2. DINAMÓMETRO Y EQUIPAMIENTO DE LA CELDA DE ENSAYO

En los ensayos de emisiones de motores en bancos dinamométricos se empleará el equipamiento siguiente:

2.1. **Banco dinamométrico**

Se utilizará un banco dinamométrico que posea las características adecuadas para efectuar los ciclos de ensayo descritos en los apéndices 1 y 2 del presente anexo. El sistema de medición del régimen tendrá una exactitud de  $\pm 2\%$  del valor leído. El sistema de medición del par tendrá una exactitud de  $\pm 3\%$  del valor leído en el margen  $> 20\%$  del fondo de escala, y una exactitud de  $\pm 0,6\%$  del fondo de escala en el margen  $\leq 20\%$  del fondo de escala.

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, la depresión en el colector de admisión, la temperatura del gas de escape, la temperatura de la admisión de aire, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura del combustible. Estos instrumentos deberán cumplir los requisitos indicados en el cuadro 9:

Cuadro 9

**Exactitud de los instrumentos de medición**

| Instrumento de medición  | Exactitud                                                                                        |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Consumo de combustible   | $\pm 2\%$ del valor máximo del motor                                                             |
| Consumo de aire          | $\pm 2\%$ del valor leído o $\pm 1\%$ del valor máximo del motor (el valor que sea superior)     |
| Caudal del gas de escape | $\pm 2,5\%$ del valor leído o $\pm 1,5\%$ del valor máximo del motor (el valor que sea superior) |

| Instrumento de medición            | Exactitud                         |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| Temperaturas $\leq 600$ K (327 °C) | $\pm 2$ K absoluto                |
| Temperaturas $\geq 600$ K (327 °C) | $\pm 1$ % del valor leído         |
| Presión atmosférica                | $\pm 0,1$ kPa del valor absoluto  |
| Presión del gas de escape          | $\pm 0,2$ kPa del valor absoluto  |
| Depresión de admisión              | $\pm 0,05$ kPa del valor absoluto |
| Otras presiones                    | $\pm 0,1$ kPa del valor absoluto  |
| Humedad relativa                   | $\pm 3$ % del valor absoluto      |
| Humedad absoluta                   | $\pm 5$ % del valor leído         |
| Caudal del aire de dilución        | $\pm 2$ % del valor leído         |
| Caudal del gas de escape diluido   | $\pm 2$ % del valor leído         |

### 3. DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES GASEOSOS

#### 3.1. Especificaciones generales del analizador

Los analizadores deberán tener un intervalo de medición adecuada para la exactitud que se requiere en la medición de las concentraciones de los componentes del gas de escape (punto 3.1.1). Se recomienda utilizar los analizadores de manera que la concentración medida se encuentre entre el 15 % y el 100 % del fondo de escala.

Si los sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) ofrecen una exactitud suficiente y una resolución inferior al 15 % del fondo de escala, también se considerarán aceptables mediciones por debajo del 15 % del fondo de escala. En tal caso, deberán efectuarse calibraciones adicionales en al menos cuatro puntos distintos de cero equidistantes nominalmente, a fin de garantizar la exactitud de las curvas de calibración de conformidad con lo dispuesto en el punto 1.6.4 del apéndice 5 del presente anexo.

El nivel de compatibilidad electromagnética (EMC) del equipo deberá poder minimizar los errores adicionales.

##### 3.1.1. Exactitud

El analizador no se desviará del punto de calibración nominal en más de  $\pm 2$  % del valor leído en todo el intervalo de medición, exceptuando el cero, o de  $\pm 0,3$  % del fondo de escala (el valor que sea superior). La exactitud se determinará con arreglo a los requisitos de calibración establecidos en el punto 1.6 del apéndice 5 del presente anexo.

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

##### 3.1.2. Precisión

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

##### 3.1.3. Ruido

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

##### 3.1.4. Desviación del cero

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



### 3.1.5. Desviación de la calibración

La respuesta de calibración se define como la respuesta media, incluyendo el ruido, a un gas patrón durante un intervalo de treinta segundos. La desviación de la respuesta de calibración durante un periodo de una hora será inferior a un 2 % del fondo de escala en el intervalo utilizado más bajo.

### 3.1.6. Tiempo de subida

El tiempo de subida del analizador instalado en el sistema de medición no será superior a 3,5 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 sólo 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<sub>x</sub>, se definirán también como tiempo de respuesta del analizador. La determinación del tiempo de respuesta de todo el sistema se describe en el punto 1.5 del apéndice 5 del presente anexo.

## 3.2. Secado del gas

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

## 3.3. Analizadores

En los puntos 3.3.1 a 3.3.4 se describen los principios de medición que deberán utilizarse. En el apéndice 7 se ofrece una descripción detallada de los sistemas de medición. Los gases que vayan a medirse deberán analizarse con los instrumentos indicados a continuación. En el caso de analizadores no lineales se permitirá el uso de circuitos de linealización.

### 3.3.1. Análisis del monóxido de carbono (CO)

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

### 3.3.2. Análisis del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

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

### 3.3.3. Análisis de los hidrocarburos (HC)

Para los motores diésel y los motores de gas alimentados con GLP, el analizador de hidrocarburos será del tipo «detector de ionización de llama calentado» (HFID), con el detector, las válvulas, los conductos, etc. calentados de tal manera que el gas se mantenga a una temperatura de 463 K ± 10 K (190 °C ± 10 °C). Para los motores de gas alimentados con GN, el analizador de hidrocarburos podrá ser del tipo «detector de ionización de llama (FID) sin calentar», en función del método utilizado (véase el punto 1.3 del apéndice 7).

### 3.3.4. Análisis de hidrocarburos no metánicos (NMHC) (sólo para motores de gas alimentados con GN)

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán mediante uno de los métodos indicados a continuación.

#### 3.3.4.1. Método de cromatografía de gases (GC)

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán sustrayendo el metano, analizado con un cromatógrafo de gases (GC) acondicionado a 423 K (150 °C), de los hidrocarburos medidos de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.3.3.

#### 3.3.4.2. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

Para determinar la fracción de hidrocarburos no metánicos se utilizará un NMC calentado junto con un FID, tal como se indica en el punto 3.3.3, sustrayendo el metano de los hidrocarburos.

### 3.3.5. Análisis de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

El analizador de óxidos de nitrógeno será del tipo «detector quimioluminiscente» (CLD), o «detector quimioluminiscente calentado» (HCLD), con un convertidor NO<sub>2</sub>/NO, si la medición se efectúa en base seca. Si la medición se efectúa en base húmeda, se utilizará un HCLD cuyo convertidor se mantendrá por encima de 328 K (55 °C), a condición de que se satisfaga la comprobación de la interferencia del agua (véase el punto 1.9.2.2 del apéndice 5 del presente anexo).

### 3.3.6. Medición de la relación aire/combustible

El equipo de medición de la relación aire/combustible utilizado para determinar el caudal de gas de escape según se especifica en el punto 4.2.5 del apéndice 2 del presente anexo 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 lo suficientemente elevada para eliminar la condensación de agua.

La exactitud del sensor con dispositivos electrónicos incorporados será de:

- ± 3 % del valor leído      $\lambda < 2$
- ± 5 % del valor leído      $2 \leq \lambda < 5$
- ± 10 % del valor leído     $5 \leq \lambda$

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

## 3.4. Muestreo de emisiones gaseosas

### 3.4.1. Gas de escape bruto

Las sondas de muestreo de emisiones gaseosas se introducirán a una profundidad mínima de 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape (el valor que sea más elevado) antes del punto de salida del sistema de escape, pero lo suficientemente cerca del motor para garantizar que el gas de escape se mantenga a una temperatura de al menos 343 K (70 °C) en la sonda.

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los «motores en V», se recomienda combinar los colectores antes de la sonda de muestreo. Si esta solución no fuera práctica, se permitirá tomar una muestra del grupo que presenta la mayor emisión de CO<sub>2</sub>. Podrán utilizarse otros métodos si ha quedado demostrado que son equivalentes a los indicados anteriormente. Para calcular las emisiones de escape deberá utilizarse el caudal másico de escape total.

Si el motor está equipado con un sistema de postratamiento del gas de escape, la muestra del gas de escape se tomará después de dicho sistema.

### 3.4.2. Gas de escape diluido

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá cumplir los requisitos del punto 2.3.1 del apéndice 7 (tubo de escape).

La(s) sonda(s) de muestreo de emisiones gaseosas se instalará(n) en el túnel de dilución, en un punto muy próximo a la sonda de muestreo de partículas, en el que el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados.

Generalmente, el muestreo puede efectuarse de dos maneras:

- a) los contaminantes se muestrean en una bolsa de muestreo durante el ciclo y se miden tras finalizar el ensayo;
- b) los contaminantes se muestrean de forma continua y se integran a lo largo del ciclo; este método es obligatorio para los HC y los NO<sub>x</sub>.

#### 4. DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

La determinación de las partículas requiere un sistema de dilución. La dilución puede efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o mediante un sistema de dilución de flujo total. El caudal del sistema de dilución será suficientemente grande para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo. La temperatura del gas de escape diluido será inferior a 325 K (52 °C) en un punto situado inmediatamente antes de los portafiltros. Se permite la deshumidificación del aire de dilución antes de que penetre en el sistema de dilución, lo que resulta especialmente útil si la humedad del aire de dilución es elevada. La temperatura del aire de dilución será superior a 288 K (15 °C) muy cerca de la entrada del túnel 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 bruto en el flujo de escape del motor, respondiendo así a las variaciones en el caudal de escape, e introducir aire de dilución en dicha muestra para obtener una temperatura inferior a 325 K (52 °C) en el filtro de ensayo. Para ello, es esencial determinar la relación de dilución o la relación de muestreo ( $r_{dil}$  o  $r_s$ ) de manera que se cumplan los criterios de exactitud establecidos en el punto 3.2.1 del apéndice 5 del presente anexo. Se pueden aplicar diferentes métodos de extracción, teniendo en cuenta que el tipo de extracción utilizado determina en gran medida el instrumental de muestreo y los procedimientos que se utilizarán (punto 2.2 del apéndice 7).

Por norma general, la sonda de muestreo de partículas se instalará muy cerca de la sonda de muestreo de las emisiones gaseosas, pero a una distancia suficiente para no provocar interferencias. Por consiguiente, también serán aplicables al muestreo de partículas las disposiciones del punto 3.4.1 sobre la instalación. La línea de muestreo deberá cumplir los requisitos establecidos en el punto 2 del apéndice 7.

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los «motores en V», se recomienda combinar los colectores antes de la sonda de muestreo. Si esta solución no fuera práctica, se permitirá tomar una muestra del grupo que presente la mayor emisión de partículas. Podrán utilizarse otros métodos si ha quedado demostrado que son equivalentes a los indicados anteriormente. Para calcular las emisiones de escape deberá utilizarse el caudal másico total del gas de escape.

Para determinar la masa de partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográmica y una cámara de pesaje con control de temperatura y humedad.

Para el muestreo de partículas, se aplicará el método del filtro único, que utiliza un filtro (véase el punto 4.1.3 del presente apéndice) durante todo el ciclo de ensayo. En el ensayo ESC, deberá prestarse mucha atención a los tiempos y caudales de muestreo durante la fase de muestreo.

##### 4.1. Filtros de muestreo de partículas

El filtro utilizado para el muestreo del gas de escape diluido deberá cumplir los requisitos establecidos en los puntos 4.1.1 y 4.1.2 durante la secuencia de ensayo.

##### 4.1.1. Características de los filtros

Deberán utilizarse filtros de fibra de vidrio revestidos de fluorocarburos. Todos los tipos de filtro deberán tener una eficacia de recogida de DOP (ftalato de dioctilo) de 0,3  $\mu\text{m}$  de al menos un 99 %, con una velocidad de entrada del gas comprendida entre 35 y 100 cm/s.

##### 4.1.2. Tamaño de los filtros

Se recomienda utilizar filtros de partículas con un diámetro de 47 mm o 70 mm. Son aceptables filtros de un diámetro mayor (punto 4.1.4), pero no menor.

##### 4.1.3. Velocidad del flujo en el filtro

Deberá obtenerse una velocidad del flujo de gas en el filtro de 35 a 100 cm/s. La caída de presión entre el inicio y el final del ensayo no deberá ser superior a 25 kPa.

## 4.1.4. Carga del filtro

En el cuadro 10 se indican las cargas mínimas de los filtros que se requieren para los tamaños de filtro más comunes. Para los filtros mayores, la carga mínima será de 0,065 mg/1 000 mm<sup>2</sup> de superficie filtrante.

Cuadro 10

**Cargas mínimas de los filtros**

| Diámetro del filtro (mm) | Carga mínima (mg) |
|--------------------------|-------------------|
| 47                       | 0,11              |
| 70                       | 0,25              |
| 90                       | 0,41              |
| 110                      | 0,62              |

En caso de que se considere improbable, a la vista de los resultados de ensayos anteriores, que se pueda alcanzar la carga mínima del filtro exigida en un ciclo de ensayo una vez optimizados los caudales y la relación de dilución, podrá aceptarse una carga inferior, previo acuerdo de las partes interesadas (fabricante y organismo de homologación), si se demuestra que se cumplen los requisitos de exactitud establecidos en el punto 4.2, por ejemplo, con una balanza de 0,1 µg.

## 4.1.5. Portafiltros

Para los ensayos de emisiones, los filtros se colocarán en un portafiltros que cumpla los requisitos del punto 2.2 del apéndice 7. El diseño del ensamblaje del portafiltros deberá permitir una distribución uniforme del flujo en la superficie filtrante. Antes o después del portafiltros se colocarán válvulas de accionamiento rápido. Podrá instalarse un preclasificador inercial con un punto de corte del 50 % entre 2,5 µm y 10 µm inmediatamente antes del portafiltros. Se recomienda encarecidamente el uso del preclasificador en caso de que se utilice una sonda de muestreo consistente en un tubo abierto orientado a contracorriente.

## 4.2. Características de la cámara de pesaje y de la balanza analítica

## 4.2.1. Características de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionan y pesan los filtros de partículas deberá mantenerse a 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C) durante todo el proceso de acondicionamiento y pesaje de los filtros. La humedad se mantendrá en un punto de condensación de 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) y una humedad relativa del 45 % ± 8 %.

## 4.2.2. Pesaje del filtro de referencia

El aire ambiente de la cámara (o de la 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 punto 4.2.1 si su duración no supera treinta minutos. La cámara de pesaje deberá cumplir las especificaciones establecidas antes de que el personal penetre en ella. En las cuatro horas siguientes al pesaje del filtro de muestreo, aunque es preferible hacerlo al mismo tiempo, se pesarán al menos dos filtros de referencia sin usar. Estos filtros 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 cámara de pesaje enumerados en el punto 4.2.1, pero los pesajes del filtro de referencia sí cumplen los criterios indicados anteriormente, el fabricante del motor tendrá la opción de aceptar los pesos del filtro de muestreo o de invalidar los ensayos, ajustar el sistema de control de la cámara de pesaje y volver a efectuar el ensayo.

## 4.2.3. Balanza analítica

La balanza analítica que se use para determinar el peso de los filtros tendrá una precisión (desviación típica) de al menos 2 µg y una resolución de al menos 1 µg (1 dígito = 1 µg) especificada por su fabricante.

#### 4.2.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

Para eliminar los efectos de la electricidad estática, los filtros deberán neutralizarse antes del pesaje, por ejemplo con un neutralizador de polonio, una jaula de Faraday o un dispositivo de efecto análogo.

#### 4.2.5. Especificaciones para la medición del caudal

##### 4.2.5.1. Requisitos generales

Las precisiones absolutas del caudalímetro o de los instrumentos de medición del caudal serán las especificadas en el punto 2.2.

##### 4.2.5.2. Disposiciones especiales para los sistemas de dilución de flujo parcial

Para los sistemas de dilución de flujo parcial, reviste especial importancia la exactitud del caudal de muestreo  $q_{mp}$ , si éste no se mide directamente sino que se determina mediante medición diferencial del caudal:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw}$$

En ese caso, no bastará una exactitud de  $q_{mdew}$  y  $q_{mdw}$  de  $\pm 2\%$  para garantizar unas precisiones aceptables de  $q_{mp}$ . Si el caudal de gas se determina mediante medición diferencial del caudal, el error máximo de la diferencia será tal que la exactitud de  $q_{mp}$  sea de  $\pm 5\%$  cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Éste puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

Para obtener unas precisiones de  $q_{mp}$  admisibles, podrá utilizarse cualquiera de los métodos siguientes:

Las exactitudes absolutas de  $q_{mdew}$  y  $q_{mdw}$  son de  $\pm 0,2\%$ , lo que garantiza una exactitud de  $q_{mp} \leq 5\%$  con una relación de dilución de 15. No obstante, si la relación de dilución es superior, se producirán errores mayores.

La calibración de  $q_{mdw}$  en relación con  $q_{mdew}$  se realiza de manera que se obtengan las mismas precisiones de  $q_{mp}$  que las indicadas anteriormente. Los detalles de esta calibración pueden verse en el punto 3.2.1 del apéndice 5 del presente anexo.

La exactitud de  $q_{mp}$  se determina indirectamente a partir de la exactitud de la relación de dilución determinada mediante un gas trazador, por ejemplo,  $CO_2$ . En ese caso también son necesarias precisiones de  $q_{mp}$  equivalentes a las indicadas anteriormente.

La exactitud absoluta de  $q_{mdew}$  y  $q_{mdw}$  es de  $\pm 2\%$  del fondo de escala, el error máximo de la diferencia entre  $q_{mdew}$  y  $q_{mdw}$  no supera  $0,2\%$  y el error de linealidad es de  $\pm 0,2\%$  del valor más elevado de  $q_{mdew}$  observado durante el ensayo.

## 5. DETERMINACIÓN DEL HUMO

En este punto figuran las especificaciones relativas al equipo preceptivo y opcional para el ensayo ELR. El humo se medirá con un opacímetro dotado de un modo de lectura de la opacidad y del coeficiente de absorción de luz. El modo de lectura de la opacidad se utilizará exclusivamente para la calibración y la comprobación del opacímetro. Los valores de humo del ciclo de ensayo se medirán en el modo de lectura del coeficiente de absorción de luz.

### 5.1. Requisitos generales

Para el ensayo ELR es preciso utilizar un sistema de medición del humo y de tratamiento de los datos que incluya tres unidades funcionales. Dichas unidades podrán estar integradas en un único componente o utilizarse como un sistema de componentes interconectados. Las tres unidades funcionales son:

- un opacímetro que cumpla las especificaciones del punto 3 del apéndice 7;
- una unidad de tratamiento de datos capaz de desempeñar las funciones descritas en el punto 6 del apéndice 1 del presente anexo;
- una impresora o un soporte electrónico de datos para registrar y suministrar los valores de humo necesarios, tal como se especifican en el punto 6.3 del apéndice 1 del presente anexo.

**5.2. Requisitos específicos****5.2.1. Linealidad**

La linealidad debe encontrarse dentro de un margen de  $\pm 2\%$  de opacidad.

**5.2.2. Desviación del cero**

La desviación del cero durante un periodo de una hora no superará  $\pm 1\%$  de opacidad.

**5.2.3. Visualizador y escala del opacímetro**

Para la visualización de la opacidad, la escala deberá ir del 0 al 100 % de opacidad, y la legibilidad será del 0,1 % de opacidad. Para la visualización del coeficiente de absorción de luz, la escala irá de 0 a  $30\text{ m}^{-1}$  de coeficiente de absorción de luz, y la legibilidad será de  $0,01\text{ m}^{-1}$  de coeficiente de absorción de luz.

**5.2.4. Tiempo de respuesta del instrumento**

El tiempo de respuesta física del opacímetro no superará 0,2 s. El tiempo de respuesta física es la diferencia entre los momentos en que el indicador de un receptor de respuesta rápida alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación total cuando se modifica en menos de 0,1 s la opacidad del gas que se mide.

El tiempo de respuesta eléctrica del opacímetro no superará 0,05 s. El tiempo de respuesta eléctrica es la diferencia entre los momentos en que el indicador del opacímetro alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación total cuando la fuente luminosa se interrumpe o se extingue por completo en menos de 0,01 s.

**5.2.5. Filtros de densidad neutra**

El valor conocido de todo filtro de densidad neutra que se utilice para la calibración del opacímetro, mediciones de linealidad o la verificación de la calibración deberá situarse dentro de un margen de 1,0 % de opacidad. Debe comprobarse al menos una vez al año la exactitud del valor nominal del filtro utilizando una referencia contemplada en una norma nacional o internacional.

Los filtros de densidad neutra son dispositivos de precisión y pueden dañarse fácilmente durante su uso. Se manipularán lo menos posible y, cuando sea necesario, se hará con cuidado para no rayar o ensuciar el filtro.

---

## Apéndice 5

**Procedimiento de calibración****1. CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ANALÍTICOS****1.1. Introducción**

Cada analizador se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de exactitud del presente Reglamento. En este punto se describe el método de calibración que debe emplearse para los analizadores indicados en el punto 3 del apéndice 4 y el punto 1 del apéndice 7.

**1.2. Gases de calibración**

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

Deberá registrarse la fecha de caducidad de estos gases que indique el fabricante.

**1.2.1. Gases puros**

La pureza que deben tener los gases la determinan los límites de contaminación indicados a continuación. Se precisarán los siguientes gases:

Nitrógeno purificado

(Contaminación  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

Oxígeno purificado

(Pureza  $> 99,5$  % vol. O<sub>2</sub>)

Mezcla hidrógeno-helio

( $40 \pm 2$  % de hidrógeno, y el resto de helio)

(Contaminación  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>)

Aire sintético purificado

(Contaminación  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

(Contenido de oxígeno entre 18 y 21 % vol.)

Propano purificado o CO para la verificación del CVS

**1.2.2. Gases de calibración y gases patrón**

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

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> y aire sintético purificado (véase el punto 1.2.1);

CO y nitrógeno purificado;

NO<sub>x</sub> y nitrógeno purificado (la cantidad de NO<sub>2</sub> contenida en este gas de calibración no deberá superar un 5 % del contenido de NO);

CO<sub>2</sub> y nitrógeno purificado;

CH<sub>4</sub> y aire sintético purificado;

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> y aire sintético purificado.

*Nota:* Se permiten otras combinaciones de gases siempre que dichos gases no reaccionen entre sí.

La concentración real de un gas de calibración y de un gas patrón deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 2$  % del valor nominal. Todas las concentraciones de gas de calibración se indicarán en relación con el volumen (porcentaje de volumen o ppm de volumen).

Los gases utilizados para la calibración o el ajuste de la calibración también podrán obtenerse mediante un separador de gases, por dilución con N<sub>2</sub> purificado o con aire sintético purificado. La exactitud del mezclador será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración diluidos dentro de un margen de  $\pm 2$  %.

### 1.2.3. Utilización de mezcladores de precisión

Los gases utilizados con fines de calibración y ajuste de la calibración pueden obtenerse también con mezcladores de precisión (separadores de gas), mediante una dilución con N<sub>2</sub> o con aire sintético purificado. La exactitud del mezclador será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración diluidos dentro de un margen de  $\pm 2\%$ . Esta exactitud implica que los gases primarios utilizados para la mezcla deben conocerse con una exactitud mínima de  $\pm 1\%$ , de acuerdo con normas nacionales o internacionales sobre gases. La verificación se realizará a un valor de entre 15 y 50 % del fondo de escala para cada calibración que incorpore un mezclador.

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 reglaje que se hayan utilizado y el valor nominal se comparará con la concentración medida del instrumento. La diferencia en cada punto será de  $\pm 1\%$  del valor nominal.

### 1.3. Procedimiento de utilización de los analizadores y del sistema de muestreo

El procedimiento de utilización de los analizadores deberá ajustarse a las instrucciones de puesta en marcha y utilización del fabricante del instrumento. Deberán respetarse también los requisitos mínimos indicados en los puntos 1.4 a 1.9.

### 1.4. Prueba de fuga

Se efectuará una prueba de fuga del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obtendrá su extremidad. A continuación se pondrá en marcha la bomba del analizador. Tras un periodo inicial de estabilización, todos los caudalímetros deberán indicar cero. En caso contrario, se verificarán los conductos de muestreo y se corregirá el defecto.

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 está verificando. Los caudales del analizador y los caudales de derivación podrán utilizarse para estimar los caudales utilizados.

Otra posibilidad es vaciar el sistema hasta una presión mínima de 20 kPa de vacío (80 kPa absoluta). Tras un periodo de estabilización inicial, el incremento de presión  $\Delta p$  (kPa/min.) en el sistema no deberá superar el resultado siguiente:

$$\Delta p = p/V_s \times 0,005 \times q_{vs}$$

donde:

$V_s$  = volumen del sistema, en l

$q_{vs}$  = caudal del sistema, en l/min.

Otro método consiste en introducir una variación escalonada en la concentración al principio de la línea de muestreo, pasando de gas cero a gas patrón. Si al cabo de un periodo de tiempo adecuado el valor leído es aproximadamente un 1 % inferior a la concentración introducida, es probable que haya problemas de calibración o de fuga.

### 1.5. Verificación del tiempo de respuesta del sistema analítico

Los reglajes del sistema para la evaluación del tiempo de respuesta será exactamente el mismo que durante la medición en el ensayo (es decir, presión, caudales, reglajes 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. El cambio de gas se realizará en menos de 0,1 segundos. Los gases utilizados en el ensayo darán lugar a un cambio de la concentración como mínimo de un 60 % del fondo de escala.

Se registrará la indicación de 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 % de la lectura final ( $t_{10}$ ). Por tiempo de subida se entiende el que transcurre entre la respuesta al 10 % y al 90 % de la lectura final ( $t_{90} - t_{10}$ ).



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

El tiempo de respuesta del sistema será  $\leq 10$  segundos, con un tiempo de subida  $\leq 3,5$  segundos para todos los componentes limitados (CO, NO<sub>x</sub>, HC o NMHC) y todos los intervalos utilizados.

#### 1.6. Calibración

##### 1.6.1. Instrumental

Se calibrará el instrumental y se comprobarán las curvas de calibración con gases estándar. Se utilizarán los mismos caudales de gas que para el muestreo del gas de escape.

##### 1.6.2. Tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento será el que recomiende el fabricante. Si éste no especifica ninguno, se recomienda calentar los analizadores durante un mínimo de dos horas.

##### 1.6.3. Analizador NDIR y HFID

Se regulará el analizador NDIR, si es necesario, y se optimizará la llama de combustión del analizador HFID (punto 1.8.1).

##### 1.6.4. Establecimiento de la curva de calibración

- a) se calibrarán todos los intervalos de funcionamiento que se empleen normalmente;
- b) mediante aire sintético purificado (o nitrógeno), se pondrán a cero los analizadores de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC;
- c) se introducirán en los analizadores los gases de calibración apropiados, se registrarán sus valores y se establecerá la curva de calibración;
- d) la curva de calibración se establecerá mediante un mínimo de seis puntos de calibración (excluido el cero) aproximadamente equidistantes en el intervalo de funcionamiento; la concentración nominal más alta no deberá ser inferior al 90 % del fondo de escala;
- e) la curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados; podrá utilizarse una ecuación lineal o no lineal óptima;
- f) los puntos de calibración no diferirán de la línea óptima de mínimos cuadrados en más de  $\pm 2$  % de la lectura o de  $\pm 0,3$  % del fondo de escala (se elegirá el valor más elevado);
- g) se verificará de nuevo el valor cero y, si es preciso, se repetirá el procedimiento de calibración.

##### 1.6.5. Métodos alternativos

Si se puede demostrar que otras técnicas alternativas (por ejemplo, ordenador, conmutador de intervalos de control electrónico, etc.) ofrecen una exactitud equivalente, se podrán aplicar dichas técnicas.

##### 1.6.6. Calibración del analizador de gas trazador para la medición del caudal de escape

La curva de calibración se establecerá mediante un mínimo de seis puntos de calibración (excluido el cero) aproximadamente equidistantes en el intervalo de funcionamiento. 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.

Los puntos de calibración no diferirán de la línea óptima de mínimos cuadrados en más de  $\pm 2$  % de la lectura o de  $\pm 0,3$  % del fondo de escala (se elegirá el valor más elevado).

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

#### 1.6.7. Verificación de la calibración

Antes de cada análisis deberá comprobarse cada intervalo de funcionamiento utilizado normalmente con arreglo al procedimiento siguiente.

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

Si el valor determinado para los dos puntos considerados no difiere del valor de referencia declarado en más de  $\pm 4$  % del fondo de escala, podrán modificarse los parámetros de ajuste. En caso contrario, se establecerá una nueva curva de calibración de conformidad con el punto 1.5.5.

#### 1.7. Ensayo de eficacia del convertidor de NO<sub>x</sub>

La eficacia del convertidor utilizado para la conversión de NO<sub>2</sub> en NO deberá comprobarse como se indica en los puntos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).

##### 1.7.1. Preparación del ensayo

Utilizando el montaje de ensayo indicado en la figura 6 (véase también el punto 3.3.5 del apéndice 4 del presente anexo) y el procedimiento descrito a continuación, se puede comprobar la eficacia de los convertidores mediante un ozonizador.

##### 1.7.2. Calibración

El CLD y el HCLD deberán calibrarse en el intervalo de funcionamiento más común, según las especificaciones del fabricante, utilizando gas cero y gas patrón (cuyo contenido de NO deberá equivaler aproximadamente a un 80 % del intervalo de funcionamiento, y la concentración de NO<sub>2</sub> de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO<sub>x</sub> deberá encontrarse en el 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 NO<sub>x</sub> se calculará de la manera siguiente:

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

donde:

a = es la concentración de NO<sub>x</sub> según el punto 1.7.6

b = es la concentración de NO<sub>x</sub> según el punto 1.7.7

c = es la concentración de NO según el punto 1.7.4

d = es la concentración de NO según el punto 1.7.5

##### 1.7.4. Adición de oxígeno

Mediante un conector en T se añade 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 punto 1.7.2 (el analizador se encuentra en el modo NO). Se registra la concentración «c» indicada. El ozonizador se mantendrá desactivado durante todo el proceso.

##### 1.7.5. Activación del ozonizador

Se activa el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO a aproximadamente un 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibración indicada en el punto 1.7.2. Se registra la concentración «d» indicada (el analizador se encuentra en el modo NO).

1.7.6. Modo NO<sub>x</sub>

El analizador de NO se cambia entonces al modo NO<sub>x</sub>, de manera que la mezcla de gases (constituida por NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>) pase por el convertidor. Se registra la concentración «a» indicada (el analizador se encuentra en el modo NO<sub>x</sub>).

## 1.7.7. Desactivación del ozonizador

Se desactiva el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el punto 1.7.6 pasa al detector a través del convertidor. Se registra la concentración «b» indicada (el analizador se encuentra en el modo NO<sub>x</sub>).

## 1.7.8. Modo NO

Tras el cambio al modo NO con el ozonizador desactivado, se interrumpe también el flujo de oxígeno o de aire sintético. La medida de NO<sub>x</sub> indicada por el analizador no debe diferir en más de  $\pm 5\%$  del valor medido con arreglo al punto 1.7.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

## 1.7.9. Intervalo de ensayo

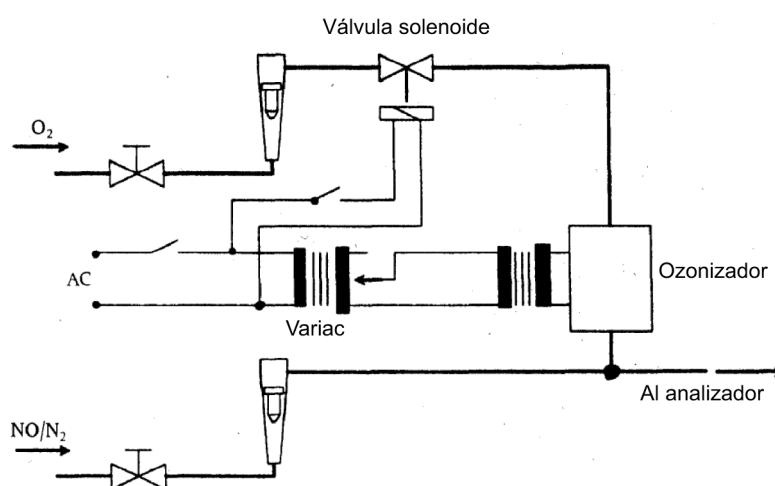
Antes de cada calibración del analizador de NO<sub>x</sub> se comprobará la eficacia del convertidor.

## 1.7.10. Requisito de eficiencia

La eficiencia del convertidor no deberá ser inferior al 90 %, aunque se recomienda encarecidamente una eficiencia 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 punto 1.7.5, se utilizará el intervalo de funcionamiento más alto que permita esa reducción.

Figura 6

Esquema del dispositivo de control de la eficiencia del convertidor de NO<sub>x</sub>

## 1.8. Ajuste del FID

## 1.8.1. Optimización de la respuesta del detector

El FID se ajustará de acuerdo con las especificaciones del fabricante del instrumento. Conviene utilizar un gas patrón de propano en aire para optimizar la respuesta en el intervalo de funcionamiento más común.

Tras seleccionar el caudal de combustible y de aire que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón de  $350 \pm 75$  ppm C. La respuesta a un determinado caudal de combustible se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero. El caudal de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrarán las respuestas del gas patrón y del gas cero con esos caudales de combustible. La diferencia entre la respuesta de calibración y la respuesta cero se representará gráficamente y el caudal de carburante se ajustará 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 punto 1.5.

Los factores de respuesta se determinarán cuando se ponga en servicio un analizador y después de largos periodos de servicio. El factor de respuesta ( $R_f$ ) para un tipo de hidrocarburo particular es la relación entre el valor leído de C1 del FID y la concentración de gas 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 exactitud de  $\pm 2$  % en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, el cilindro de gas se acondicionará previamente durante veinticuatro horas a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ).

Los gases de ensayo que deberán utilizarse y los correspondientes intervalos recomendados del factor de respuesta son los siguientes:

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

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

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

Estos valores corresponden al factor de respuesta ( $R_f$ ) de 1,00 para el propano y el aire sintético purificado.

#### 1.8.3. Comprobación de la interferencia del oxígeno

El control de la interferencia del oxígeno se efectuará cuando se ponga en servicio un analizador, y tras largos periodos de servicio.

El factor de respuesta se define y debe determinarse según lo indicado en el punto 1.8.2. A continuación se indican el gas de ensayo que debe utilizarse y el intervalo recomendado del factor de respuesta relativo:

Propano y nitrógeno  $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

Este valor es relativo al factor de respuesta ( $R_f$ ) 1,00 para el propano y el aire sintético purificado.

La concentración de oxígeno en el aire del quemador del FID deberá situarse en un margen de  $\pm 1$  mol % respecto a la concentración de oxígeno en el aire del quemador utilizado en el último control de interferencia del oxígeno. Si la diferencia es mayor, es preciso controlar la interferencia de oxígeno y, en su caso, ajustar el analizador.

#### 1.8.4. Eficiencia del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN)

El NMC se utiliza para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestreo mediante oxidación de todos los hidrocarburos excepto el metano. Idealmente, la conversión es del 0 % para el metano y del 100 % para el resto de hidrocarburos representados por el etano. Para medir con exactitud los NMHC, será preciso determinar las dos eficiencias y utilizarlas para calcular el caudal másico de emisión de NMHC (véase el anexo 4A, apéndice 2, punto 5.4).

##### 1.8.4.1. Eficiencia del metano

Se hará circular gas de calibración metano por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficiencia se determinará de la manera siguiente:

$$E_M = 1 - \frac{C_{\text{HC(w/cutter)}}}{C_{\text{HC(w/o cutter)}}$$

donde:

$c_w$  = concentración de HC con el CH<sub>4</sub> circulando por el NMC

$c_{w/o}$  = concentración de HC con el CH<sub>4</sub> en derivación, sin pasar por el NMC

#### 1.8.4.2. Eficiencia del etano

Se hará circular gas de calibración etano por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficiencia se determinará de la manera siguiente:

$$E_E = 1 - \frac{c_{HC(w/cutter)}}{c_{HC(w/o\ cutter)}}$$

donde:

$c_w$  = concentración de HC con el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> circulando por el NMC

$c_{w/o}$  = concentración de HC con el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> en derivación, sin pasar por el NMC.

### 1.9. Interferencias con los analizadores de CO, CO<sub>2</sub>, y NO<sub>x</sub>

Los gases de escape distintos del que se analiza pueden interferir en el valor leído de diferentes formas. En los analizadores NDIR se produce una interferencia positiva cuando el gas interferente provoca el mismo efecto que el gas que se está midiendo, pero en menor grado. En los analizadores NDIR se produce una interferencia negativa cuando el gas interferente ensancha la banda de absorción del gas medido, y en los detectores CLD, cuando el gas interferente reduce la radiación. Los ensayos de interferencia descritos en los puntos 1.9.1 y 1.9.2 se efectuarán antes de utilizar por primera vez un analizador y tras un largo periodo de servicio.

#### 1.9.1. Control de interferencia en el analizador de CO

El agua y el CO<sub>2</sub> pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO. En consecuencia, se tomará gas patrón de CO<sub>2</sub> 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 superará 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. Controles de las interferencias en el analizador de NO<sub>x</sub>

Los dos gases que pueden interferir en los analizadores CLD y HCLD son el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua. Las interferencias de estos dos gases son proporcionales a sus concentraciones, de modo que se precisan técnicas de ensayo para determinar el grado de interferencia a las concentraciones máximas que se prevé alcanzar durante el ensayo.

##### 1.9.2.1. Control de la interferencia del CO<sub>2</sub>

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas patrón de CO<sub>2</sub> con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento máximo, y el valor de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> y de NO como B y C, respectivamente. Por último, se interrumpirá el paso del CO<sub>2</sub>, por lo que sólo se hará pasar el gas patrón de NO por el (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor D.

El efecto interferente, que no deberá ser superior al 3 % del fondo de escala, se calculará de la manera siguiente:

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

donde:

A = es la concentración de CO<sub>2</sub> no diluido medida con el NDIR, en %

B = es la concentración de CO<sub>2</sub> diluido medida con el NDIR, en %

C = es la concentración de NO diluido medida con el (H)CLD, en ppm

D = es la concentración de NO no diluido medida con el (H)CLD, en ppm

Podrán utilizarse otros métodos para diluir y cuantificar los valores de los gases patrón de CO<sub>2</sub> y NO, por ejemplo, el mezclado dinámico.

#### 1.9.2.2. Control de la interferencia del agua

Este control se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas húmedo. El cálculo de la interferencia 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 (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. A continuación, el gas patrón de NO se hará borbotear en agua a la temperatura ambiente y se hará pasar por el (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor C. Se determinarán la presión de funcionamiento absoluta del analizador y la temperatura del agua y se registrarán como valores E y F, respectivamente. 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 (H, en %) de la mezcla se calculará de la manera siguiente:

$$H = 100 \times (G/E)$$

La concentración (D<sub>e</sub>) del gas patrón de NO diluido (en vapor de agua) que se espera alcanzar se calculará de la manera siguiente:

$$D_e = D \times (1 - H/100)$$

Para el escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua de escape (H<sub>m</sub>, en %) que se espera obtener durante el ensayo, suponiendo una relación atómica H/C del combustible de 1,8:1, a partir de la concentración de gas patrón de CO<sub>2</sub> no diluido (A, medida según el punto 1.9.2.1), de la manera siguiente:

$$H_m = 0,9 \times A$$

El efecto interferente, que no deberá ser superior al 3 %, se calculará de la manera siguiente:

$$\% \text{ de interferencia} = 100 \times [(D_e - C)/D_e] \times (H_m/H)$$

donde:

D<sub>e</sub> = concentración esperada de NO diluido, en ppm

C = concentración de NO diluido, en ppm

H<sub>m</sub> = concentración máxima de vapor de agua, en %

H = concentración real de vapor de agua, en %

*Nota:* Es importante que el gas patrón de NO contenga una concentración mínima de NO<sub>2</sub> para este control, dado que la absorción de NO<sub>2</sub> en el agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos del efecto interferente.

#### 1.10. Intervalos de calibración

Los analizadores se calibrarán de acuerdo con el punto 1.5 al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en la calibración.

### 2. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA CVS

#### 2.1. Generalidades

El sistema CVS se calibrará con un caudalímetro de exactitud contemplado en una norma nacional o internacional y con un dispositivo limitador. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador, y los parámetros de control del sistema se medirán y se relacionarán con el caudal.

Podrán utilizarse varios tipos de caudalímetros, por ejemplo, un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbidímetro calibrado.

## 2.2. Calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán simultáneamente con los parámetros relacionados con el caudalímetro conectado en serie a la bomba. El caudal calculado (en m<sup>3</sup>/min. en la entrada de la bomba, a una presión y una temperatura absolutas) se representará gráficamente respecto a una función de correlación que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función de correlación. Si un CVS posee múltiples regímenes, la calibración deberá efectuarse para cada intervalo utilizado. La temperatura deberá mantenerse estable durante la calibración.

### 2.2.1. Análisis de datos

El caudal de aire (Q<sub>s</sub>) para cada posición del limitador (mínimo seis posiciones) se calculará en m<sup>3</sup> estándar/min. a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación, el caudal de aire deberá convertirse en caudal de la bomba (V<sub>0</sub>) en m<sup>3</sup>/rev. a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{q_{vCVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p}$$

donde:

q<sub>vCVS</sub> = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K), en m<sup>3</sup>/s  
 T = temperatura en la entrada de la bomba, en K  
 p<sub>p</sub> = presión absoluta en la entrada de la bomba (p<sub>B</sub>-p<sub>1</sub>), en kPa  
 n = régimen de la bomba, en rev./s

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y el índice de deslizamiento de la bomba, se calculará la función de correlación (X<sub>0</sub>) entre la velocidad de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

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

donde:

Δp<sub>p</sub> = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba, en kPa  
 p<sub>p</sub> = presión absoluta en la salida de la bomba, en kPa

Se realizará un ajuste lineal por mínimos cuadrados para generar la ecuación de calibración siguiente:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0$$

D<sub>0</sub> y m son las constantes de intersección y de pendiente, respectivamente, que describen las líneas de regresión.

Para un sistema CVS con múltiples velocidades, las curvas de calibración generadas para los distintos intervalos de caudal de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección (D<sub>0</sub>) aumentarán a medida que disminuya el intervalo de caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación deberán encontrarse dentro de un margen de ± 0,5 % del valor medido de V<sub>0</sub>. Los valores 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 m. En consecuencia, la calibración deberá efectuarse en el momento de la puesta en servicio de la bomba, después de una operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema (punto 2.4) indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

## 2.3. Calibración del venturi de flujo crítico (CFV)

La calibración del venturi de flujo crítico se basa en la ecuación de caudal para un venturi crítico. El caudal de gas dependerá de la presión y la temperatura de entrada.

## 2.3.1. Análisis de datos

El caudal de aire ( $Q_s$ ) para cada posición del limitador (mínimo ocho posiciones) se calculará en  $m^3$  estándar/min. a partir de los datos del caudalímetro, utilizando 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:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{p_p}$$

donde:

$q_{vCVS}$  = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K), en  $m^3/s$   
 $T$  = temperatura en la entrada del venturi, en K  
 $p_p$  = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

Para determinar el intervalo de caudal crítico,  $K_v$  se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del venturi. Para el caudal crítico (estrangulado),  $K_v$  tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuya la presión (aumente el vacío), desaparece el estrangulamiento del venturi y  $K_v$  disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del intervalo admisible.

Para un mínimo de ocho puntos en la zona de caudal crítico, se calculará el  $K_v$  medio y la desviación típica. La desviación típica no deberá superar  $\pm 0,3 \%$  del  $K_v$  medio.

## 2.4. Calibración del venturi subsónico (SSV)

La calibración del SSV se basa en la ecuación de caudal para un venturi subsónico. El caudal 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.

## 2.4.1. Análisis de datos

El caudal de aire ( $Q_{SSV}$ ) para cada posición de limitación (con un mínimo de dieciséis posiciones) se calculará en  $m^3$  estándar/min. a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibración para cada reglaje, de la manera siguiente:

$$Q_{QSSV} = A_0 d^2 C_d p_p \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \left( r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \left( \frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]}$$

donde:

$Q_{SSV}$  = caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en  $m^3/s$   
 $T$  = temperatura en la entrada del venturi, en K  
 $d$  = diámetro del cuello del SSV, en m

$r_p$  = relación del cuello del SSV con la presión estática absoluta de entrada =  $SSV = 1 - \frac{\Delta p}{p_p}$

$r_D$  = relación del diámetro del cuello del SSV,  $d$ , con el diámetro interior del tubo de entrada  $D$

Para determinar el intervalo del caudal subsónico, se representará gráficamente  $C_d$  como función del número de Reynolds 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), en  $m^3/s$

$d$  = diámetro del cuello del SSV, en m



$\mu$  = viscosidad absoluta o dinámica del gas calculada mediante la fórmula siguiente:

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

$b$  = constante empírica =  $1,458 \times 10^6$ , kg/ms K<sup>0,5</sup>

$S$  = constante empírica = 110,4 K

Como  $Q_{SSV}$  es un dato introducido en la fórmula 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 exactitud mínima del 0,1 %.

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

## 2.5. Verificación de todo el sistema

La exactitud total del sistema de muestreo CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras éste funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de acuerdo con el anexo 4A, apéndice 2, punto 4.3, excepto en el caso del propano, para el que se utiliza un factor de 0,000472 en lugar del factor 0,000479 utilizado para los hidrocarburos. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas indicadas a continuación.

### 2.5.1. Medición con un orificio de flujo crítico

Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de flujo crítico 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 deberá funcionar como en un ensayo normal de emisiones de escape durante unos 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 de  $\pm 3$  % de la masa conocida del gas inyectado.

### 2.5.2. Medición por medio de una técnica gravimétrica

Se determinará el peso de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de  $\pm 0,01$  gramos. Durante 5 a 10 minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en un ensayo normal de emisiones de escape, mientras se inyecta monóxido de carbono o propano en el sistema. La cantidad de gas puro introducida se determinará mediante el pesaje diferencial. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración) y se calculará la masa del gas. La masa determinada deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 3$  % de la masa conocida del gas inyectado.

## 3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS

### 3.1. Introducción

La calibración de la medición de partículas se limitará a los caudalímetros utilizados para determinar el caudal de muestreo y la relación de dilución. Cada caudalímetro se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de exactitud que establece el presente Reglamento. El método de calibración que deberá emplearse se describe en el punto 3.2.

### 3.2. Medición del caudal

#### 3.2.1. Calibración periódica

- a) Para cumplir los criterios de exactitud absoluta de las mediciones de caudal especificados en el punto 2.2 del apéndice 4 del presente anexo, el caudalímetro o los instrumentos de medición de caudal se calibrarán con un caudalímetro de exactitud conforme a normas nacionales o internacionales.

- b) Si el caudal del gas de muestra se determina mediante medición diferencial de caudal, el caudalímetro o los instrumentos de medición de caudal se calibrarán siguiendo uno de los procedimientos que se describen a continuación, de modo que el valor de  $q_{mp}$  de la sonda en el túnel cumpla los requisitos de exactitud del punto 4.2.5.2 del apéndice 4 del presente anexo:
- i) El caudalímetro para  $q_{mdw}$  estará conectado en serie al caudalímetro para  $q_{mdew}$  y se calibrará la diferencia entre ambos en al menos cinco puntos de reglaje con valores de caudal equidistantes entre el valor  $q_{mdw}$  más bajo utilizado durante el ensayo y el valor  $q_{mdew}$  utilizado durante el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.
  - ii) Se conectará en serie un dispositivo de caudal másico calibrado al caudalímetro para  $q_{mdew}$  y se verificará su exactitud para el valor utilizado en el ensayo. A continuación, el dispositivo de caudal másico calibrado se conectará en serie al caudalímetro para  $q_{mdw}$  y se verificará su exactitud en al menos cinco posiciones de reglaje correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 50, en relación con el valor de  $q_{mdew}$  utilizado durante el ensayo.
  - iii) Se desconectará del escape el tubo de transferencia TT y se conectará a éste un dispositivo calibrado de medición de caudal con un intervalo adecuado para medir  $q_{mp}$ . A continuación,  $q_{mdew}$  se ajustará al valor utilizado durante el ensayo y  $q_{mdw}$  se ajustará secuencialmente a un mínimo de cinco valores correspondientes a relaciones de dilución  $q$  de entre 3 y 50. Otra posibilidad consiste en establecer un recorrido especial del caudal de calibración que circunvale el túnel, pero en el que el caudal de aire de dilución y el caudal de aire total pasen por los medidores correspondientes, como en el ensayo real.
  - iv) Se introducirá un gas trazador en el tubo de transferencia TT. Dicho gas podrá ser un componente del gas de escape como, por ejemplo,  $CO_2$  o  $NO_x$ . Tras su dilución en el túnel se medirá el gas trazador. Esta operación se realizará para cinco tasas de dilución de entre 3 y 50. La exactitud del caudal de muestreo se determinará a partir de la relación de dilución  $r_d$ :

$$q_{mp} = \frac{q_{mdew}}{r_d}$$

- c) Se tendrán en cuenta las precisiones de los analizadores de gas para garantizar la exactitud de  $q_{mp}$ .

### 3.2.2. Verificación del caudal de carbono

- a) Se recomienda verificar el caudal de carbono utilizando emisiones de escape reales para detectar posibles problemas de medición y control y verificar el buen funcionamiento del sistema de flujo parcial. La verificación del caudal 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.
- b) 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.
- c) Si se procede a la verificación del caudal de carbono, se aplicará el procedimiento previsto en el apéndice 6 del presente anexo. Los caudales de carbono se calcularán con arreglo a lo dispuesto en los puntos 2.1 a 2.3 del apéndice 6 del presente anexo. Los distintos caudales de carbono no deberían diferir en más de un 6 %.

### 3.2.3. Verificación previa al ensayo

- a) En las dos horas anteriores a la realización del ensayo se procederá a una verificación previa de la siguiente manera;
- b) La exactitud de los caudalímetros se verificará siguiendo el mismo método utilizado para la calibración (véase el punto 3.2.1 del presente apéndice) en al menos dos puntos, incluyendo valores de  $q_{mdw}$  que correspondan a relaciones de dilución de entre 5 y 15 para el valor de  $q_{mdew}$  utilizado durante el ensayo.
- c) Si puede demostrarse, mediante los registros del procedimiento de calibración descrito en el punto 3.2.1, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

**3.3. Determinación del tiempo de transformación (únicamente para sistemas de flujo parcial en el ensayo ETC)**

- a) Los reglajes 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;
- b) Se instalará en serie, estrechamente acoplado a la sonda, un caudalímetro de referencia independiente con un intervalo de medición adecuado para el caudal de la sonda. Este caudalímetro tendrá un tiempo de transformación inferior a 100 ms para el nivel de caudal utilizado en la medición del tiempo de respuesta, con una restricción del caudal suficientemente baja para no afectar a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial y conforme a las buenas prácticas técnicas.
- c) Se efectuará un cambio escalonado del caudal de escape (o del caudal de aire si se calcula el caudal de escape) que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, desde un caudal bajo hasta un mínimo del 90 % del fondo de escala. El detonante del cambio escalonado debería ser el mismo que el utilizado para iniciar el control anticipado en los ensayos reales. El estímulo escalonado del caudal de escape y la respuesta del caudalímetro se registrarán con una frecuencia de muestreo de al menos 10 Hz.
- d) 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  $q_{mp}$  del sistema de dilución de flujo parcial y de la señal  $q_{mew, i}$  del caudalímetro de escape. Estas señales se utilizarán en las verificaciones de regresión que se realizan después de cada ensayo (véase el punto 3.8.3.2 del apéndice 2 del presente anexo).
- e) 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. Éste será el valor anticipado del sistema de dilución de flujo parcial, que se aplicará de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.8.3.2 del apéndice 2 del presente anexo.

**3.4. Verificación de las condiciones del flujo parcial**

El intervalo de velocidades del gas de escape y las oscilaciones de la presión se verificarán y ajustarán, si procede, de conformidad con los requisitos del punto 2.2.1 del apéndice 7 (tubo de escape).

**3.5. Intervalos de calibración**

El instrumental de medición del caudal deberá calibrarse al menos cada tres meses o siempre que se efectúe una reparación o modificación del sistema que pueda afectar a la calibración.

**4. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DEL HUMO**

**4.1. Introducción**

El opacímetro se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de exactitud del presente Reglamento. En este punto se describe el método de calibración que debe emplearse para los componentes indicados en el punto 5 del apéndice 4 y el punto 3 de apéndice 7.

**4.2. Procedimiento de calibración**

**4.2.1. Tiempo de calentamiento**

El opacímetro se calentará y estabilizará según las recomendaciones del fabricante. Si el opacímetro dispone de un sistema de purga de aire para evitar que se ensucie la óptica del instrumento, este sistema también deberá activarse y ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

#### 4.2.2. Establecimiento de la respuesta de linealidad

Se controlará la linealidad del opacímetro en la función de lectura de la opacidad según las recomendaciones del fabricante. Se introducirán en el opacímetro tres filtros de densidad neutra y de transmitancia conocida que cumplan los requisitos del punto 5.2.5 del apéndice 4 del presente anexo y se registrará el valor. Los filtros de densidad neutra deberán tener opacidades nominales de aproximadamente 10 %, 20 % y 40 %.

La linealidad no deberá diferir en más de  $\pm 2$  % de opacidad respecto al valor nominal del filtro de densidad neutra. Todo defecto de linealidad que supere este valor deberá corregirse antes del ensayo.

#### 4.3. Intervalos de calibración

El opacímetro se calibrará de acuerdo con el punto 4.2.2 al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en la calibración.

---

Apéndice 6

**Verificación del caudal de carbono**

**1. INTRODUCCIÓN**

Todo el carbono presente en el gas de escape, salvo una parte mínima, procede del combustible, y casi todo se encuentra en forma de CO<sub>2</sub>, razón por la cual el control de la verificación del sistema se basa en las mediciones de CO<sub>2</sub>.

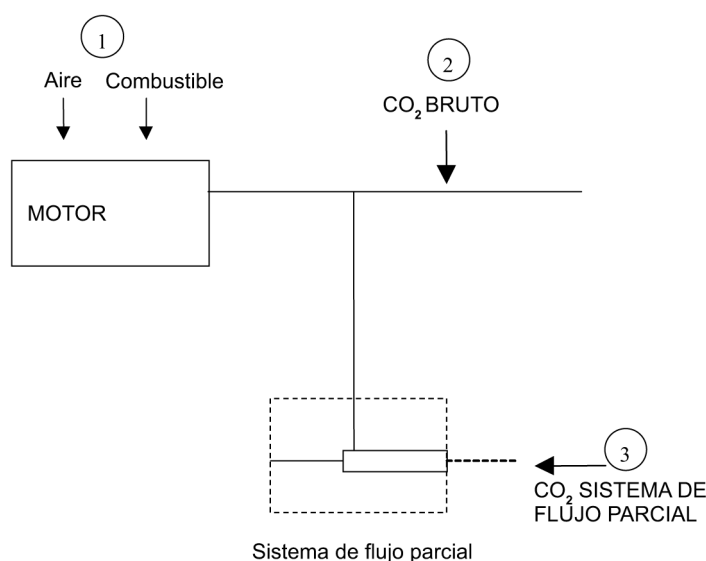
El caudal de carbono que entra en los sistemas de medición de las emisiones de escape se determina a partir del caudal de combustible. El caudal de carbono en distintos puntos de muestreo de los sistemas de muestreo de emisiones y de partículas se determina a partir de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y de los caudales de gas en dichos puntos.

En este sentido, el motor ofrece una fuente conocida de caudal de carbono, y la constatación de que el caudal de carbono es idéntico en el tubo de escape y en la salida del sistema de muestreo de partículas de flujo parcial permite confirmar la ausencia de fugas y la exactitud de la medición del caudal. Esta verificación tiene la ventaja de que los componentes actúan en condiciones reales de ensayo del motor por lo que respecta a la temperatura y al caudal.

La figura que se presenta a continuación muestra los puntos de muestreo en los que deberán comprobarse los caudales de carbono. Más abajo aparecen las ecuaciones específicas para los caudales de carbono en cada uno de los puntos de muestreo.

Figura 7

**Puntos de medición para verificar el caudal de carbono**



**2. CÁLCULOS**

**2.1. Caudal de carbono que entra en el motor (posición 1)**

El caudal másico de carbono que entra en el motor en el caso de un combustible CH<sub>a</sub>O<sub>ε</sub> se calcula de la manera siguiente:

$$q_{mCf} = \frac{12,011}{12,011 + a + 15,999 \times \varepsilon} \times q_{mf}$$

donde:

$q_{mf}$  = caudal másico del combustible, en kg/s

## 2.2. Caudal de carbono en el gas de escape bruto (posición 2)

El caudal másico de carbono en el tubo de escape del motor se determinará a partir de la concentración de CO<sub>2</sub> bruto y del caudal másico de gas de escape:

$$q_{mCe} = \left( \frac{c_{CO_2r} - c_{CO_2a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_{re}}$$

donde:

- $c_{CO_2r}$  = concentración húmeda de CO<sub>2</sub> en el gas de escape bruto, en %
- $c_{CO_2a}$  = concentración húmeda de CO<sub>2</sub> en el aire ambiente, en % (en torno a 0,04 %)
- $q_{mew}$  = caudal másico del gas de escape en base húmeda, en kg/s
- $M_{re}$  = masa molecular del gas de escape

Si el CO<sub>2</sub> se mide en base seca, el valor obtenido deberá calcularse en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.2 del apéndice 1 del presente anexo.

## 2.3. Caudal de carbono en el sistema de dilución (posición 3)

El caudal de carbono se determinará a partir de la concentración de CO<sub>2</sub> diluido, el caudal másico del gas de escape y el caudal de muestreo:

$$q_{mCp} = \left( \frac{c_{CO_2d} - c_{CO_2a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_{re}} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}}$$

donde:

- $c_{CO_2d}$  = concentración húmeda de CO<sub>2</sub> en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución, en %
- $c_{CO_2a}$  = concentración húmeda de CO<sub>2</sub> en el aire ambiente, en % (en torno a 0,04 %)
- $q_{mdew}$  = caudal másico del gas de escape en base húmeda, en kg/s
- $q_{mew}$  = caudal másico del gas de escape en base húmeda, en kg/s (únicamente para sistemas de flujo parcial)
- $q_{mp}$  = caudal de la muestra de gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, en kg/s (únicamente para sistemas de flujo parcial)
- $M_{re}$  = masa molecular del gas de escape

Si el CO<sub>2</sub> se mide en base seca, el valor obtenido deberá calcularse en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.2 del apéndice 1 del presente anexo.

## 2.4. La masa molecular ( $M_{re}$ ) del gas de escape se calculará de la manera siguiente:

$$M_{re} = \frac{1 + \frac{q_{mf}}{q_{maw}}}{\frac{q_{mf}}{q_{maw}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,01 + 1,0079 \times \alpha + 15,999 \times \varepsilon + 14,006 \times \delta + 32,06 \times \gamma} + \frac{\frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,0079 + 15,999} + \frac{1}{M_{ra}}}{1 + H_a \times 10^{-3}}}$$

donde:

- $q_{mf}$  = caudal másico del combustible, en kg/s
- $q_{maw}$  = caudal másico del aire de admisión en base húmeda, en kg/s
- $H_a$  = humedad del aire de admisión, g de agua por kg de aire seco
- $M_{ra}$  = masa molecular del aire de admisión seco (= 28,9 g/mol)
- $\alpha, \delta, \varepsilon, \gamma$  = relaciones molares en relación con un combustible C H<sub>a</sub> O<sub>δ</sub> N<sub>ε</sub> S<sub>γ</sub>

Como alternativa, pueden utilizarse las siguientes masas moleculares:

- $M_{re}$  (diésel) = 28,9 g/mol
- $M_{re}$  (GLP) = 28,6 g/mol
- $M_{re}$  (GN) = 28,3 g/mol

Apéndice 7

Sistemas de análisis y muestreo

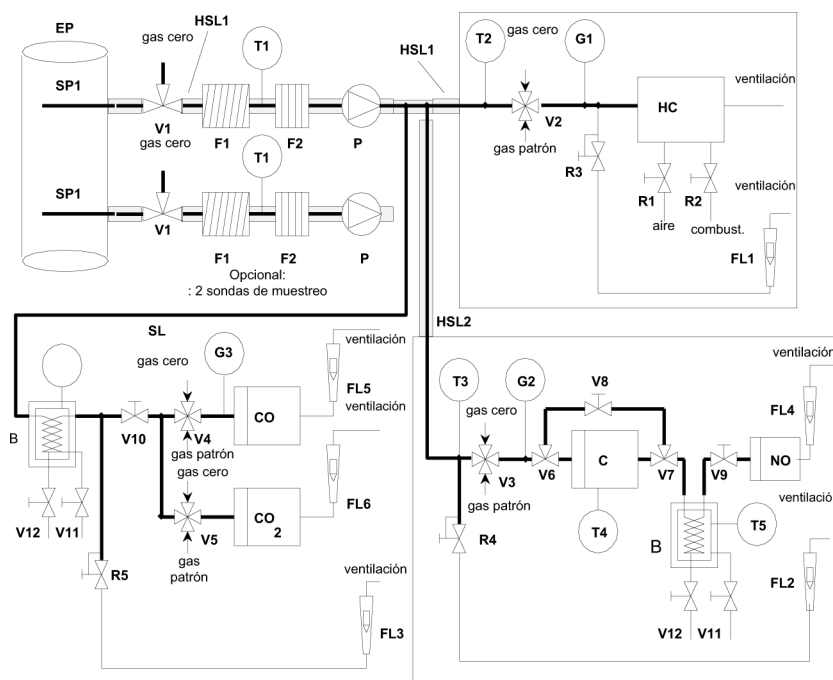
1. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES GASEOSAS

1.1. Introducción

El punto 1.2 y las figuras 7 y 8 ofrecen descripciones detalladas de los sistemas de análisis y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos adicionales, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la exactitud en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

Figura 7

Diagrama de flujo del sistema de análisis del gas de escape bruto sólo para el ensayo ESC de  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y HC



1.2. Descripción del sistema de análisis

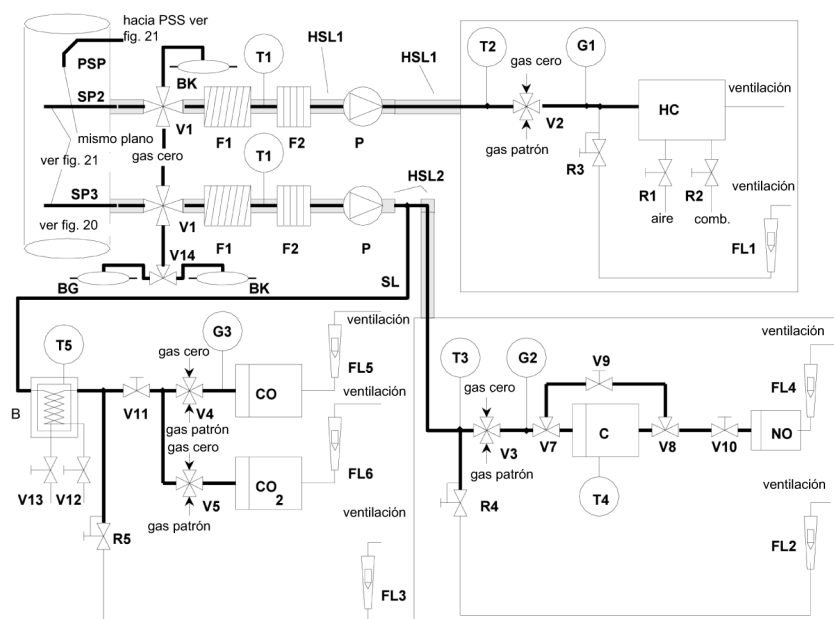
Se describe un sistema de análisis para determinar las emisiones gaseosas en el gas de escape bruto (figura 7, ensayo ESC exclusivamente) o diluido (figura 8, ensayos ETC y ESC) en función de la utilización de:

- un analizador HFID para la medición de los hidrocarburos;
- analizadores NDIR para la medición del monóxido de carbono y el dióxido de carbono;
- un analizador HCLD o equivalente para la medición de los óxidos de nitrógeno.

La muestra para todos los componentes podrá tomarse con una sonda de muestreo o con dos situadas muy cerca la una de la otra y divididas internamente en función de los diferentes analizadores. Deberá procurarse 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 8

**Diagrama del sistema de análisis del gas de escape diluido para CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC Ensayo ETC, opcional para el ensayo ESC**



1.2.1. Elementos de las figuras 7 y 8:

EP Tubo de escape

SP1: Sonda de muestreo del gas de escape (sólo la figura 7)

Se recomienda utilizar una sonda recta de acero inoxidable cerrada en su extremidad y con múltiples agujeros. El diámetro interior no será mayor que el diámetro interior del conducto de muestreo. La pared de la sonda tendrá un grosor máximo de 1 mm. Habrá un mínimo de 3 orificios en 3 planos radiales diferentes dimensionados para que pase por todos ellos aproximadamente el mismo caudal de muestreo. La sonda ocupará al menos un 80 % del diámetro del tubo de escape. Se podrá utilizar una o dos sondas de muestreo.

SP2: Sonda de muestreo de gas de escape diluido para HC (figura 8 exclusivamente)

La sonda:

- se definirá como los primeros 254 a 762 mm del conducto de muestreo calentado (HSL1);
- tendrá un diámetro interior mínimo de 5 mm;
- se instalará en el túnel de dilución (DT) (véase el punto 2.3, figura 20) en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente (es decir, aproximadamente a diez veces el diámetro del túnel después del punto en que el gas de escape penetra en el túnel de dilución);
- se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea afectada por ninguna estela o turbulencia;
- se calentará para aumentar la temperatura del flujo de gas hasta  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) en la salida de la sonda.



SP3: Sonda de muestreo del gas de escape diluido para CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (figura 8 exclusivamente)

La sonda:

- a) estará en el mismo plano que la sonda SP 2;
- b) se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea afectada por ninguna estela o turbulencia;
- c) estará calentada y aislada en toda su longitud a una temperatura mínima de 328 K (55 °C) para evitar la condensación de agua.

HSL1: Conducto de muestreo calentado

El conducto de muestreo permite transportar una muestra de gas desde una única sonda hasta el punto o los puntos de separación y el analizador de HC.

El conducto de muestreo:

- a) tendrá un diámetro interior de 5 mm como mínimo y de 13,5 mm como máximo;
- b) deberá ser de acero inoxidable o de PTFE;
- c) mantendrá una temperatura de pared de 463 K  $\pm$  10 K (190 °C  $\pm$  10 °C) medida en cada sección calentada y controlada por separado, si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es igual o inferior a 463 K (190 °C);
- d) mantendrá una temperatura de pared superior a 453 K (180 °C), si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es superior a 463 K (190 °C);
- e) mantendrá una temperatura del gas de 463 K  $\pm$  10 K (190 °C  $\pm$  10 °C) inmediatamente antes del filtro calentado F2 y del HFID.

HSL2: Conducto de muestreo de NO<sub>x</sub> calentado

El conducto de muestreo:

- a) mantendrá una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C) hasta el convertidor C cuando se utilice un baño refrigerante B y hasta el analizador cuando no se utilice un baño refrigerante B;
- b) deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.

SL: Conducto de muestreo de CO y CO<sub>2</sub>

El conducto deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá estar calentado o no.

BK: Bolsa de fondo (opcional; figura 8 únicamente)

Para el muestreo de las concentraciones de fondo.

BG: Bolsa de muestreo (opcional; figura 8 CO y CO<sub>2</sub> únicamente)

Para el muestreo de las concentraciones de la muestra.

F1: Prefiltro calentado (opcional)

Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1.

F2: Filtro calentado

El filtro deberá extraer todas las partículas sólidas de la muestra de gas antes del analizador. Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1. Deberá cambiarse el filtro cuando sea necesario.

P: Bomba de muestreo calentada

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 K y 473 K (180 °C a 200 °C).

CO y CO<sub>2</sub>: Analizadores NDIR para determinar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono (opcional para determinar la relación de dilución para la medición de partículas).

NO: Analizador CLD o HCLD para determinar los óxidos de nitrógeno. Si se utiliza un analizador HCLD, se mantendrá a una temperatura de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C).

C: Convertidor

Se utilizará un convertidor para la reducción catalítica de NO<sub>2</sub> a NO antes del análisis en el CLD o el HCLD.

B: Baño refrigerante (opcional)

Para refrigerar y condensar el agua de la muestra de escape. El baño se mantendrá a una temperatura de 273 K a 277 K (0 °C a 4 °C) mediante hielo o refrigeración. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias de vapor de agua, tal como se indica en los puntos 1.9.1 y 1.9.2 del apéndice 5 del presente anexo. Si se elimina el agua por condensación, se controlará la temperatura o punto de condensación de la muestra de gas, ya sea en el interior del colector de agua o en otro lugar después de éste. La temperatura o el punto de condensación de la muestra de gas no deberán superar 280 K (7 °C). No se permite la utilización de secadores químicos para eliminar el agua de la muestra.

T1, T2 y T3: Sensores de temperatura

Para controlar la temperatura del flujo de gas.

T4: Sensor de temperatura

Para controlar la temperatura del convertidor NO<sub>2</sub>-NO.

T5: Sensor de temperatura

Para controlar la temperatura del baño refrigerante.

G1, G2 y G3: Manómetros

Para medir la presión en los conductos de muestreo.

R1 y R2: Reguladores de presión

Para controlar la presión del aire y del combustible, respectivamente, en el HFID.

R3, R4 y R5: Reguladores de presión

Para controlar la presión en los conductos de muestreo y el caudal que llega a los analizadores.

FL1, FL2 y FL3: Caudalímetros

Para controlar el caudal de derivación de la muestra.

FL4 a FL6: Caudalímetros (opcionales)

Para controlar el caudal que circula por los analizadores.

V1 a V5: Válvulas selectoras

Sistema de válvulas adecuado para dirigir el flujo del gas de la muestra, del gas patrón o del gas cero a los analizadores.

V6 y V7: Válvulas solenoides

Para poner en derivación el convertidor de  $\text{NO}_2$ -NO.

V8: Válvula de aguja

Para equilibrar el flujo del convertidor C de  $\text{NO}_2$ -NO y el flujo en derivación.

V9 y V10: Válvulas de aguja

Para regular los flujos que reciben los analizadores.

V11 y V12: Válvulas purgadoras (opcionales)

B Para drenar el condensado del baño

### 1.3. Análisis de NMHC (sólo para motores de gas alimentados con GN)

#### 1.3.1. Método de cromatografía de gases (GC, figura 9)

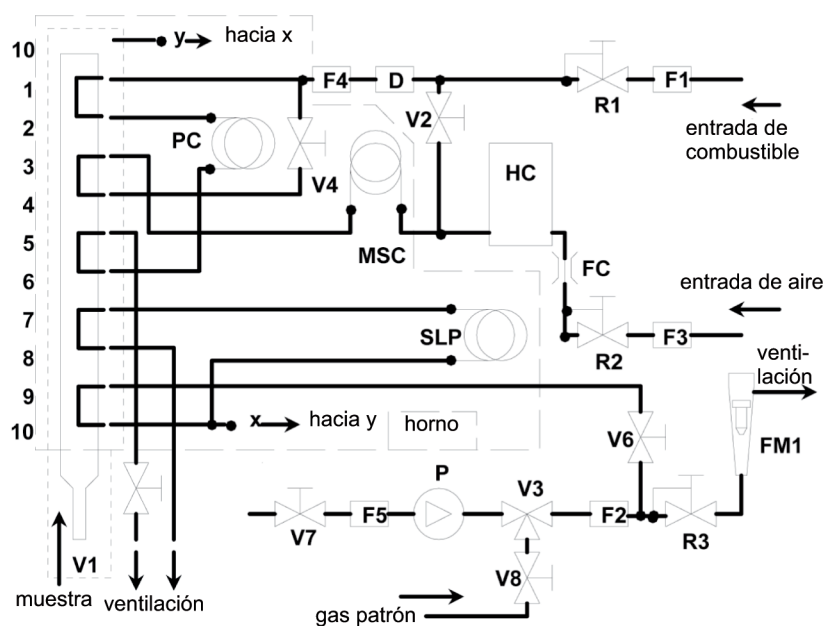
Al utilizar el método de cromatografía de gases, se inyecta un pequeño volumen medido de muestra en una columna analítica, por la que se hace circular con un gas portador inerte. La columna separa los distintos componentes en función de sus puntos de ebullición para que eluyan de la columna en momentos diferentes. A continuación pasan por un detector que emite una señal eléctrica que depende de su concentración. Como no se trata de una técnica de análisis continuo, sólo puede utilizarse con el método de la bolsa de muestreo descrito en el punto 3.4.2 del apéndice 4 del presente anexo.

Para los NMHC se utilizará un cromatógrafo de gases automático con un FID. Se tomará una muestra de gas de escape en una bolsa de muestreo, parte de la cual se inyectará en el cromatógrafo de gases. La muestra se separará en dos partes ( $\text{CH}_4$ /aire/CO y NMHC/ $\text{CO}_2$ / $\text{H}_2\text{O}$ ) en la columna de Porapak. La columna de tamiz molecular separa el  $\text{CH}_4$  del aire y el CO antes de hacerlo pasar por el FID, donde se medirá su concentración. Un ciclo completo, desde que se inyecta una muestra hasta que se inyecta la siguiente, puede efectuarse en 30 segundos. Para determinar el contenido de NMHC, se restará la concentración de  $\text{CH}_4$  de la concentración total de HC (véase el punto 4.3.1 del apéndice 2 del presente anexo).

La figura 9 muestra un cromatógrafo de gases típico montado para la determinación rutinaria de  $\text{CH}_4$ . Pueden utilizarse otros métodos de cromatografía de gases basados en buenas prácticas técnicas.

Figura 9

## Diagrama de flujo para el análisis de metano (método GC)



Componentes de la figura 9:

PC: Columna de Porapak

Se utilizará una columna de Porapak N, de 180/300  $\mu\text{m}$  (malla de 50/80), con unas dimensiones de 610 mm de longitud y 2,16 mm de diámetro interior. Si se utiliza por primera vez, la columna deberá acondicionarse durante un mínimo de doce horas a 423 K (150 °C) con un gas portador.

MSC: Columna de tamiz molecular

Se utilizará una columna de tipo 13X, de 250/350  $\mu\text{m}$  (malla de 45/60), 1 220 mm de longitud  $\times$  2,16 mm de diámetro interior, y se acondicionará durante un mínimo de doce horas a 423 K (150 °C) con un gas portador antes de su primera utilización.

OV: Horno

Para mantener las columnas y las válvulas a una temperatura estable para el funcionamiento del analizador, y para acondicionar las columnas a 423 K (150 °C).

SLP: Bucle de muestra

Un tubo de acero inoxidable de longitud suficiente para albergar un volumen de 1  $\text{cm}^3$  aproximadamente.

P: Bomba

Para transportar la muestra al cromatógrafo de gas.

D: Secador

Se utilizará un secador que contenga un tamiz molecular para eliminar el agua y otros contaminantes que pueda haber en el gas portador.

HC: Detector de ionización de llama (FID) para medir la concentración de metano

V1: Válvula de inyección de la muestra

Para inyectar la muestra que se ha tomado en la bolsa de muestreo mediante el conducto de muestreo SL de la figura 8. Deberá tener un volumen muerto reducido, ser estanca al gas y poderse calentar a 423 K (150 °C).

V3: Válvula selectora

Para seleccionar el gas patrón, la muestra o la ausencia de flujo.

V2, V4, V5, V6, V7 y V8: Válvulas de aguja

Para establecer los caudales del sistema.

R1, R2 y R3: Reguladores de presión

Para controlar los caudales de combustible (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

FC: Capilar del flujo

Para controlar el flujo de aire que llega al FID.

G1, G2 y G3: Manómetros

Para controlar los caudales de combustible (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

F1, F2, F3, F4 y F5: Filtros

Filtros de metal sinterizado para prevenir la penetración de arenilla en la bomba o en el instrumento.

FL1: Caudalímetro

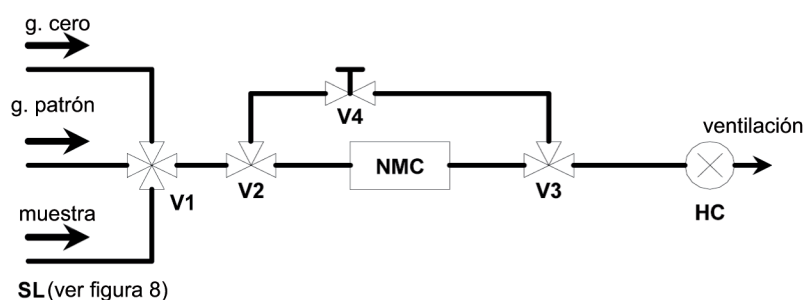
Para medir el caudal de derivación de la muestra.

#### 1.3.2. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC, figura 10)

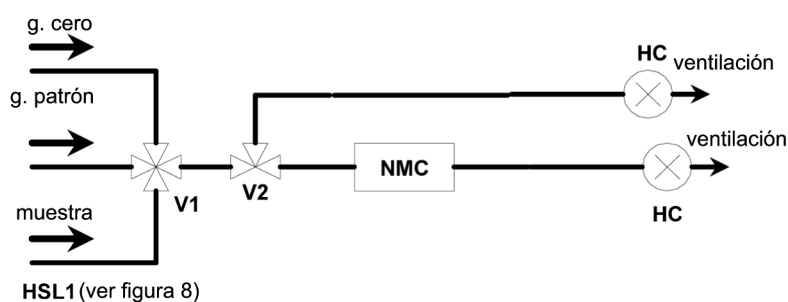
El separador oxida todos los hidrocarburos, excepto el CH<sub>4</sub>, en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, de manera que al hacer pasar la muestra por el NMC, el FID detecta exclusivamente el CH<sub>4</sub>. Si se utilizan bolsas de muestreo, se instalará un sistema de división del flujo en el SL (véase el punto 1.2, figura 8) que permita hacer pasar el flujo alternativamente por el separador o por una derivación, tal como indica la parte superior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán ambos valores (HC y CH<sub>4</sub>) en el FID y se registrarán. Si se emplea el método de integración, se instalará un NMC en línea con un segundo FID paralelo al FID normal en el HSL1 (véase el punto 1.2, figura 8), tal como indica la parte inferior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán los valores de los dos FID (HC y CH<sub>4</sub>) y se registrarán.

Antes de utilizarlo en el ensayo, el separador se caracterizará a una temperatura mínima de 600 K (327 °C) respecto a su efecto catalítico sobre el CH<sub>4</sub> y el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> con valores de H<sub>2</sub>O representativos de las condiciones del flujo de escape. Deberán conocerse el punto de condensación y el nivel de O<sub>2</sub> del flujo de escape muestreado. Se registrará la respuesta relativa del FID al CH<sub>4</sub> (véase el punto 1.8.2 del apéndice 5 del presente anexo).

Figura 10

**Diagrama de flujo para el análisis del metano con el separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)**

Método de la bolsa de muestreo



Método integrador

Componentes de la figura 10:

NMC Separador de hidrocarburos no metánicos

Para oxidar todos los hidrocarburos excepto el metano.

HC: Detector de ionización de llama calentado (HFID) para medir las concentraciones de HC y de CH<sub>4</sub>. La temperatura se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C a 200 °C).

V1: Válvula selectora

Para seleccionar la muestra, el gas cero y el gas patrón. La válvula V1 es idéntica a la válvula V2 de la figura 8.

V2 y V3: Válvulas solenoides

Para poner en derivación el NMC.

V4: Válvula de aguja

Para equilibrar el caudal del NMC y el caudal de derivación.

R1: Regulador de presión

Para controlar la presión en el conducto de muestreo y el caudal del HFID. El regulador R1 es idéntico al regulador R3 de la figura 8.

FL1: Caudalímetro

Para medir el caudal de derivación de la muestra. El caudalímetro FL1 es idéntico al caudalímetro FL1 de la figura 8.

## 2. DILUCIÓN DEL GAS DE ESCAPE Y DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

### 2.1. Introducción

Los puntos 2.2, 2.3 y 2.4 y las figuras 11 a 22 ofrecen descripciones detalladas de los sistemas de dilución y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la exactitud en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

### 2.2. Sistema de dilución de flujo parcial

En las figuras 11 a 19 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte del flujo de escape. La separación del flujo de escape y el proceso de dilución posterior pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la posterior recogida de las partículas se hará pasar la totalidad o sólo una parte del gas de escape diluido por el sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). El primer método se denominará tipo de muestreo total y el segundo, tipo de muestreo fraccionado.

El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado. Se recomiendan los tipos siguientes:

#### Sistemas isocinéticos (figuras 11 y 12)

Con estos sistemas, el flujo del tubo de transferencia se equipara con el flujo de escape global en cuanto a velocidad o presión del gas, lo que exige un flujo de escape invariable y uniforme en la sonda de muestreo. Para ello, suele emplearse un resonador y un tubo de aproximación recto antes del punto de muestreo. A continuación se calcula la relación de separación a partir de valores que puedan determinarse fácilmente, como los diámetros de los tubos. Cabe señalar que la isocinética sólo se utiliza para equiparar las condiciones de flujo, y no para equiparar la distribución en cuanto al tamaño. Normalmente, ésta última no es necesaria, puesto que las partículas son suficientemente pequeñas para seguir las corrientes de fluidos.

#### Sistemas de caudal controlado con medición de la concentración (figuras 13 a 17)

Con estos sistemas se toma una muestra del flujo de escape global ajustando el caudal del aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de las concentraciones de gases trazadores, como  $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ , que aparecen de manera natural en el gas de escape del motor. Se miden las concentraciones en el gas de escape diluido y en el aire de dilución, mientras que la concentración en el gas de escape bruto puede medirse directamente o determinarse a partir del caudal de combustible y la ecuación de equilibrio del carbono, si se conoce la composición del combustible. Los sistemas pueden controlarse mediante la relación de dilución calculada (figuras 13 y 14) o el caudal del tubo de transferencia (figuras 12, 13 y 14).

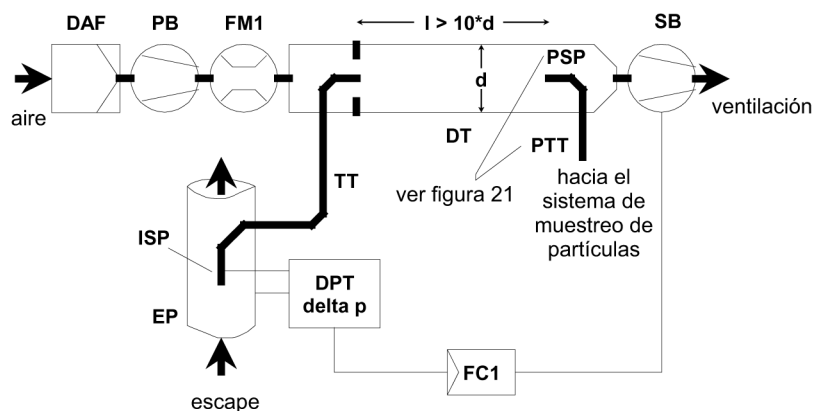
#### Sistemas de flujo controlado con medición del caudal (figuras 18 y 19)

Con estos sistemas se toma una muestra del flujo de escape global configurando el caudal de aire de dilución y el caudal total del gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de la diferencia entre ambos caudales. Es preciso calibrar con exactitud los caudalímetros, el uno respecto al otro, dado que la magnitud relativa de ambos caudales puede dar lugar a errores significativos con relaciones de dilución más altas (15 y superior). El caudal se controla muy fácilmente manteniendo constante el caudal de escape diluido y variando el caudal del aire de dilución, si es preciso.

Al emplear sistemas de dilución de flujo parcial, se procurará evitar los problemas de pérdida de partículas en el tubo de transferencia, asegurándose de que se toma una muestra representativa de las emisiones de escape del motor, y se determinará la relación de separación. Los sistemas descritos tienen en cuenta estas áreas críticas.

Figura 11

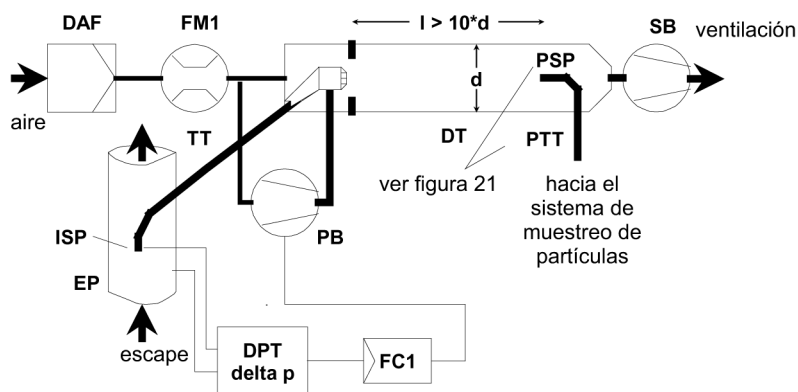
## Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con SB)



El gas de escape bruto 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 caudal FC1 que controla el aspirador SB para mantener una diferencia de presión igual a cero en la extremidad de la sonda. En estas condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y en la ISP son idénticas, y el caudal de la ISP y del TT constituye una fracción constante (división) del caudal del gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de las secciones transversales del EP y de la ISP. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1. La relación de dilución se calcula a partir del caudal del aire de dilución y de la relación de separación.

Figura 12

## Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con PB)



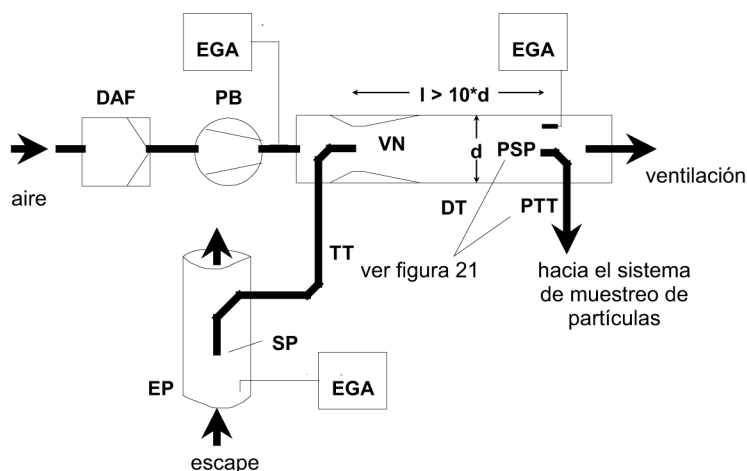
El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el ventilador centrífugo PB con objeto de mantener una diferencia de presión igual a cero en la extremidad de la sonda. Para ello se toma una pequeña fracción del aire de dilución, cuyo caudal ya se ha medido con el dispositivo de medición de caudal FM1, y se introduce en el TT mediante un orificio neumático. En estas condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y en la ISP son idénticas, y el caudal de la ISP y del TT constituye una fracción constante (división) del caudal del gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de las secciones transversales del EP y de la ISP. El aspirador SB succiona el aire de dilución a través del DT, y el caudal se mide con el FM1 en la entrada del DT. La relación de dilución se calcula a partir del caudal del aire de dilución y de la relación de separación.





Figura 15

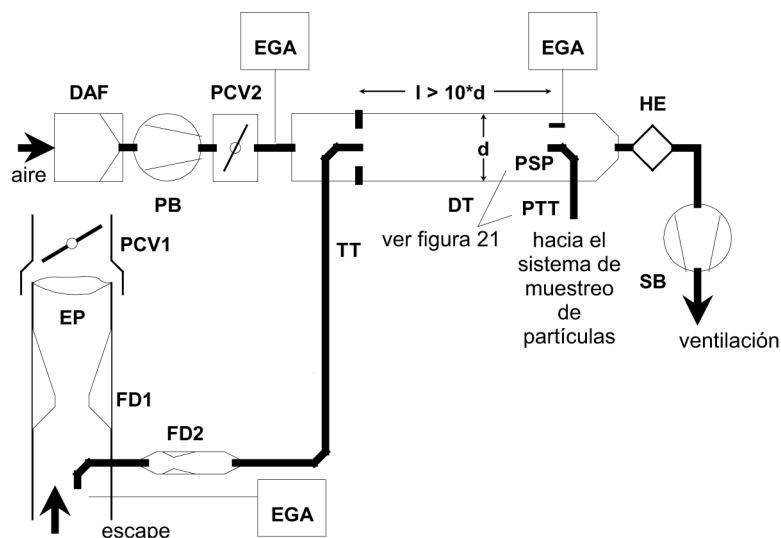
**Sistema de dilución de flujo parcial con un solo venturi, medición de la concentración y muestreo fraccionado**



El gas de escape bruto 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, debido a la presión negativa que provoca el venturi VN en el DT. El caudal de gas que pasa por el TT depende del intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi y, por tanto, se ve afectado por la temperatura absoluta del gas en la salida del TT. Por consiguiente, la división del gas de escape para un determinado caudal del túnel no es constante, y la relación de dilución con poca carga es ligeramente inferior a la relación con mucha carga. Se miden las concentraciones del gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con los analizadores EGA, y se calcula la relación de dilución a partir de los valores medidos.

Figura 16

**Sistema de dilución de flujo parcial con doble venturi o doble orificio, medición de la concentración y muestreo fraccionado**

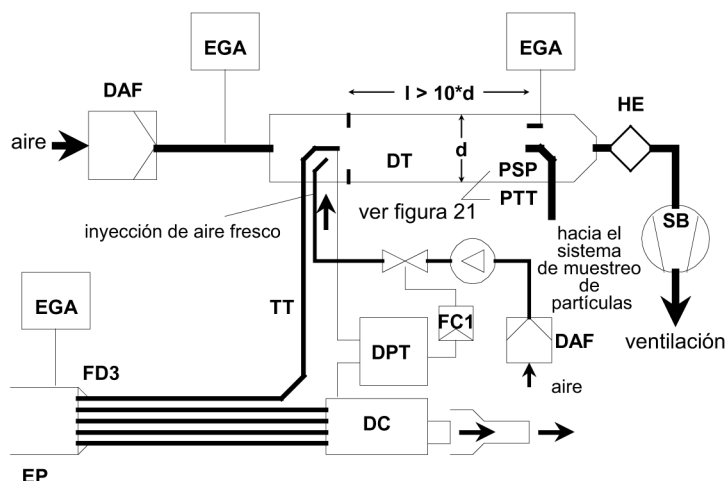


El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, mediante un divisor del flujo que contiene varios orificios o venturis. El primer divisor de flujo (FD1) se encuentra en el EP y el segundo (FD2), en el TT. Se precisan además dos válvulas reguladoras de presión (PCV1 y PCV2) para mantener una división constante del gas de escape, controlando la contrapresión en el EP y la presión en el túnel de dilución DT. La válvula PCV1 está situada después de la bomba de muestreo en el tubo de escape, y la válvula PCV2, entre el ventilador centrífugo PB y el túnel de dilución DT. Se miden las concentraciones del gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el

aire de dilución con los analizadores de gas de escape EGA. Dichas concentraciones son necesarias para controlar la división del gas de escape, y pueden utilizarse para ajustar las válvulas PCV1 y PCV2 de cara a un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

Figura 17

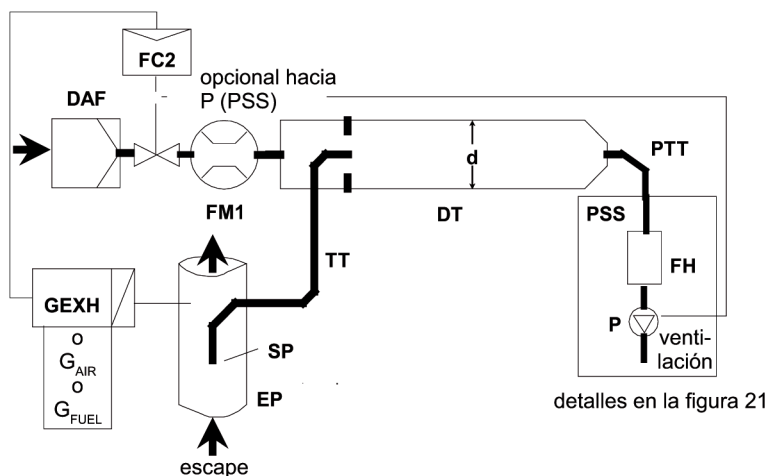
**Sistema de dilución de flujo parcial con división en tubos múltiples, medición de la concentración y muestreo fraccionado**



El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, gracias al divisor de flujo FD3, que consiste en varios tubos de las mismas dimensiones (mismo diámetro, longitud y radio de curvatura) instalados en el tubo de escape EP. El gas de escape que pasa por uno de los tubos se conduce hasta el túnel de dilución DT, y el gas de escape que pasa por el resto de los tubos se hace pasar por la cámara amortiguadora DC. Por lo tanto, el número total de tubos determina la división del gas de escape. Para mantener un control constante de dicha división es preciso que la diferencia de presión entre la DC y la salida del TT, medida con el transductor de presión diferencial DPT, sea igual a cero. Para conseguir que dicha diferencia de presión sea igual a cero, se inyecta aire fresco en el DT a la salida del TT. Se miden las concentraciones del gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con los analizadores de gas de escape EGA. Dichas concentraciones son necesarias para controlar la división del gas de escape y pueden utilizarse para controlar el caudal de inyección de aire de cara a un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

Figura 18

**Sistema de dilución de flujo parcial con control del flujo y muestreo total**

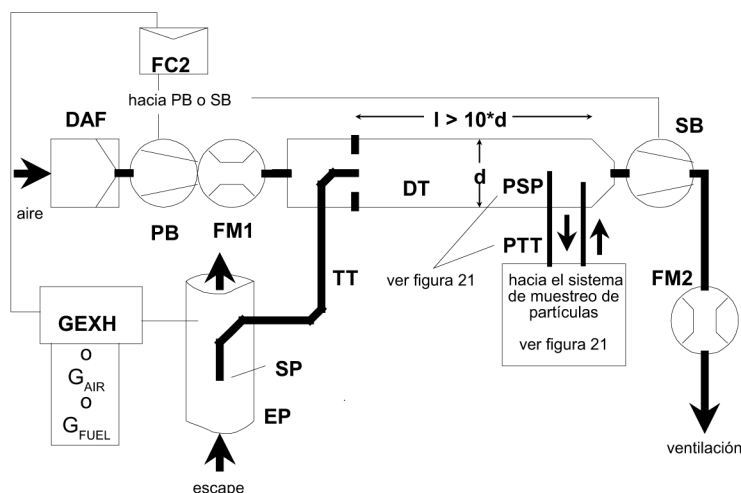


El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. El flujo total que circula por el túnel se regula con el regulador de caudal FC3 y la bomba de muestreo P del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 18). El flujo de aire de dilución se controla mediante el regulador de caudal FC2, que puede utilizar  $G_{\text{EXHW}}$ ,  $G_{\text{AIRW}}$  o  $G_{\text{FUEL}}$  como señales de mando, para

conseguir la división deseada de las emisiones de escape. El flujo de muestreo que entra en el DT es la diferencia entre el flujo total y el flujo del aire de dilución. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1, y el caudal total se mide con el dispositivo de medición de caudal FM3 del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 21). La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

Figura 19

#### Sistema de dilución de flujo parcial con control del flujo y muestreo fraccionado



El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. La división del gas de escape y el flujo que entra en el DT se controlan mediante el regulador de caudal FC2, que regula por lo tanto los flujos (o velocidades) del ventilador centrífugo PB y del aspirador SB. Ello es posible gracias a que la muestra que se toma con el sistema de muestreo de partículas se devuelve al DT.  $G_{EXHW}$ ,  $G_{AIRW}$  o  $G_{FUEL}$  pueden utilizarse como señales de mando para el FC2. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1 y el caudal total, con el dispositivo de medición de caudal FM2. La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

#### 2.2.1. Elementos de las figuras 11 a 19:

##### EP Tubo de escape

El tubo de escape podrá estar aislado. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12. Se limitará al mínimo el número de curvas a fin de reducir la deposición inercial. Si el sistema incluye un silenciador del banco de pruebas, también podrá aislarse el silenciador.

Para un sistema isocinético, el tubo de escape no deberá tener codos, curvas ni cambios bruscos de diámetro en una distancia mínima equivalente a 6 veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y 33 veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad. La velocidad del gas en la zona de muestreo deberá ser superior a 10 m/s, excepto en la fase de ralentí. Las variaciones de presión del gas de escape no rebasarán  $\pm 500$  Pa de promedio. Cualquier medida que se adopte para reducir las oscilaciones de presión que exceda del uso de un sistema de escape de tipo chasis (con inclusión del silenciador y de dispositivos de postratamiento) no deberá alterar el rendimiento del motor ni provocar la deposición de partículas.

Para los sistemas sin sonda isocinética, se recomienda utilizar un tubo recto de una longitud equivalente a 6 veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y a 3 veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad.

##### SP Sonda de muestreo (figuras 10, 14, 15, 16, 18 y 19)

El diámetro interior mínimo será de 4 mm y la relación mínima entre el diámetro del tubo de escape y el diámetro de la sonda será de 4. La sonda consistirá en un tubo abierto orientado a contracorriente en el eje central del tubo de escape, o en una sonda de múltiples orificios tal como se describe la sección sobre la SP1 del punto 1.2.1, figura 5.

ISP: Sonda de muestreo isocinética (figuras 11 y 12)

La sonda de muestreo isocinética estará orientada a contracorriente en el eje central del tubo de escape, en un punto donde se cumplan las condiciones de flujo especificadas en el punto EP, y estará diseñada para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. El diámetro mínimo interior será de 12 mm.

Se precisa un sistema de control para la división isocinética del gas de escape manteniendo una diferencia de presión nula entre el tubo de escape EP y la sonda de muestreo isocinética ISP. En tales condiciones, la velocidad del gas de escape es idéntica en el EP y en la ISP, y el caudal másico que circula por la ISP es una fracción constante del caudal del gas de escape. La ISP debe estar conectada a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FC1 permite mantener una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP.

FD1 y FD2: Divisores de flujo (figura 16)

Se monta un conjunto de venturis u orificios en el tubo de escape EP y en el tubo de transferencia TT para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. Se precisa un sistema de control compuesto de dos válvulas reguladoras de presión PCV1 y PCV2 para efectuar una división proporcional controlando las presiones en el tubo de escape EP y el túnel de dilución DT.

FD3: Divisor de flujo (figura 17)

Se monta un conjunto de tubos (unidad de tubos múltiples) en el tubo de escape EP para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. Uno de los tubos introduce el gas de escape en el túnel de dilución DT, mientras que el resto de los tubos conducen el gas de escape a una cámara amortiguadora DC. Todos los tubos deberán tener 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 obtener una división proporcional manteniendo una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de tubos múltiples que conduce a la DC y la salida del TT. En tales condiciones, las velocidades del gas de escape en el tubo de escape EP y el regulador de caudal FD3 son proporcionales, y el caudal del TT es una fracción constante del caudal de gas de escape. Ambos puntos deberán estar conectados a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FC1 permite mantener a cero la diferencia de presión.

EGA: Analizador del gas de escape (figuras 13, 14, 15, 16 y 17)

Podrán utilizarse analizadores de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> (sólo de CO<sub>2</sub> si se utiliza el método de equilibrio de carbono). Los analizadores se calibrarán como los que se emplean 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 exactitud en la medición del  $G_{EDFW, i}$  de  $\pm 4 \%$ .

TT: Tubo de transferencia (figuras 11 a 19)

El tubo de transferencia:

- a) será lo más corto posible y no rebasará 5 m de longitud;
- b) tendrá un diámetro igual o mayor que el de la sonda, pero no superior a 25 mm;
- c) tendrá su salida en el eje central del túnel de dilución en dirección del flujo.

Si el tubo tiene una longitud de un metro o menos, deberá aislarse con un material que posea una conductividad térmica máxima de 0,05 W/mK y un grosor radial del aislante equivalente al diámetro de la sonda. Si la longitud del tubo es superior a un metro, deberá aislarse y calentarse hasta que alcance una temperatura de pared mínima de 523 K (250 °C).

DPT: Transductor de presión diferencial (figuras 11, 12 y 17)

El transductor de presión diferencial deberá tener un intervalo máximo de  $\pm 500$  Pa.

FC1: Regulador de caudal (figuras 11, 12 y 17)

En los sistemas isocinéticos (figuras 11 y 12), se precisa un regulador de caudal para mantener una diferencia de presión nula entre el tubo de escape EP y la bomba de muestreo isocinética ISP. El ajuste puede efectuarse de una de las maneras siguientes:

- a) controlando la velocidad o el caudal del aspirador SB y manteniendo constante la velocidad o el caudal del ventilador centrífugo PB durante cada fase (figura 11);

- b) ajustando el aspirador SB a un caudal másico constante del gas de escape diluido y controlando el caudal del ventilador centrífugo PB y, por lo tanto, el caudal de muestreo de las emisiones de escape en una zona situada al final del tubo de transferencia TT (figura 12).

En el caso de un sistema de presión controlada, el error remanente en el bucle de control no deberá ser superior a  $\pm 3$  Pa. Las variaciones de presión en el túnel de dilución no deberán superar  $\pm 250$  Pa de media.

En un sistema de tubos múltiples (figura 17), se precisa un regulador de caudal para la división proporcional del gas de escape, a fin de mantener una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de tubos múltiples y la salida del TT. El ajuste se efectúa controlando el caudal de inyección de aire en el túnel de dilución DT en la salida del TT.

PCV1 y PCV2: Válvulas reguladoras de presión (figura 16)

Son necesarias dos válvulas reguladoras de presión en el sistema de doble venturi/orificio para una división proporcional del caudal controlando la contrapresión del tubo de escape EP y la presión en el túnel de dilución DT. Las válvulas deberán situarse en el EP, después de la sonda de muestreo SP, y entre el ventilador centrífugo PB y el túnel de dilución DT.

DC: Cámara amortiguadora (figura 17)

Se instalará una cámara amortiguadora en la salida de la unidad de tubos múltiples para minimizar las variaciones de presión en el tubo de escape EP.

VN: Venturi (figura 15)

Se instala un venturi en el túnel de dilución DT para crear una presión negativa en la zona de la salida del tubo de transferencia TT. El caudal de gas que pasa por el TT se determina mediante el intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi, y básicamente es proporcional al caudal del ventilador centrífugo PB, lo que conduce a una relación de dilución constante. Como la temperatura en la salida del TT y la diferencia de presión entre el tubo de escape EP y el túnel de dilución DT influyen en el intercambio de cantidades de movimiento, la relación de dilución real es ligeramente inferior cuando la carga es baja que cuando es elevada.

FC2: Regulador de caudal (figuras 13, 14, 18 y 19, opcional)

Podrá utilizarse un regulador de caudal para controlar el caudal del ventilador centrífugo PB o del aspirador SB. Dicho regulador podrá estar conectado a las señales de caudal de gas de escape, aire de admisión o carburante o a las señales diferenciales de  $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ . Si se utiliza un sistema de suministro de aire presurizado (figura 18), el regulador de caudal FC2 controlará directamente el caudal de aire.

FM1: Caudalímetro (figuras 11, 12, 18 y 19)

Caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del aire de dilución. El caudalímetro FM1 es opcional si el ventilador centrífugo PB se calibra para medir el caudal.

FM2: Caudalímetro (figura 19)

Caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del gas de escape diluido. El FM2 es opcional si el aspirador SB se ha calibrado para medir el caudal.

PB: Ventilador centrífugo (figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 19)

Para controlar el caudal del aire de dilución, podrá conectarse un ventilador centrífugo PB a los reguladores de caudal 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 caudal del aire de dilución.

SB: Aspirador (figuras 11, 12, 13, 16, 17 y 19)

Exclusivamente para un sistema de muestreo fraccionado. Si está calibrado, el aspirador SB podrá utilizarse para medir el caudal de gas de escape diluido.

DAF: Filtro de aire de dilución (figuras 11 a 19)

Se recomienda filtrar el aire de dilución y limpiarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se muestreará el aire de dilución, siguiendo las buenas prácticas técnicas, para determinar los niveles de partículas de fondo, que posteriormente pueden restarse de los valores medidos en el gas de escape diluido.

DT: Túnel de dilución (figuras 11 a 19)

El túnel de dilución:

- a) tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen por completo en condiciones de flujo con turbulencias;
- b) será de acero inoxidable con:
  - i) una relación grosor/diámetro máxima de 0,025 para los túneles de dilución con un diámetro interior de más de 75 mm;
  - ii) un grosor nominal mínimo de 1,5 mm para los túneles de dilución con un diámetro interior máximo de 75 mm;
- c) tendrá un diámetro mínimo de 75 mm para el método de muestreo fraccionado;
- d) conviene que tenga un diámetro mínimo de 25 mm en el caso del método de muestreo total;
- e) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de 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;
- f) podrá estar aislado.

El gas de escape del motor se mezclará 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 determinando el perfil de CO<sub>2</sub> del túnel con el motor en funcionamiento (se considerarán al menos cuatro puntos de medición equidistantes). Si es preciso, podrá utilizarse un orificio de mezcla.

*Nota:* Si la temperatura ambiente en las inmediaciones del túnel de dilución DT es inferior a 293 K (20 °C), se tomarán precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías del túnel de dilución. Para ello, se recomienda calentar o aislar el túnel respetando los límites indicados anteriormente.

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, se podrá refrigerar el túnel utilizando un medio no agresivo, como un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 K (20 °C).

HE: Intercambiador de calor (figuras 16 y 17)

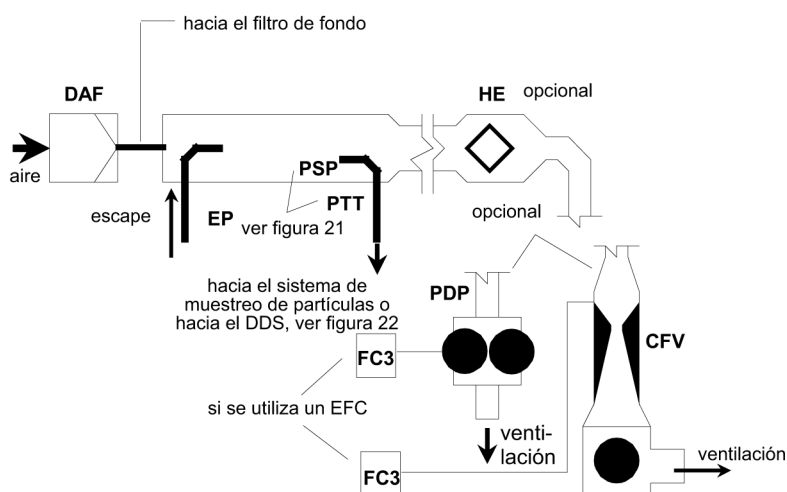
El intercambiador de calor deberá tener una capacidad suficiente para mantener la temperatura en la entrada del aspirador SB dentro de un margen de  $\pm 11$  K respecto a la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo.

### 2.3. Sistema de dilución de flujo total

En la figura 20 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de la totalidad del gas de escape aplicando el concepto de CVS (muestreo de volumen constante). Debe medirse el volumen total de la mezcla de gas de escape y aire de dilución. Podrá utilizarse una bomba de desplazamiento positivo o ventura de flujo crítico.

Para la posterior recogida de partículas, se transfiere una muestra del gas de escape diluido al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figuras 21 y 22). Si esta operación se realiza directamente, se denomina de dilución simple. Si la muestra se diluye una vez más en el túnel de dilución secundario, se denomina de dilución doble. Esta segunda opción es útil si no es posible alcanzar la temperatura preceptiva en la superficie del filtro con una dilución simple. Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de muestreo de partículas en el punto 2.4, figura 22, dado que comparte la mayoría de los elementos de un sistema de muestreo de partículas típico.

Figura 20

**Sistema de dilución de flujo total hacia el filtro de fondo**

La cantidad total de gas de escape bruto se mezcla en el túnel de dilución DT con el aire de dilución. El caudal de gas de escape diluido se mide con una bomba de desplazamiento positivo PDP o un venturi de flujo crítico CFV. Para el muestreo proporcional de partículas y la determinación del caudal podrá utilizarse un intercambiador de calor HE o un compensador electrónico de caudal EFC. Dado que la determinación de la masa de las partículas se basa en el caudal total de gas de escape diluido, no es preciso calcular la relación de dilución.

### 2.3.1. Componentes de la figura 20:

#### EP Tubo de escape

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no deberá ser superior a 10 m. Si la longitud del tubo de escape después del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento es superior a 4 m, deberá aislarse toda la longitud del tubo que exceda de 4 m, salvo el medidor de humo en línea, si se utiliza. El grosor radial del aislante deberá ser de 25 mm como mínimo. La conductividad térmica del material aislante deberá tener un valor máximo de 0,1 W/mK medido a 673 K. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12.

#### PDP: Bomba de desplazamiento positivo

La bomba de desplazamiento positivo PDP mide el caudal 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 deberán reducir artificialmente la contrapresión del sistema de escape. La contrapresión estática del escape medida con la PDP en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 1,5$  kPa del valor de la presión estática medido sin conexión a la PDP a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes de la PDP deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 6$  K de la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo, cuando no se utilice compensación de flujo. La compensación de flujo sólo podrá utilizarse si la temperatura en la entrada de la PDP no supera 323 K (50 °C).

#### CFV: Venturi de caudal crítico

El venturi de caudal crítico CFV mide el caudal total de gas de escape diluido manteniendo el flujo estrangulado (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el CFV en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 1,5$  kPa del valor de la presión estática medido sin conexión al CFV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del CFV deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 11$  K de la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo, cuando no se utilice una compensación de flujo.

#### HE: Intercambiador de calor (opcional si se utiliza un compensador electrónico de caudal)



El intercambiador de calor deberá tener una capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites indicados anteriormente.

EFC: Compensador electrónico de caudal (opcional si se utiliza un intercambiador de calor)

Si la temperatura en la entrada de la bomba de desplazamiento positivo PDP o del venturi de caudal crítico CFV no se mantiene dentro de los límites indicados anteriormente, deberá utilizarse un compensador de caudal para medir continuamente el caudal y controlar el muestreo proporcional en el sistema de partículas. A tal fin, las señales de caudal medidas continuamente se utilizarán para corregir en consecuencia el caudal de muestreo que pasa por los filtros de partículas del sistema de muestreo de partículas (véase el punto 2.4, figuras 21 y 22).

DT: Túnel de dilución

El túnel de dilución:

- a) tendrá un diámetro suficientemente pequeño para provocar un flujo turbulento (el número de Reynolds será superior a 4 000) y tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen completamente; podrá utilizarse un orificio de mezcla;
- b) tendrá un diámetro mínimo de 460 mm para un sistema de dilución simple;
- c) tendrá un diámetro mínimo de 210 mm para un sistema de dilución doble;
- d) podrá estar aislado.

Las emisiones de escape del motor se llevarán al punto de introducción en el túnel de dilución y se mezclarán adecuadamente.

Si se emplea la dilución simple, se transferirá una muestra del túnel de dilución al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). El caudal de la bomba de desplazamiento positivo PDP o del ventura de caudal crítico CFV 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 primario.

Si se emplea la doble dilución, se transferirá una muestra del túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se seguirá diluyendo, y se pasará a continuación por los filtros de muestreo (punto 2.4, figura 22). El caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el flujo de gas de escape diluido en el túnel de dilución DT a una temperatura máxima de 464 K (191 °C) en la zona de muestreo. El sistema de dilución secundario deberá suministrar suficiente aire de dilución secundario para mantener el flujo de gas de escape doblemente diluido a una temperatura máxima de 325 K (52 °C) inmediatamente antes del filtro de partículas primario.

DAF: Filtro de aire de dilución

Se recomienda filtrar el aire de dilución y limpiarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se muestreará el aire de dilución siguiendo las buenas prácticas técnicas para determinar los niveles de partículas de fondo, que posteriormente pueden restarse de los valores medidos en el gas de escape diluido.

PSP: Sonda de muestreo de partículas

La sonda constituye la parte delantera del tubo de transferencia de partículas PTT y:

- a) se situará a contracorriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en la línea central del túnel de dilución DT a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- b) tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;
- c) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de 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;
- d) podrá estar aislada.

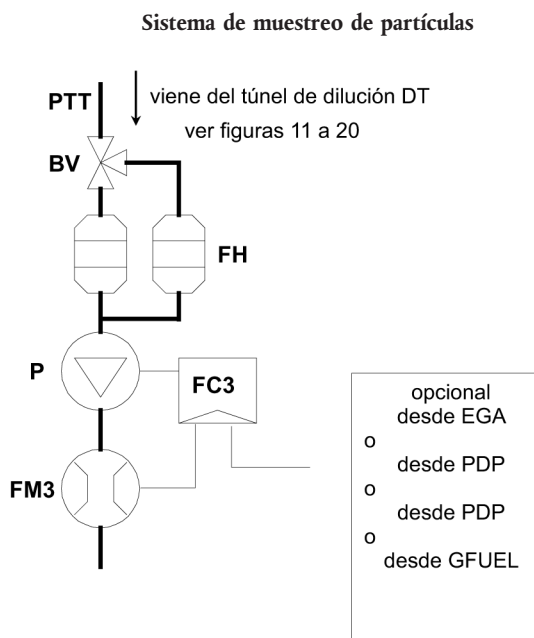
## 2.4. Sistema de muestreo de partículas

Se precisa un sistema de muestreo para recoger las partículas en el filtro de partículas. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial con muestreo total, que consiste en hacer pasar por los filtros la totalidad de la muestra de gas de escape diluido, el sistema de dilución (punto 2.2, figuras 14 y 18) y de muestreo suelen formar una unidad integral. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial o flujo total con muestreo fraccionado, que consiste en hacer pasar por los filtros sólo una porción del gas de escape diluido, los sistemas de dilución (punto 2.2, figuras 11, 12, 13, 15, 16, 17 y 19; y punto 2.3, figura 20) y de muestreo suelen constituir unidades diferentes.

En el presente Reglamento, el sistema de doble dilución (figura 22) de un sistema de dilución de flujo total se considera una modificación específica de un sistema típico de muestreo de partículas, como se puede apreciar en la figura 21. El sistema de doble dilución comprende todos los elementos importantes del sistema de muestreo de partículas, como el portafiltros y la bomba de muestreo.

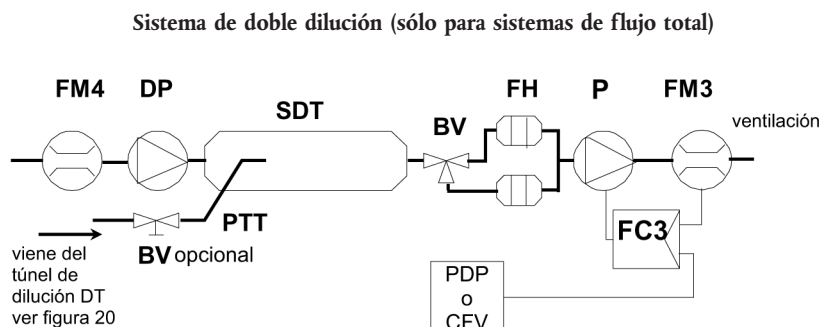
Para evitar todo impacto sobre los bucles de control, se recomienda que la bomba de muestreo se mantenga en funcionamiento durante todo el procedimiento de ensayo. Para el método de filtrado simple, se utilizará un sistema de derivación que haga pasar la muestra por los filtros de muestreo en los momentos deseados. Debe reducirse al mínimo la interferencia del procedimiento de conmutación en los bucles de control.

Figura 21



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 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 muestreo se controlará con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 20), el caudal de gas de escape diluido se utilizará como señal de mando para el FC3.

Figura 22



A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, se transfiere una muestra del gas de escape diluido 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, la muestra se hace pasar por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal del aire de dilución suele ser constante, mientras que el caudal de muestreo se controla con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 20), el flujo total de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

#### 2.4.1. Elementos de las figuras 21 y 22:

PTT: Tubo de transferencia de partículas (figuras 21, 22)

El tubo de transferencia de partículas, cuya longitud no excederá de 1 020 mm, será lo más corto posible. En su caso (es decir, para sistemas de muestreo fraccionado y dilución de flujo parcial y para sistemas de dilución de flujo total), se incluirá la longitud de las sondas de muestreo (SP, ISP y PSP, respectivamente; véanse los puntos 2.2 y 2.3).

Las dimensiones son válidas para:

- a) el sistema de muestreo fraccionado y dilución de flujo parcial y para el sistema de dilución simple de flujo total desde la extremidad de la sonda (SP, ISP y PSP, respectivamente) hasta el portafiltros;
- b) el método de muestreo total y dilución de flujo parcial desde el final del túnel de dilución hasta el portafiltros;
- c) el sistema de doble dilución de flujo total desde la extremidad de la sonda PSP hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

- a) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del 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;
- b) podrá estar aislado.

SDT: Túnel de dilución secundario (figura 22)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm y una longitud suficiente para que el tiempo de estancia de la muestra doblemente diluida sea de al menos 0,25 segundos. El portafiltros primario FH estará situado a una distancia máxima de 300 mm de la salida del SDT.

El túnel de dilución secundario:

- a) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere los 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- b) podrá estar aislado.

FH: Portafiltros (figuras 21 y 22)

El portafiltros deberá cumplir los requisitos del punto 4.1.3 del apéndice 4 del presente anexo.

El portafiltros:

- a) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de 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;
- b) podrá estar aislado.

P: Bomba de muestreo (figuras 21 y 22)

La bomba de muestreo de partículas se situará a una distancia suficiente del túnel para que la temperatura del gas de admisión se mantenga constante ( $\pm 3$  K), si no se corrige el caudal mediante el regulador de caudal FC3.

DP: Bomba del aire de dilución (figura 22)

La bomba del aire de dilución se situará de manera que el aire de dilución secundario se suministre a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ ), si el aire de dilución no se calienta previamente.

FC3: Regulador de caudal (figuras 21 y 22)

Si no se dispone de otro medio, se utilizará un regulador de caudal para compensar las variaciones de temperatura y de contrapresión que pueda experimentar el caudal de muestreo de partículas en su recorrido. Se precisará un regulador de caudal si se utiliza un compensador de caudal electrónico EFC (véase la figura 20).

FM3: Dispositivo de medición del caudal (figuras 21 y 22)

El caudalímetro de gas o dispositivo de medición del caudal de muestreo de partículas estará situado a una distancia suficiente de la bomba de muestreo P para que la temperatura del gas de admisión permanezca constante ( $\pm 3$  K), si no se corrige el caudal mediante el regulador de caudal FC3.

FM4: Dispositivo de medición de caudal (figura 22)

El caudalímetro de gas o dispositivo de medición del caudal de aire de dilución se situará de manera que el gas de admisión permanezca a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ ).

BV: Válvula de bola (opcional)

La válvula de bola deberá tener un diámetro interior no inferior al diámetro interior del tubo de transferencia de partículas PTT y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 segundos.

*Nota:* Si la temperatura ambiente en las inmediaciones de la sonda de muestreo de partículas PSP, el tubo de transferencia de partículas PTT, el túnel de dilución secundario SDT y el portafiltros FH es inferior a  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ), deberían tomarse precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías de estos elementos. En consecuencia, se recomienda calentarlos y/o aislarlos respetando los límites indicados en las descripciones respectivas. Se recomienda asimismo que la temperatura en la cara del filtro durante el muestreo no sea inferior a  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ).

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, los citados elementos podrán refrigerarse con un medio no agresivo, tal como un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ).

### 3. DETERMINACIÓN DEL HUMO

#### 3.1. Introducción

Los puntos 3.2 y 3.3 y las figuras 23 y 24 ofrecen descripciones detalladas de los opacímetros recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta respecto a los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la exactitud en determinados sistemas, si ello obedece a buenas prácticas técnicas.

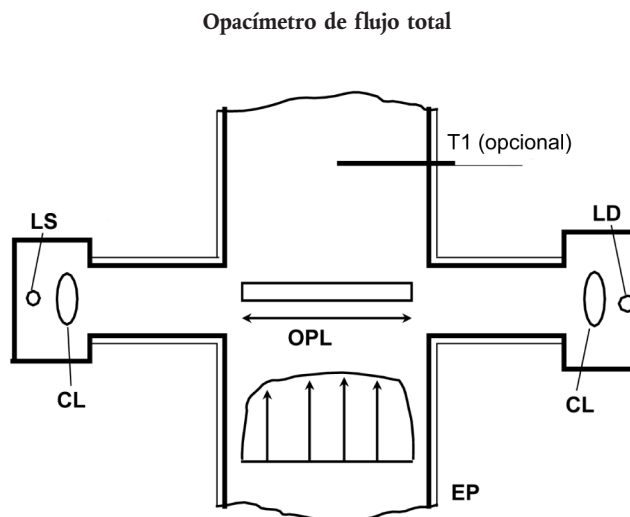
El principio de medición consiste en la transmisión de la luz en una longitud específica del humo que debe medirse y la utilización de la proporción de luz incidente que llega a un receptor para evaluar las propiedades de oscurecimiento de la luz que posee el medio. La medición del humo depende del diseño del aparato y puede efectuarse en el tubo de escape (opacímetro de flujo total dentro del tubo), al final del tubo de escape (opacímetro de flujo total al final del tubo) o tomando una muestra del tubo de escape (opacímetro de flujo parcial). Para determinar el coeficiente de absorción de luz a partir de la señal de opacidad, el fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico de éste.

### 3.2. Opacímetro de flujo total

Podrán utilizarse dos tipos generales de opacímetros de flujo total (figura 23). Con el opacímetro en el tubo, la opacidad de todo el penacho de escape se mide en el interior del tubo de escape. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro.

Con un opacímetro al final del tubo, la opacidad de todo el penacho de escape se mide cuando éste sale del tubo de escape. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del tubo de escape y de la distancia entre el final del tubo de escape y el opacímetro.

Figura 23



#### 3.2.1. Componentes de la figura 23:

EP Tubo de escape

Si se instala un opacímetro dentro del tubo de escape, el diámetro del tubo no deberá variar en una distancia equivalente a tres veces su diámetro antes y después de la zona de medición. Si el diámetro de la zona de medición es mayor que el diámetro del tubo de escape, se recomienda utilizar un conducto que converja gradualmente antes de la zona de medición.

Si se instala un opacímetro al final del tubo, los últimos 0,6 m del tubo de escape tendrán una sección transversal circular y no tendrán codos ni curvas. El final del tubo de escape estará cortado en ángulo recto. El opacímetro se montará en el centro del penacho, dentro de un margen de  $25 \pm 5$  mm desde la extremidad del tubo de escape.

OPL: Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico oscurecido por el humo, entre la fuente luminosa del opacímetro y el receptor, debe corregirse según proceda teniendo en cuenta la ausencia de uniformidad derivada de los gradientes de densidad y el efecto marginal. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida adoptada para evitar las deposiciones de hollín (por ejemplo, aire de purga). Si se desconoce la longitud del camino óptico, deberá determinarse de conformidad con el punto 11.6.5 de la norma ISO 11614. A fin de determinar correctamente la longitud del camino óptico, el gas de escape deberá tener una velocidad mínima de 20 m/s.

LS: Fuente luminosa

La fuente luminosa será una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 800 a 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral de 550 a 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

LD: Detector de luz.

El detector será una célula fotoeléctrica o un fotodiodo (con un filtro, si es preciso). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el receptor deberá tener una respuesta de pico espectral similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en el intervalo 550-570 nm, e inferior al 4 % de dicha respuesta máxima por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm. El detector de luz estará protegido contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

CL: Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz de un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz deberán ser paralelos, con una tolerancia de 3° respecto al eje óptico.

T1: Sensor de temperatura (opcional)

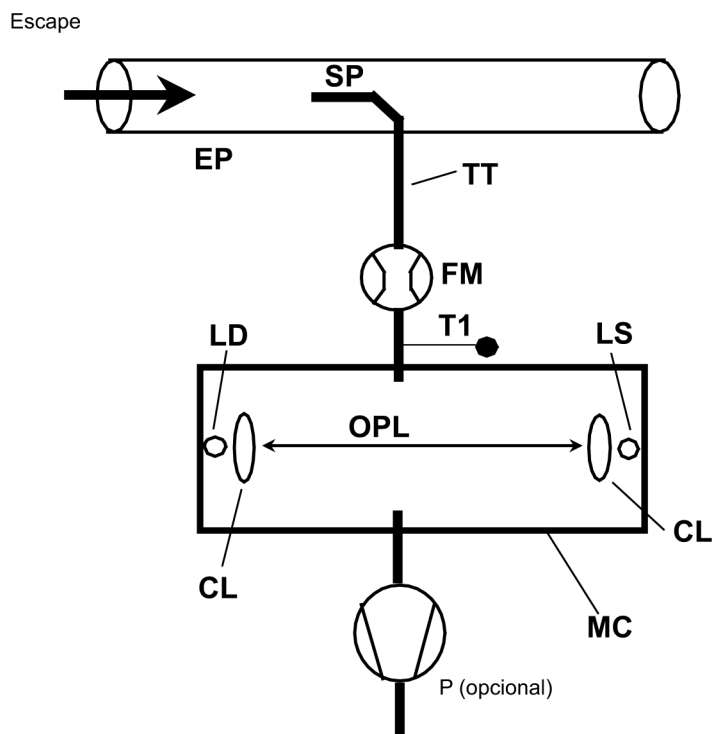
La temperatura del gas de escape podrá controlarse durante el ensayo.

### 3.3. Opacímetro de flujo parcial

Si se utiliza un opacímetro de flujo parcial (figura 24), se tomará una muestra de gas de escape representativa en el tubo de escape y se conducirá por un tubo de transferencia hasta la cámara de medición. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro. Los tiempos de respuesta que se mencionan en el punto siguiente son válidos para el caudal mínimo del opacímetro, especificado por el fabricante del instrumento.

Figura 24

#### Opacímetro de flujo parcial



#### 3.3.1. Elementos de la figura 24:

EP Tubo de escape

El tubo de escape deberá ser recto y tener una longitud equivalente a un mínimo de seis y tres veces su diámetro antes y después de la extremidad de la sonda, respectivamente.

SP: Sonda de muestreo

La sonda de muestreo será un tubo abierto orientado a contracorriente en el eje central del tubo de escape o cerca de él. El hueco respecto a la pared del tubo de escape será de al menos 5 mm. La sonda deberá tener un diámetro que garantice un muestreo representativo y un caudal suficiente en el opacímetro

TT: Tubo de transferencia

El tubo de transferencia:

- a) será lo más corto posible y deberá garantizar que el gas de escape esté a una temperatura de  $373 \pm 30$  K ( $100\text{ °C} \pm 30\text{ °C}$ ) en la entrada de la cámara de medición;
- b) tendrá una temperatura de pared que exceda suficientemente del punto de condensación del gas de escape para que no se produzca dicha condensación;
- c) tendrá, en toda su longitud, un diámetro equivalente al de la sonda de muestreo;
- d) tendrá un tiempo de respuesta inferior a 0,05 segundos con el caudal del instrumento al mínimo, determinado de acuerdo con el punto 5.2.4 del apéndice 4 del presente anexo;
- e) no tendrá ningún efecto significativo en el pico del humo.

FM: Dispositivo de medición del caudal

El dispositivo de medición del caudal es un aparato que detecta el caudal correcto que entra en la cámara de medición. El fabricante del instrumento especificará los caudales máximo y mínimo, que deberán permitir el cumplimiento del requisito del tiempo de respuesta del tubo de transferencia TT y las especificaciones de longitud del camino óptico. El dispositivo de medición del caudal podrá estar cerca de la bomba de muestreo P, en caso de que se utilice.

MC: Cámara de medición

La cámara de medición tendrá una superficie interna no reflectante o un entorno óptico equivalente. Se reducirá al mínimo la incidencia de luz parasitaria en el detector como consecuencia de reflejos internos de efectos de difusión.

La presión del gas en la cámara de medición no diferirá de la presión atmosférica en más de 0,75 kPa. Si no se puede respetar esta condición por motivos de diseño, el valor leído en el opacímetro deberá convertirse en presión atmosférica.

La temperatura de pared de la cámara de medición deberá estar entre 343 K (70 °C) y 373 K (100 °C), dentro de un margen de  $\pm 5$  K, y, en cualquier caso, deberá superar suficientemente el punto de condensación del gas de escape para que no se produzca dicha condensación. La cámara de medición deberá disponer de dispositivos adecuados para medir la temperatura.

OPL: Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico oscurecido por el humo, entre la fuente luminosa del opacímetro y el receptor, debe corregirse según proceda teniendo en cuenta la ausencia de uniformidad derivada de los gradientes de densidad y el efecto marginal. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida adoptada para evitar las deposiciones de hollín (por ejemplo, el aire de purga). Si se desconoce la longitud del camino óptico, deberá determinarse de conformidad con el punto 11.6.5 de la norma ISO 11614.

LS: Fuente luminosa

La fuente luminosa será una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 800 a 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral de 550 a 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

LD: Detector de luz

El detector será una célula fotoeléctrica o un fotodiodo (con un filtro, si es preciso). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el receptor deberá tener una respuesta de pico espectral similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en el intervalo 550-570 nm, e inferior al 4 % de dicha respuesta máxima por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm. El detector de luz estará protegido contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

CL: Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz de un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz deberán ser paralelos, con una tolerancia de 3° respecto al eje óptico.

T1: Sensor de temperatura

El sensor de temperatura sirve para controlar la temperatura del gas de escape en la entrada de la cámara de medición.

P: Bomba de muestreo (opcional)

Podrá utilizarse una bomba de muestreo, situada después de la cámara de medición, para transferir la muestra de gas a través de la cámara de medición.

---



## ANEXO 4B

**Procedimiento de ensayo de motores de encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) que incorporen la certificación mundial armonizada de vehículos pesados (WHDC, Reglamento técnico mundial n° 4)**

1. APLICABILIDAD

El presente anexo no es aplicable por el momento con fines de homologación con arreglo al presente Reglamento. Será aplicable en el futuro.

2. Reservado <sup>(1)</sup>

3. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.1. Definiciones

A efectos del presente Reglamento se aplicarán las definiciones siguientes:

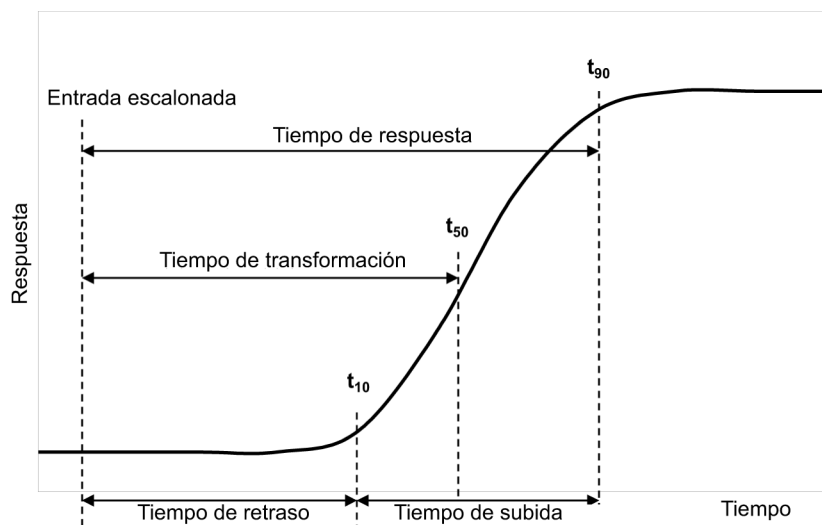
- 3.1.1. «Regeneración continua»: proceso de regeneración de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce permanentemente o, al menos, una vez por ensayo de arranque en caliente WHTC. Este proceso de regeneración no requerirá un procedimiento de ensayo especial.
- 3.1.2. «Tiempo de retraso»: 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 10 % de la lectura final ( $t_{10}$ ). Para los componentes gaseosos, consiste básicamente en el tiempo de transporte del componente medido desde la sonda de muestreo, considerada el punto de referencia, hasta el detector.
- 3.1.3. «Sistema de reducción de  $\text{NO}_x$ »: un sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) (por ejemplo, catalizadores activos y pasivos de  $\text{NO}_x$  pobres, adsorbentes de  $\text{NO}_x$  y sistemas de reducción catalítica selectiva [SCR]).
- 3.1.4. «Motor diésel»: un motor que funciona según el principio de encendido por compresión.
- 3.1.5. «Familia de motores»: grupo de motores, determinado por el fabricante, cuyo diseño, tal como se define en el punto 5.2 del presente Reglamento, posee características similares en cuanto a emisiones de escape. Todos los motores de una familia deben respetar los límites de emisión aplicables.
- 3.1.6. «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 (EECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o vehículo.
- 3.1.7. «Tipo de motor»: categoría de motores que no difieren en cuanto a sus características esenciales.
- 3.1.8. «Sistema de postratamiento del gas de escape»: catalizador (de oxidación o de tres vías), filtro de partículas, sistema de reducción de  $\text{NO}_x$ , sistema combinado de reducción de  $\text{NO}_x$ /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, que se considerará parte integrante del sistema de motor.
- 3.1.9. «Método de dilución de flujo total»: proceso de mezcla de todo el flujo de escape con aire de dilución antes de separar una parte del flujo de escape diluido para analizarlo.
- 3.1.10. «Motor de gas»: motor alimentado con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP).
- 3.1.11. «Gases contaminantes»: monóxido de carbono, hidrocarburos o hidrocarburos no metánicos (suponiendo una relación de  $\text{CH}_{1,85}$  para el gasóleo,  $\text{CH}_{2,525}$  para el GLP y  $\text{CH}_{2,93}$  para el GN y una supuesta molécula  $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$  para los motores diésel alimentados con etanol), metano (suponiendo una relación de  $\text{CH}_4$  para el GN) y óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalente de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ).

<sup>(1)</sup> La numeración del presente anexo es coherente con la del Reglamento técnico mundial WHDC. No obstante, algunas secciones de este último no son necesarias en el presente anexo.

- 3.1.12. «Régimen alto ( $n_{hi}$ )»: régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima declarada.
- 3.1.13. «Régimen bajo ( $n_{lo}$ )»: régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 55 % de la potencia máxima declarada.
- 3.1.14. «Potencia máxima declarada ( $P_{m\acute{a}x}$ )»: potencia máxima en kW declarada por el fabricante.
- 3.1.15. «Régimen del par máximo»: régimen del motor al que se obtiene el par máximo de acuerdo con lo especificado por el fabricante.
- 3.1.16. «Motor de referencia»: motor seleccionado dentro de una familia de motores cuyas características en cuanto a emisiones sean representativas de esa familia de motores.
- 3.1.17. «Dispositivo de postratamiento de partículas»: sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de partículas contaminantes (PM) mediante una separación mecánica, aerodinámica, por difusión o inercial.
- 3.1.18. «Método de dilución de flujo parcial»: 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.
- 3.1.19. «Partículas contaminantes (PM)»: cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir el gas de escape con aire limpio filtrado a una temperatura comprendida entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C), medida en un punto inmediatamente anterior al filtro. Se trata principalmente de carbono, hidrocarburos condensados y sulfatos con agua asociada.
- 3.1.20. «Porcentaje de carga»: proporción del par máximo disponible a un régimen del motor determinado.
- 3.1.21. «Regeneración periódica»: proceso de regeneración de un dispositivo de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce periódicamente, generalmente en menos de 100 horas de funcionamiento normal del motor. Durante los ciclos en los que se produce la regeneración, pueden superarse los niveles de emisión.
- 3.1.22. «Ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos»: 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 (WHSC).
- 3.1.23. «Régimen nominal»: régimen máximo del motor a plena carga que permita el regulador, tal como lo especifique el fabricante en los documentos de venta y de mantenimiento, o, en caso de que no haya regulador, el régimen al que se obtiene la potencia máxima del motor, tal como lo especifique el fabricante en los documentos de venta y de mantenimiento.
- 3.1.24. «Tiempo de respuesta»: tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia (la sonda de muestreo) y una respuesta del sistema del 90 % del valor final leído ( $t_{90}$ ), en el cual el cambio del componente medido equivalga a un mínimo del 60 % del fondo de escala (FS) y se produzca en menos de 0,1 segundos. El tiempo de respuesta del sistema equivale al tiempo de retraso del sistema y al tiempo de subida del sistema.
- 3.1.25. «Tiempo de subida»: tiempo transcurrido entre la respuesta al 10 % y al 90 % de la lectura final ( $t_{90} - t_{10}$ ).
- 3.1.26. «Emisiones específicas»: emisiones másicas expresadas en g/kWh.
- 3.1.27. «Ciclo de ensayo»: secuencia de puntos de ensayo, cada uno de ellos con un régimen y un par determinados, que debe seguir el motor en estado continuo (ensayo WHSC) o de transición (ensayo WHTC).
- 3.1.28. «Tiempo de transformación»: tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia (la sonda de muestreo) hasta una respuesta del sistema del 50 % del valor final leído ( $t_{50}$ ). El tiempo de transformación se utiliza para el alineamiento de señales de distintos instrumentos de medición.
- 3.1.29. «Ciclo de ensayo transitorio»: ciclo de ensayo con una secuencia de valores de régimen y de par normalizados que varían con relativa rapidez en el tiempo (ensayo WHTC).
- 3.1.30. «Vida útil»: distancia o tiempo pertinente en el que debe garantizarse el cumplimiento de los límites aplicables de emisiones de gases y partículas.

Figura 1:

## Definiciones del sistema de respuesta



## 3.2.

## Símbolos generales

| Símbolo    | Unidad            | Significado                                                                                    |
|------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A/F_{st}$ | —                 | Relación estequiométrica aire-combustible                                                      |
| $c$        | ppm/vol. %        | Concentración                                                                                  |
| $c_d$      | ppm/vol. %        | Concentración en base seca                                                                     |
| $c_w$      | ppm/vol. %        | Concentración en base húmeda                                                                   |
| $c_b$      | ppm/vol. %        | Concentración de fondo                                                                         |
| $C_d$      | —                 | Coefficiente de descarga del SSV                                                               |
| $d$        | m                 | Diámetro                                                                                       |
| $d_v$      | m                 | Diámetro del cuello del venturi                                                                |
| $D_0$      | m <sup>3</sup> /s | Intersección de la calibración de la PDP                                                       |
| $D$        | —                 | Factor de dilución                                                                             |
| $\Delta t$ | s                 | Intervalo de tiempo                                                                            |
| $e_{gas}$  | g/kWh             | Emisión específica de componentes gaseosos                                                     |
| $e_{PM}$   | g/kWh             | Emisión específica de partículas                                                               |
| $e_p$      | g/kWh             | Emisión específica durante la regeneración                                                     |
| $e_w$      | g/kWh             | Emisión específica ponderada                                                                   |
| $E_{CO_2}$ | %                 | Interferencia del CO <sub>2</sub> del analizador de NO <sub>x</sub>                            |
| $E_E$      | %                 | Eficiencia del etano                                                                           |
| $E_{H_2O}$ | %                 | Interferencia del agua del analizador de NO <sub>x</sub>                                       |
| $E_M$      | %                 | Eficiencia del metano                                                                          |
| $E_{NO_x}$ | %                 | Eficiencia del convertidor de NO <sub>x</sub>                                                  |
| $f$        | Hz                | Frecuencia de muestreo                                                                         |
| $f_a$      | —                 | Factor atmosférico del laboratorio                                                             |
| $F_s$      | —                 | Factor estequiométrico                                                                         |
| $H_a$      | g/kg              | Humedad absoluta del aire de admisión                                                          |
| $H_d$      | g/kg              | Humedad absoluta del aire de dilución                                                          |
| $i$        | —                 | Subíndice que indica una medición instantánea (p. ej., 1 Hz)                                   |
| $k_f$      | —                 | Factor específico del combustible                                                              |
| $k_{h, D}$ | —                 | Factor de corrección de la humedad para NO <sub>x</sub> en motores de encendido por compresión |

| Símbolo    | Unidad            | Significado                                                                                |
|------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| $k_{h, G}$ | —                 | Factor de corrección de la humedad para NO <sub>x</sub> en motores de encendido por chispa |
| $k_r$      | —                 | Factor de regeneración                                                                     |
| $k_{w, a}$ | —                 | 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 bruto                          |
| $K_V$      | —                 | Función de calibración del venturi de caudal crítico (CFV)                                 |
| $\lambda$  | —                 | Coefficiente de exceso de aire                                                             |
| $m_d$      | kg                | Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas    |
| $m_{ed}$   | kg                | Masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo                                  |
| $m_{edf}$  | kg                | Masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo de ensayo                  |
| $m_{ew}$   | kg                | Masa total del gas de escape a lo largo del ciclo                                          |
| $m_f$      | mg                | Masa de la muestra de partículas recogida                                                  |
| $m_{f, d}$ | mg                | Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida                             |
| $m_{gas}$  | 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                             |
| $m_{se}$   | kg                | Masa de la muestra del gas de escape a lo largo del ciclo                                  |
| $m_{sed}$  | kg                | Masa del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución                           |
| $m_{sep}$  | 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                                                       |
| $M_a$      | g/mol             | Masa molar del aire de admisión                                                            |
| $M_e$      | g/mol             | Masa molar del gas de escape                                                               |
| $M_{gas}$  | g/mol             | Masa molar de los componentes gaseosos                                                     |
| $n$        | —                 | Número de mediciones                                                                       |
| $n_r$      | —                 | Número de mediciones durante la regeneración                                               |
| $n$        | min <sup>-1</sup> | Régimen del motor                                                                          |
| $n_{hi}$   | min <sup>-1</sup> | Régimen alto del motor                                                                     |
| $n_{lo}$   | min <sup>-1</sup> | Régimen bajo del motor                                                                     |
| $n_{pref}$ | min <sup>-1</sup> | Régimen preferido del motor                                                                |
| $n_p$      | r/s               | Régimen de la bomba de desplazamiento positivo                                             |
| $p_a$      | kPa               | Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor                              |
| $p_b$      | kPa               | Presión atmosférica total                                                                  |
| $p_d$      | kPa               | Presión de vapor de saturación del aire de dilución                                        |
| $p_p$      | kPa               | Presión absoluta                                                                           |
| $p_r$      | kPa               | Presión del vapor de agua después del baño refrigerante                                    |
| $p_s$      | kPa               | Presión atmosférica seca                                                                   |
| $q_{mad}$  | kg/s              | Caudal másico del aire de admisión en base seca                                            |
| $q_{maw}$  | kg/s              | Caudal másico del aire de admisión en base húmeda                                          |
| $q_{mCe}$  | kg/s              | Caudal másico del carbono en el gas de escape bruto                                        |
| $q_{mCf}$  | kg/s              | Caudal másico del carbono que entra en el motor                                            |
| $q_{mCp}$  | kg/s              | Caudal másico del carbono en el sistema de dilución de flujo parcial                       |
| $q_{mdew}$ | kg/s              | Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda                                     |
| $q_{mdw}$  | kg/s              | Caudal másico del aire de dilución en base húmeda                                          |
| $q_{medf}$ | kg/s              | Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda                         |
| $q_{mew}$  | kg/s              | Caudal másico del gas de escape en base húmeda                                             |
| $q_{mex}$  | kg/s              | Caudal másico de la muestra extraída del túnel de dilución                                 |
| $q_{mf}$   | kg/s              | Caudal másico del combustible                                                              |

| Símbolo    | Unidad               | Significado                                                                          |
|------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $q_{mp}$   | kg/s                 | Caudal de muestreo del gas de escape dentro del sistema de dilución de flujo parcial |
| $q_{vCVS}$ | m <sup>3</sup> /s    | Caudal de muestreo de volumen constante (CVS)f                                       |
| $q_{vs}$   | dm <sup>3</sup> /min | Caudal del sistema analizador del gas de escape                                      |
| $q_{vt}$   | cm <sup>3</sup> /min | Caudal del gas trazador                                                              |
| $r_d$      | —                    | Relación de dilución                                                                 |
| $r_D$      | —                    | Relación de diámetro del venturi subsónico                                           |
| $r_h$      | —                    | Factor de respuesta a los hidrocarburos del FID                                      |
| $r_m$      | —                    | Factor de respuesta al metanol del FID                                               |
| $r_p$      | —                    | Relación de presión del venturi subsónico                                            |
| $r_s$      | —                    | Relación de muestreo media                                                           |
| $\rho$     | kg/m <sup>3</sup>    | Densidad                                                                             |
| $\rho_e$   | kg/m <sup>3</sup>    | Densidad del gas de escape                                                           |
| $\sigma$   | —                    | Desviación estándar                                                                  |
| $T$        | K                    | Temperatura absoluta                                                                 |
| $T_a$      | K                    | Temperatura absoluta del aire de admisión                                            |
| $t$        | s                    | Tiempo                                                                               |
| $t_{10}$   | s                    | Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 10 % de la lectura final        |
| $t_{50}$   | s                    | Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 50 % de la lectura final        |
| $t_{90}$   | s                    | Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 90 % de la lectura final        |
| $u$        | —                    | Relación entre las densidades del componente del gas y del gas de escape             |
| $V_0$      | m <sup>3</sup> /r    | Volumen de gas bombeado por la PDP por revolución                                    |
| $V_s$      | dm <sup>3</sup>      | Volumen del sistema del banco de análisis del gas de escape                          |
| $W_{act}$  | kWh                  | Trabajo del ciclo efectivo del ciclo de ensayo                                       |
| $W_{ref}$  | kWh                  | Trabajo del ciclo de referencia del ciclo de ensayo                                  |
| $X_0$      | m <sup>3</sup> /r    | Función de calibración de la PDP                                                     |

### 3.3. Símbolos y abreviaturas de la composición del combustible

|               |                                                         |
|---------------|---------------------------------------------------------|
| $w_{ALF}$     | Contenido de hidrógeno del combustible, en % de la masa |
| $w_{BET}$     | Contenido de carbono del combustible, en % de la masa   |
| $w_{GAM}$     | Contenido de azufre del combustible, en % de la masa    |
| $w_{DEL}$     | Contenido de nitrógeno del combustible, en % de la masa |
| $w_{EPS}$     | Contenido de oxígeno del combustible, en % de la masa   |
| $\alpha$      | Relación molar de hidrógeno (H/C)                       |
| $\gamma$      | Relación molar de azufre (S/C)                          |
| $\delta$      | Relación molar de nitrógeno (N/C)                       |
| $\varepsilon$ | Relación molar de oxígeno (O/C)                         |

en referencia a un combustible  $CH_aO_eN_\delta S_\gamma$

### 3.4. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos

|                               |                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| C1                            | Hidrocarburo equivalente al carbono 1 |
| CH <sub>4</sub>               | Metano                                |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | Etano                                 |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | Propano                               |
| CO                            | Monóxido de carbono                   |
| CO <sub>2</sub>               | Dióxido de carbono                    |
| DOP                           | Ftalato de dioctilo                   |
| HC                            | Hidrocarburos                         |
| H <sub>2</sub> O              | Agua                                  |
| NMHC                          | Hidrocarburos no metánicos            |
| NO <sub>x</sub>               | Óxidos de nitrógeno                   |
| NO                            | Óxido nítrico                         |

NO<sub>2</sub> Dióxido de nitrógeno  
PM Partículas

### 3.5. Abreviaturas

CFV Venturi de caudal crítico  
CLD Detector quimioluminiscente  
CVS Muestreo de volumen constante  
deNO<sub>x</sub> Sistema de postratamiento de los NO<sub>x</sub>  
EGR Recirculación del gas de escape  
FID Detector de ionización de llama  
GC Cromatógrafo de gases  
HCLD Detector quimioluminiscente calentado  
HFID Detector de ionización de llama calentado  
GLP Gas licuado de petróleo  
NDIR Analizador de infrarrojos no dispersivo  
GN Gas natural  
NMC Separador de hidrocarburos no metánicos  
PDP Bomba de desplazamiento positivo  
% FS % del fondo de escala  
PFS Sistema de flujo parcial  
SSV Venturi subsónico  
VGT Turbina de geometría variable

## 4. REQUISITOS GENERALES

El sistema de motor estará diseñado, fabricado y ensamblado de manera que el motor, en condiciones normales de utilización, pueda cumplir los requisitos del presente anexo durante su vida útil, tal como se define en el presente Reglamento.

## 5. RESULTADOS REQUERIDOS

### 5.1. Emisiones de gases y partículas contaminantes

Las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor se determinarán en los ciclos de ensayo WHTC y WHSC, tal como se describen en el punto 7. Los sistemas de medición cumplirán los requisitos de linealidad del punto 9.2 y las especificaciones del punto 9.3 (medición de las emisiones gaseosas), el punto 9.4 (medición de las partículas) y el apéndice 3 del presente anexo.

El organismo de homologación podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes con arreglo al punto 5.1.1.

#### 5.1.1. Equivalencia

La determinación de equivalencia del sistema se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o mayor) del sistema que está siendo examinado y uno de los sistemas del presente anexo.

Los «resultados» se refieren al valor ponderado de las emisiones de ese ciclo en particular. El ensayo correlacional tendrá lugar en el mismo laboratorio y celda de ensayo, y con el mismo motor, y es preferible efectuarlo simultáneamente. La equivalencia de las medias de los pares de muestras se determinará mediante las estadísticas de los ensayos *F* y *t*, tal como se describen en el apéndice 4, obtenidas en dichas condiciones de laboratorio, de celda de ensayo y de motor. Los valores extremos se determinarán conforme a la norma ISO 5725 y se excluirán de la base de datos. Los sistemas que se utilicen para el ensayo correlacional estarán sujetos a la aprobación del organismo de homologación.

### 5.2. Familia de motores

#### 5.2.1. Generalidades

La familia de motores se caracteriza por parámetros de diseño básicos que deberán ser comunes a todos los motores de la familia. El fabricante del motor podrá decidir qué motores pertenecen a una familia, siempre y cuando se cumplan los criterios de pertenencia indicados en el punto 5.2.3. 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.

## 5.2.2. Casos particulares

En algunos casos puede haber interacción entre parámetros que deberán tomarse en consideración para garantizar que en una familia sólo se incluyan motores con características similares en cuanto a emisiones 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.

En caso de dispositivos o características que no se contemplen en el punto 5.2.3 y que influyan fuertemente en el nivel de emisiones, el fabricante identificará este equipo con arreglo a 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.

Además de los parámetros indicados en el punto 5.2.3, 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.

## 5.2.3. Parámetros que definen una familia de motores

## 5.2.3.1. Ciclo de combustión

- a) 2 tiempos
- b) 4 tiempos
- c) Motor rotativo
- d) Otro

## 5.2.3.2. Configuración de los cilindros

## 5.2.3.2.1. Posición de los cilindros en el bloque

- a) En V
- b) En línea
- c) Radial
- d) Otra (F, W, etc.)

## 5.2.3.2.2. 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.

## 5.2.3.3. Principal medio refrigerante

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

## 5.2.3.4. Desplazamiento de cada cilindro

5.2.3.4.1. Motor con un desplazamiento por cilindro  $\geq 0,75 \text{ dm}^3$ 

Para que los motores con un desplazamiento por cilindro  $\geq 0,75 \text{ dm}^3$  se consideren de la misma familia, el abanico de desplazamientos por cilindro no superará en un 15 % el mayor desplazamiento de un cilindro dentro de la familia.

5.2.3.4.2. Motor con un desplazamiento por cilindro  $< 0,75 \text{ dm}^3$ 

Para que los motores con un desplazamiento por cilindro  $< 0,75 \text{ dm}^3$  se consideren de la misma familia, el abanico de desplazamientos por cilindro no superará en un 30 % el mayor desplazamiento de un cilindro dentro de la familia.

## 5.2.3.4.3. Motor con otros límites de desplazamiento por cilindro

Podrá considerarse que los motores con un desplazamiento por cilindro que superen los límites definidos en los puntos 5.2.3.4.1 y 5.2.3.4.2 pertenecen a la misma familia si así lo admite el organismo de homologación. La decisión se basará en elementos técnicos (cálculos, simulaciones, resultados experimentales, etc.) que demuestren que el incumplimiento de los límites no influye de manera significativa en las emisiones de escape.

## 5.2.3.5. Método de aspiración del aire

- a) Atmosférica
- b) Sobrealimentación
- c) Sobrealimentación con sistema de refrigeración de la admisión

## 5.2.3.6. Tipo de combustible

- a) Diésel
- b) Gas natural (GN)
- c) Gas licuado de petróleo (GLP)
- d) Etanol

## 5.2.3.7. Tipo de cámara de combustión

- a) Cámara abierta
- b) Cámara dividida
- c) Otro

## 5.2.3.8. Tipo de encendido

- a) Encendido por chispa
- b) Encendido por compresión

## 5.2.3.9. Válvulas y orificios

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

## 5.2.3.10. Tipo de alimentación de combustible

- a) Alimentación de combustible líquido
  - i) Bomba, inyector y línea (de alta presión)
  - ii) Bomba en línea o de distribución
  - iii) Bomba unitaria o inyector unitario
  - iv) Raíl común



- v) Carburador(es)
- vi) Otra
- b) Alimentación de combustible gaseoso
  - i) Gaseoso
  - ii) Líquido
  - iii) Mezcladores
  - iv) Otra
- c) Otro tipo

#### 5.2.3.11. Dispositivos diversos

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

#### 5.2.3.12. 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, a saber, los motivos por los que se puede considerar que esos motores cumplen los mismos requisitos sobre emisiones. Estos elementos pueden consistir en cálculos, simulaciones, estimaciones, descripciones de parámetros de inyección, resultados experimentales, etc.

Entre los ejemplos de características controladas figuran:

- a) la regulación
- b) la presión de inyección
- c) las inyecciones múltiples
- d) la presión de sobrealimentación
- e) la turbina de geometría variable
- f) la recirculación del gas de escape (EGR)

#### 5.2.3.13. 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) Catalizador de tres vías
- c) Sistema de reducción de NO<sub>x</sub> con reducción selectiva de NO<sub>x</sub> (adición de agente reductor)
- d) Otros sistemas de reducción de NO<sub>x</sub>
- e) Trampa de partículas con regeneración pasiva
- f) Trampa de partículas con regeneración activa

- g) Otras trampas de partículas
- h) 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, 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 con el catalizador respeta el mismo límite que el motor sin catalizador.

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 podrá incluirse en la misma familia de motores si no está equipado con el sistema de postratamiento.

#### 5.2.4. Elección del motor de referencia

##### 5.2.4.1. Motores de encendido por compresión

Una vez que el organismo de homologación haya aprobado la familia de motores, el principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será el de tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de par máximo declarado. En caso de que dos o más motores cumplan ese criterio principal, se seleccionará como motor de referencia aquel que cumpla el criterio secundario, a saber, tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen nominal.

##### 5.2.4.2. Motores de encendido por chispa

Una vez que el organismo de homologación haya aprobado la familia de motores, el principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será el de tener el mayor desplazamiento. En caso de que dos o más motores compartan este criterio principal, se seleccionará el motor de referencia utilizando uno de los siguientes criterios secundarios, en este orden de prioridad:

- a) el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de la potencia nominal declarada;
- b) el reglaje de chispa más avanzado;
- c) el caudal de recirculación del gas de escape más bajo.

##### 5.2.4.3. Observaciones acerca de la selección del motor de referencia

El organismo de homologación o de certificación podrá considerar que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a emisiones es someter a ensayo un segundo motor. En ese caso, el fabricante del motor presentará la información adecuada para determinar qué motores de la familia tienen probabilidad de tener el nivel de emisiones más alto.

Si otros motores de la familia poseen otras características que pudieran afectar a las emisiones de escape, dichas características también deberán determinarse y tomarse en consideración para la selección del motor de referencia.

Si algunos motores de la familia cumplen los mismos valores de emisión en distintos periodos de la vida útil, se tendrá en cuenta en la selección del motor de referencia.

## 6. CONDICIONES DE ENSAYO

### 6.1. Condiciones de ensayo en laboratorio

Se medirá la temperatura absoluta ( $T_a$ ) del aire de admisión en su punto de entrada, expresada en kelvin, y la presión atmosférica seca ( $p_s$ ), expresada en kPa, y se determinará el parámetro  $f_a$  de acuerdo con las disposiciones siguientes. En el caso de 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:  $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ .

- a) Motores de encendido por compresión:

Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (1)$$

Motores turbocomprimidos con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (2)$$

- b) Motores de encendido por chispa:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s}\right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6} \quad (3)$$

#### 6.2. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

Se registrará la temperatura del aire de sobrealimentación, que deberá encontrarse, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, dentro de un margen de  $\pm 5$  K respecto a 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 laboratorio de ensayo o un soplante externo, la temperatura del aire de sobrealimentación deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 5$  K respecto a la temperatura máxima del aire de admisión especificada por el fabricante al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. La temperatura y el caudal del refrigerante del sistema de refrigeración del aire de admisión en el punto de reglaje anterior no deberán variar durante el ciclo de ensayo, salvo que ello suponga una sobrerrefrigeración no representativa del aire de admisión. El volumen del sistema de refrigeración del aire de admisión estará basado en buenas prácticas técnicas y será representativo de la instalación del motor en circulación.

#### 6.3. Potencia del motor

La base de la medición específica de las emisiones es la potencia no corregida, tal como se define en el Reglamento n° 85.

Los accesorios que sólo sean necesarios para 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 incompleta siguiente:

- a) Compresor de aire para los frenos
- b) Compresor de la dirección asistida
- c) Compresor del aire acondicionado
- d) Bombas de los actuadores hidráulicos

Cuando los accesorios no se hayan retirado, se determinará la potencia que absorben para adaptar los valores de reglaje y calcular el trabajo producido por el motor durante el ciclo de ensayo.

#### 6.4. Sistema de admisión de aire del motor

Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor que presente una restricción de la admisión de aire situada dentro de un margen de  $\pm 300$  Pa respecto al valor máximo especificado por el fabricante para un filtro de aire limpio al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga.

**6.5. Sistema de escape del motor**

Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor que presente una contrapresión de escape situada dentro de un margen de  $\pm 650$  Pa respecto al valor máximo especificado por el fabricante a la potencia máxima declarada y a plena carga. El sistema de escape deberá cumplir los requisitos de muestreo del gas de escape establecidos en los puntos 8.3.2.2 y 8.3.3.2.

**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 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 del vehículo o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. La contrapresión o limitación del 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 que se regeneren periódicamente, tal como se describe en el punto 6.6.2, los resultados de las emisiones se ajustarán para tomar en consideración las regeneraciones. En ese caso, la emisión media dependerá de la frecuencia de 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 punto 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 WHTC, 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 generación es continuo, se efectuará un mínimo de tres ensayos de arranque en caliente WHTC. 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  $\pm 15$  %.

Si el postratamiento del gas de escape dispone de un modo de seguridad que pasa a un modo de regeneración periódico, éste se verificará con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.6.2. En ese caso específico, podrían superarse los límites de emisión y no se ponderarían.

**6.6.2. Regeneración periódica**

Para un postratamiento del gas de escape basado en un proceso de regeneración periódica, las emisiones se medirán en un mínimo de tres ensayos WHTC, uno durante un proceso de regeneración en un sistema de postratamiento estabilizado y dos fuera de él, y se ponderarán los resultados.

El proceso de regeneración se producirá como mínimo una vez durante el ensayo WHTC. 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.), y su duración basada en el número de ciclos ( $n_r$ ). También proporcionará todos los datos para determinar el número de ciclos entre dos regeneraciones ( $n$ ). El procedimiento exacto para determinar dicha duración deberá acordarse con el organismo de homologación basándose en criterios técnicos bien fundamentados.

El fabricante proporcionará un sistema de postratamiento que haya sido cargado con el fin de conseguir la regeneración durante un ensayo WHTC. La regeneración no se producirá durante esta fase de acondicionamiento del motor

La media de las emisiones entre las fases de regeneración se determinará a partir de la media aritmética de varios ensayos de arranque en caliente WHTC aproximadamente equidistantes. Se recomienda realizar al menos un ensayo WHTC inmediatamente antes de un ensayo de regeneración y otro inmediatamente después del ensayo de regeneración. El fabricante podrá optar también por proporcionar datos que muestren que las emisiones permanecen constantes ( $\pm 15\%$ ) entre las fases de regeneración. En ese caso, podrán utilizarse las emisiones de un solo ensayo WHTC.

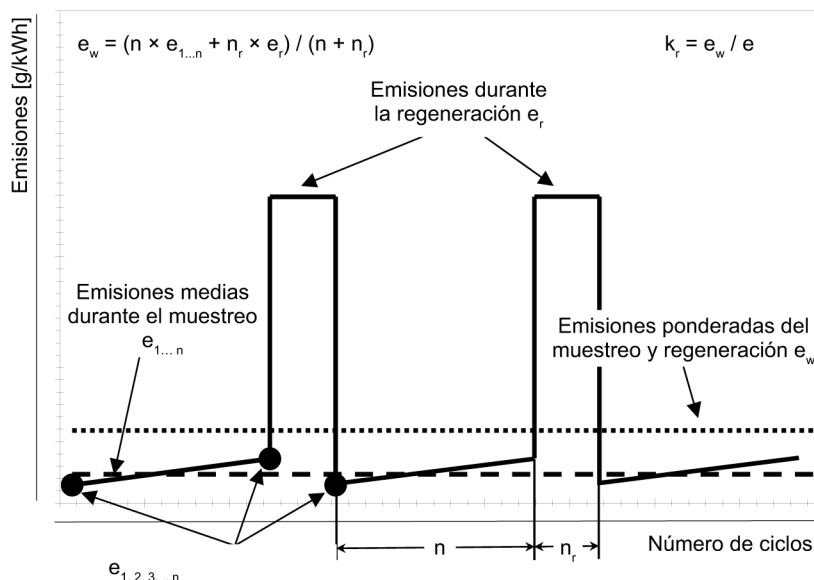
Durante el ensayo de regeneración, se registrarán todos los datos necesarios para detectar la regeneración (emisiones de CO y NO<sub>x</sub>, temperatura antes y después del sistema de postratamiento, contrapresión de escape, etc.).

Durante el proceso de regeneración podrán rebasarse los límites de emisión aplicables.

Las emisiones medidas se ponderarán de acuerdo con el punto 8.5.2.2 y el resultado final ponderado no deberá rebasar los límites de emisión aplicables. La figura 2 muestra un esquema del procedimiento de ensayo.

Figura 2

#### Esquema de regeneración periódica



**6.7. Sistema de refrigeración**

Se utilizará un sistema de refrigeración con suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas normales de funcionamiento prescritas por el fabricante.

**6.8. Aceite lubricante**

El aceite de lubricación lo especificará el fabricante y será representativo del aceite de lubricación disponible en el mercado. Las especificaciones del aceite de lubricación utilizado para el ensayo se registrarán y se presentarán con los resultados del ensayo.

**6.9. Especificaciones del combustible de referencia**

El combustible de referencia está especificado en el apéndice 2 del presente anexo para los motores de encendido por compresión y en los anexos 6 y 7 para los motores de GNC y GLP.

La temperatura del combustible se ajustará a las recomendaciones del fabricante.

**7. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO****7.1. Principios de medición de las emisiones**

En el presente anexo se describen dos principios de medición que son funcionalmente equivalentes. Ambos principios pueden utilizarse tanto para el ciclo de ensayo WHTC como para el WHSC:

- a) los componentes gaseosos se miden en el gas de escape bruto 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);
- c) se permite cualquier combinación de ambos principios (por ejemplo, medición de las emisiones gaseosas brutas y medición de las partículas de flujo total).

El motor estará sujeto a los ciclos de ensayo especificados a continuación.

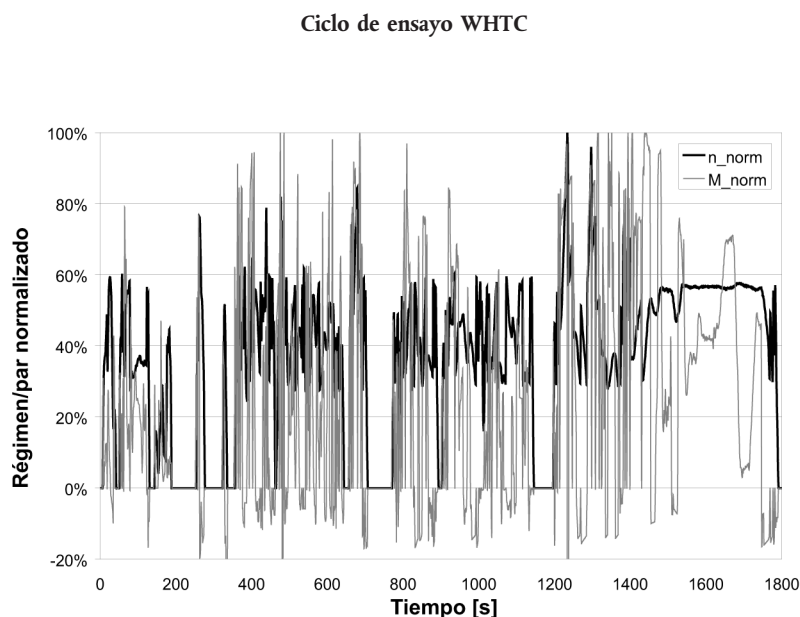
**7.2. Ciclo de ensayo transitorio WHTC**

El ciclo de ensayo transitorio WHTC figura en el apéndice 1 como secuencia segundo a segundo de valores de régimen y par normalizados aplicables a todos los motores sujetos al presente anexo. 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 que se está ensayando basándose en la curva gráfica 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 régimen y par obtenidos. Para validar el ensayo, se efectuará un análisis regresivo entre los valores de referencia de régimen, par y potencia y los valores reales una vez concluido el ensayo.

Para calcular las emisiones específicas del freno, se calculará el trabajo real del ciclo mediante la integración de la potencia real del motor durante el ciclo. Para la validación del ciclo, el trabajo real del ciclo debe encontrarse dentro de los límites prescritos del trabajo del ciclo de referencia.

Los contaminantes podrán registrarse de manera continua o recogerse en una bolsa de muestreo. La muestra de partículas deberá diluirse con aire ambiente acondicionado y recogerse en un único filtro adecuado. La figura 3 muestra un esquema del WHTC.

Figura 3



### 7.3. Ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos WHSC

El ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos WHSC consiste en un número determinado de modos que abarcan la gama típica de las condiciones de funcionamiento de los motores de gran potencia. El modo 0 no se pone en práctica, pero se tiene en cuenta matemáticamente mediante un factor de ponderación (WF) de 0,24 y valores nulos de emisiones y potencia. El motor deberá funcionar durante el tiempo prescrito para cada modo, al cabo del cual, el régimen y la carga deberán cambiarse linealmente en el plazo de 20 segundos. Para validar el periodo de ensayo, se efectuará un análisis regresivo entre los valores de referencia de régimen, par y potencia y los valores reales una vez concluido el ensayo.

Durante cada modo y los periodos de incremento entre los modos, se determinarán la concentración de cada gas contaminante, el caudal de escape y la potencia desarrollada, y los valores medidos se ponderarán a lo largo del ciclo. Los contaminantes gaseosos podrán registrarse de manera continua o muestrearse en una bolsa de muestreo. La muestra de partículas deberá diluirse con aire ambiente acondicionado. Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de ensayo, y se recogerá en un único filtro adecuado.

Para calcular las emisiones específicas del freno, se calculará el trabajo real del ciclo mediante la integración de la potencia real del motor durante el ciclo.

El cuadro 1 muestra el ciclo de ensayo WHSC. Los factores de ponderación (WF) se dan únicamente a modo de referencia. El modo de ralentí se divide en dos modos, el modo 1 al principio y el modo 13 al final del ciclo de ensayo.

Cuadro 1

**Ciclo de ensayo WHSC**

| Modo | Régimen normalizado (%) | Carga normalizada (%) | Factor de ponderación (WF) como referencia | Duración de la fase con incremento de 20 s |
|------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0    | Punto motriz            | —                     | 0,24                                       | —                                          |
| 1    | 0                       | 0                     | 0,17/2                                     | 210                                        |
| 2    | 55                      | 100                   | 0,02                                       | 50                                         |
| 3    | 55                      | 25                    | 0,10                                       | 250                                        |
| 4    | 55                      | 70                    | 0,03                                       | 75                                         |
| 5    | 35                      | 100                   | 0,02                                       | 50                                         |
| 6    | 25                      | 25                    | 0,08                                       | 200                                        |
| 7    | 45                      | 70                    | 0,03                                       | 75                                         |
| 8    | 45                      | 25                    | 0,06                                       | 150                                        |
| 9    | 55                      | 50                    | 0,05                                       | 125                                        |
| 10   | 75                      | 100                   | 0,02                                       | 50                                         |
| 11   | 35                      | 50                    | 0,08                                       | 200                                        |
| 12   | 35                      | 25                    | 0,10                                       | 250                                        |
| 13   | 0                       | 0                     | 0,17/2                                     | 210                                        |
| Suma |                         |                       | 1,00                                       | 1 895                                      |

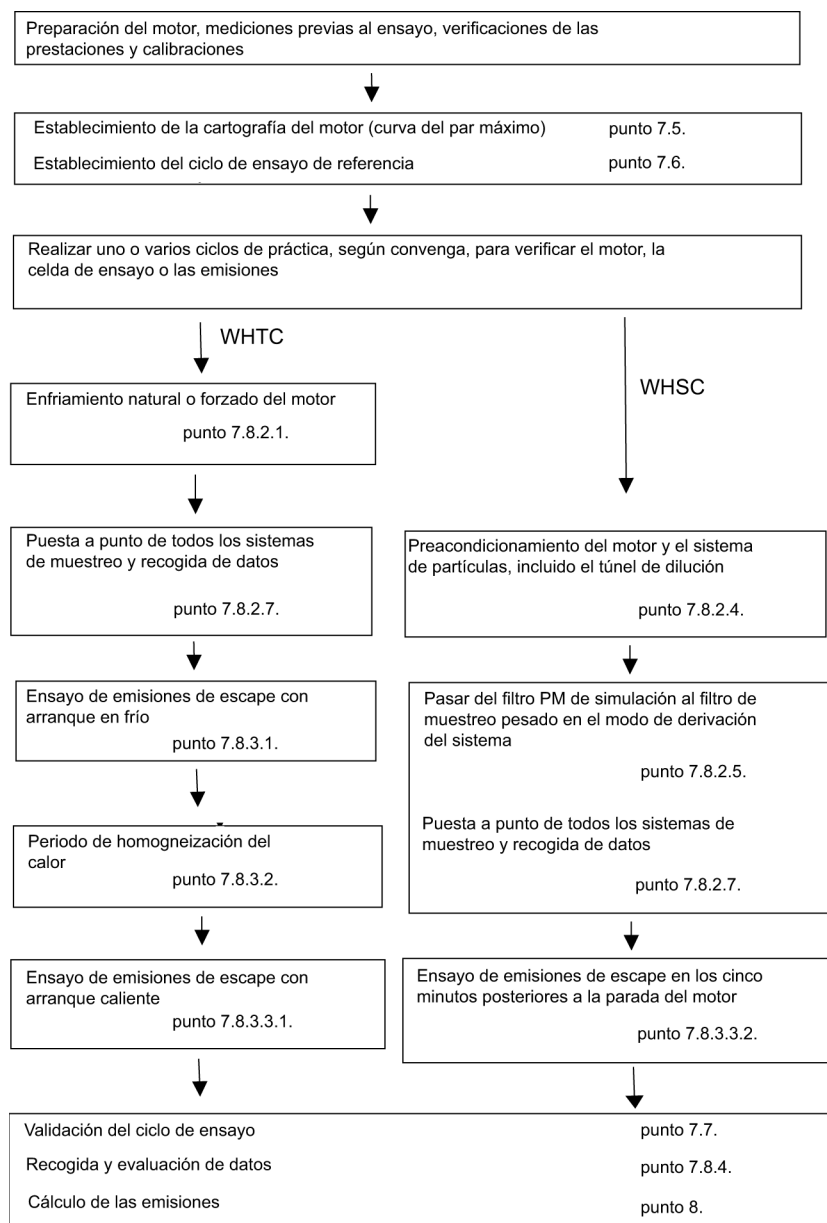
**7.4. Secuencia de ensayo general**

El diagrama que figura a continuación muestra el camino que debería seguirse durante el ensayo. Los detalles de cada paso se describen en los puntos correspondientes. Se permiten variaciones respecto a ese camino, cuando resulte conveniente, pero los requisitos específicos de los puntos correspondientes son de obligado cumplimiento.

Para el ciclo WHTC, el mejor procedimiento consiste en un ensayo de arranque en frío tras el enfriamiento natural o forzado del motor, una parada de 5 minutos para homogeneizar el calor y un arranque en caliente.

Para el ciclo WHSC, el mejor procedimiento consiste en un ensayo con arranque en caliente tras un preacondicionamiento del motor en el modo 9 del ciclo WHSC.





## 7.5. Procedimiento de cartografía del motor

Para generar el WHTC y el WHSC en la celda de ensayo, es preciso cartografiar el motor antes del ciclo de ensayo para determinar las curvas del régimen en función del par y del régimen en función de la potencia.

### 7.5.1. 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 al que el par a plena carga se reduce a cero (el que sea menor).

### 7.5.2. Curva gráfica 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 la cartografía del motor aplicando el procedimiento siguiente:

- a) se hace funcionar el motor sin carga al ralentí;

- b) se hace funcionar el motor a plena carga de la bomba de inyección y al régimen mínimo de la cartografía;
- c) se aumenta el régimen del motor a un ritmo medio de  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  desde el régimen mínimo hasta el régimen máximo de la cartografía; se registran los puntos de régimen y de par con una frecuencia de muestreo de al menos un punto por segundo.

#### 7.5.3. Cartografía alternativa

Si un fabricante considera que las técnicas de cartografía anteriores no son seguras o no son representativas de un motor concreto, podrán utilizarse técnicas alternativas. Estas técnicas alternativas deberán satisfacer el mismo objetivo que los procedimientos de cartografía destinados a determinar el par máximo disponible a todos los regímenes alcanzados durante los ciclos de ensayo. Las desviaciones respecto a las técnicas de cartografía especificadas en el presente punto por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por el organismo de homologación, y su uso deberá justificarse. 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.

#### 7.5.4. Repetición de los ensayos

No es preciso cartografiar un motor antes de cada ciclo de ensayo. Debe volverse a cartografiar 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 efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en sus prestaciones.

### 7.6. Determinación del ciclo de ensayo de referencia

#### 7.6.1. Desnormalización del régimen del motor

El régimen se desnormalizará mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Régimen real} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{\text{lo}} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}} \quad (4)$$

donde:

$n_{\text{lo}}$  es el régimen más bajo en el que la potencia alcanza un 55 % de la potencia máxima

$n_{\text{pref}}$  es el régimen en el que la integral máxima del par alcanza un 51 % de la integral completa

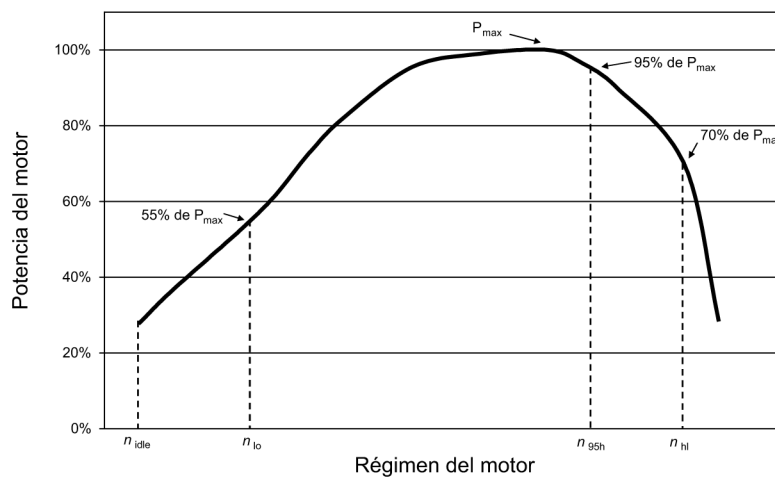
$n_{\text{hi}}$  es el régimen más alto en el que la potencia alcanza un 70 % de la potencia máxima

$n_{\text{idle}}$  es el régimen de ralentí

tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4

#### Definición de los regímenes de ensayo

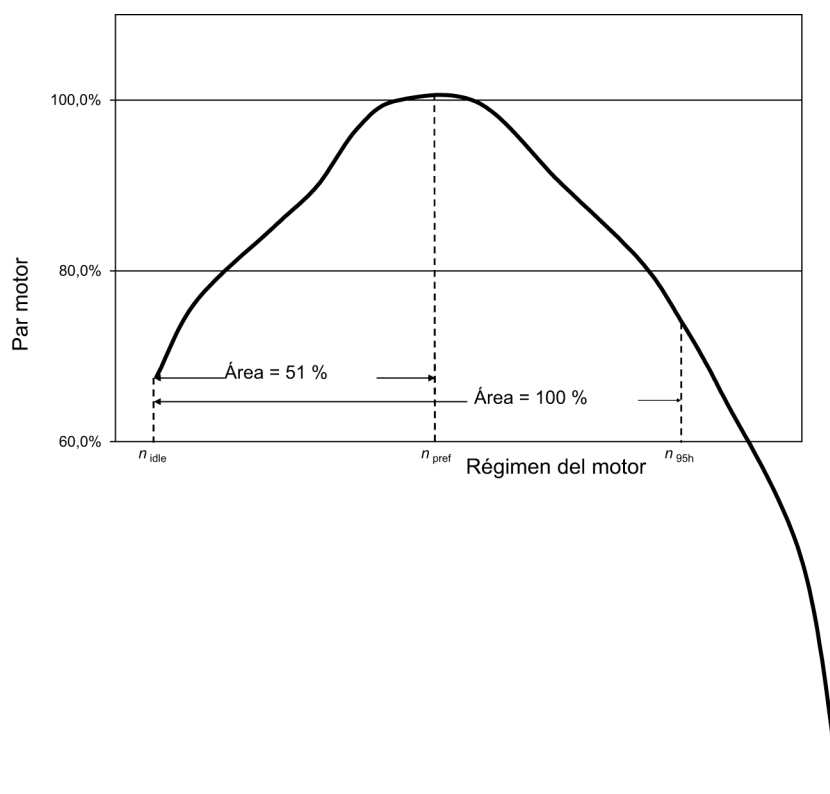


#### 7.6.1.1. Determinación del régimen preferido

A partir de la curva gráfica del motor, determinada de acuerdo con el punto 7.5.2, la integral del par máximo se calculará desde  $n_{idle}$  a  $n_{95h}$ . El régimen  $n_{95h}$  es el más alto en el que la potencia alcanza un 95 % de la potencia máxima.  $n_{pref}$  se define, pues, como el régimen que corresponde a un 51 % de la integral completa, tal como se muestra en la figura 5.

Figura 5:

#### Definición de $n_{pref}$



### 7.6.2. Desnormalización del par motor

Los valores del par en el programa dinamométrico del apéndice 1 están normalizados al par máximo del régimen respectivo. Los valores del par del ciclo de referencia se desnormalizarán mediante la curva gráfica determinada de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.5.2, de la manera siguiente:

$$\text{Par efectivo} = \frac{\% \text{ de par} \times \text{par max.}}{100} \quad (5)$$

para el respectivo régimen efectivo determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.6.1.

### 7.6.3. Ejemplo de procedimiento de desnormalización

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

% de régimen = 43 %

% de par = 82 %

Teniendo en cuenta los valores siguientes:

$$n_{lo} = 1\,015 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{hi} = 2\,200 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{pref} = 1\,300 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{idle} = 600 \text{ min}^{-1}$$

se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{régimen efectivo} &= \frac{43 \times (0,45 \times 1015 + 0,45 \times 1300 + 0,1 \times 2200 - 600) \times 2,0327}{100} + 600 \\ &= 1\,178 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

donde el par máximo de 700 Nm observado a partir de la curva gráfica es de 1,178 min<sup>-1</sup>

$$\text{par efectivo} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

## 7.7. Validación del ensayo

### 7.7.1. Cálculo del trabajo del ciclo

Antes de calcular el trabajo del ciclo, se omitirá todo punto registrado durante el arranque del motor. El trabajo del ciclo efectivo  $W_{act}$  (kWh) se calculará utilizando los valores de retorno del régimen y del par del motor. El trabajo del ciclo de referencia  $W_{ref}$  (kWh) se calculará utilizando los valores de referencia del régimen y del par del motor. El trabajo del ciclo efectivo  $W_{act}$  se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia  $W_{ref}$  y calcular las emisiones específicas del freno (véase el punto 8.5.2.1).

Se utilizará la misma metodología para integrar tanto la potencia de referencia como la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar valores situados entre los valores adyacentes de referencia o los valores adyacentes medidos, se empleará la interpolación lineal. Al integrar el trabajo del ciclo efectivo, se igualarán a cero y se incluirán todos los valores de par negativos. 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 85 % y 105 % de  $W_{ref}$ .

### 7.7.2. Estadísticas de validación del ciclo de ensayo

Se efectuarán regresiones lineales de los valores efectivos sobre los valores de referencia para el régimen, el par y la potencia.

Para minimizar el efecto distorsionante del desfase temporal entre los valores del ciclo efectivo y del ciclo de referencia, la secuencia completa de la señal efectiva 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 efectivas, deberán desplazarse en igual medida el régimen y el par en el mismo sentido.

Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación más adecuada tendrá la forma siguiente:

$$y = mx + b \quad (6)$$

donde:

$y$  = valor efectivo del régimen ( $\text{min}^{-1}$ ), del par (Nm) o de la potencia (kW)

$m$  = pendiente de la línea de regresión

$x$  = valor de referencia del régimen ( $\text{min}^{-1}$ ), del par (Nm) o de la potencia (kW)

$b$  = intersección de la línea de regresión con el eje Y

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SEE) de Y sobre X y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hz. Para que un ensayo pueda considerarse válido, deberán cumplirse los criterios del cuadro 2.

Cuadro 2

#### Tolerancias de la línea de regresión

|                                                        | Régimen                     | Par                                                                         | Potencia                                                                          |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Error típico de estimación (SEE) de Y sobre X          | máx. $100 \text{ min}^{-1}$ | máx. 13 % del par máximo del motor                                          | máx. 8 % de la potencia máxima del motor                                          |
| Pendiente de la línea de regresión, $m$                | 0,95 a 1,03                 | 0,83 — 1,03                                                                 | 0,89 — 1,03                                                                       |
| Coeficiente de determinación, $r^2$                    | mín. 0,970                  | mín. 0,850                                                                  | mín. 0,910                                                                        |
| Intersección de la línea de regresión $b$ con el eje Y | $\pm 50 \text{ min}^{-1}$   | $\pm 20 \text{ Nm}$ o $\pm 2 \%$ del par máximo (el valor que sea superior) | $\pm 4 \text{ kW}$ o $\pm 2 \%$ de la potencia máxima (el valor que sea superior) |

Únicamente a efectos de regresión, podrán borrarse los puntos que figuran en el cuadro 3 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 de 0 % y un régimen de referencia normalizado de 0 %. La eliminación de puntos podrá aplicarse a todo el ciclo o a cualquier parte del mismo.

Cuadro 3:

#### Puntos que pueden borrarse en el análisis de regresión

| Condición                                                               | Puntos que pueden borrarse |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Primeros $6 \pm 1$ segundos                                             | Régimen, par y potencia    |
| Plena carga y par efectivo < 95 % del valor de referencia del par       | Par y/o potencia           |
| Plena carga y régimen efectivo < 95 % del régimen de referencia         | Régimen y/o potencia       |
| Sin carga y par efectivo > 95 % del par de referencia                   | Par y/o potencia           |
| Sin carga y par efectivo > $\pm 2 \%$ del par máximo (punto de ralentí) | Régimen y/o potencia       |
| Sin carga y par de referencia < 0 % del par máximo (punto motriz)       | Par y/o potencia           |

## 7.8. Ensayo de emisiones

### 7.8.1. Introducción

Las emisiones que deben medirse en el gas de escape del motor incluyen los componentes gaseosos (monóxido de carbono, total de hidrocarburos o hidrocarburos no metánicos, metano y óxidos de nitrógeno) y las partículas. Además, a menudo se utiliza el dióxido de carbono como gas trazador para determinar la relación de dilución de sistemas de dilución de flujo parcial y de flujo total.

Estos contaminantes se examinarán durante los ciclos de ensayo prescritos. Las concentraciones de los componentes gaseosos se determinarán durante el ciclo, bien en el gas de escape bruto mediante integración de la señal del analizador, bien en el gas de escape diluido de un sistema de dilución de flujo total CVS mediante integración o muestreo en bolsa. En el caso de las partículas, se recogerá una muestra proporcional del gas de escape diluido en un filtro especificado mediante dilución de flujo parcial o de 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. Dichos valores de emisión másica se pondrán en relación con el trabajo del motor, calculado con arreglo a lo dispuesto en el punto 7.7.1, para obtener la emisión de cada contaminante en gramos por kilovatio hora.

### 7.8.2. Procedimientos previos al ensayo

Las mediciones del motor, verificaciones de las prestaciones del motor y calibraciones del sistema previas al ensayo se llevarán a cabo antes del establecimiento de la cartografía del motor, de acuerdo con la secuencia expuesta en el punto 7.4.

#### 7.8.2.1. Enfriamiento del motor (sólo para el ensayo con arranque en frío)

Puede aplicarse un procedimiento de enfriamiento natural o forzado. Respecto al enfriamiento forzado, se aplicarán buenas prácticas técnicas para el establecimiento de sistemas para enviar aire refrigerante al motor, enviar aceite frío al sistema de lubricación del motor, extraer el calor del refrigerante mediante el sistema 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.

#### 7.8.2.2. Preparación del filtro de muestreo de partículas

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. Una vez finalizado el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro en una cápsula de Petri cerrada o en un portafiltros sellado 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.

#### 7.8.2.3. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las prescripciones. El tubo de escape se conectará al sistema de dilución de flujo total, si se utiliza.

#### 7.8.2.4. Preacondicionamiento del sistema de dilución y del motor (sólo para el ciclo WHSC)

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán. Después del calentamiento, el motor y el sistema de muestreo se preconditionarán haciendo funcionar el motor al modo 9 durante un mínimo de 10 minutos y, simultáneamente, haciendo funcionar el sistema de dilución de flujo parcial o el sistema de dilución de flujo total y el sistema de dilución secundario. Pueden hacerse simulaciones de muestreo de partículas. Esos filtros de muestreo no deben estabilizarse ni pesarse y pueden desecharse. Los caudales se aproximarán a los caudales seleccionados para el ensayo.

#### 7.8.2.5. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha y se hará funcionar en derivación. El nivel de fondo de partículas del aire de dilución puede determinarse mediante un muestreo del aire de dilución antes de la entrada del gas de escape en el túnel de dilución. La medición puede efectuarse antes o después del ensayo. Si la medición se efectúa al principio y al final del ciclo, podrán promediarse los valores obtenidos. Si se utiliza un sistema de muestreo diferente para la medición de fondo, la medición se efectuará paralelamente al ensayo.

#### 7.8.2.6. Ajuste del sistema de dilución

El caudal total del gas de escape diluido de un sistema de dilución de flujo total o el caudal del gas de escape diluido de un sistema de dilución de flujo parcial se fijarán de manera que se elimine la condensación de agua en el sistema y se obtenga una temperatura en la cara del filtro de entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C).

#### 7.8.2.7. Verificación de los analizadores

Los analizadores se pondrán a cero y se calibrarán con gas patrón. Si se utilizan bolsas de muestreo, deberán evacuarse.

#### 7.8.3. Procedimiento de puesta en marcha del motor

##### 7.8.3.1. Ensayo con arranque en frío (sólo para el ciclo WHTC)

El ensayo con arranque en frío se iniciará cuando la temperatura del lubricante del motor y los sistemas de postratamiento alcancen todos una temperatura de entre 293 y 303 K (20 y 30 °C). El motor se arrancará mediante uno de los métodos siguientes:

- a) El motor se arranca como se recomienda en las instrucciones de uso mediante un motor de arranque de producción y una batería adecuadamente cargada o una fuente de corriente adecuada.
- b) El motor se arranca con el dinamómetro y se impulsa hasta  $\pm 25\%$  de su régimen de arranque típico en uso. El motor de arranque se parará en el segundo posterior al arranque del motor. Si el motor no arranca en el plazo de 15 segundos 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.

##### 7.8.3.2. Periodo de homogeneización del calor (sólo para el ciclo WHTC)

Inmediatamente después de que concluya el ensayo de arranque en frío, se homogeneizará el calor del motor durante  $5 \pm 1$  minutos.

##### 7.8.3.3. Ensayo de arranque en caliente

###### 7.8.3.3.1. Ciclo WHTC

El motor se arrancará al final del periodo de homogeneización del calor, tal como se define en el punto 7.8.3.2, siguiendo los procedimientos establecidos en el punto 7.8.3.1.

###### 7.8.3.3.2. Ciclo WHSC

Cinco minutos después de la conclusión del precondicionamiento en el modo 9, tal como se describe en el punto 7.8.2.4, el motor estabilizado se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento de arranque que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque de producción o el dinamómetro, con arreglo al punto 7.8.3.1.

#### 7.8.4. Realización del ciclo

Los requisitos generales establecidos en el presente punto se aplican tanto al ensayo de arranque en frío contemplado en el punto 7.8.3.1 como al ensayo de arranque en caliente contemplado en el punto 7.8.3.3.

##### 7.8.4.1. Secuencia de ensayo

La secuencia de ensayo empieza al arrancar el motor.

El ciclo WHTC se realizará con arreglo al ciclo de referencia establecido en el punto 7.2. Los puntos de mando del régimen y del par se emitirán con una frecuencia de 5 Hz o más (se recomienda 10 Hz). Los puntos de mando se calcularán mediante interpolación lineal entre los puntos de mando de 1 Hz del ciclo de referencia. Los valores efectivos del régimen y del par del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo (1 Hz), y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

El ciclo WHSC se llevará a cabo siguiendo el orden de los modos de ensayo del cuadro 1 del punto 7.3.

#### 7.8.4.2. Respuesta del analizador

Al inicio de la secuencia de ensayo, 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 bruto 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 bruto;
- e) se empezarán a registrar los datos de retorno del régimen y del par del dinamómetro.

Si se opta por la medición del gas de escape bruto, se medirán continuamente las concentraciones de las emisiones [(NM)HC, CO y NO<sub>x</sub>] y el caudal másico del gas de escape y se almacenarán en un sistema informático con una frecuencia mínima de 2 Hz. Todos los demás datos podrán registrarse con una frecuencia de muestreo mínima de 1 Hz. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, los HC y NO<sub>x</sub> 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 deberá superar 20 segundos y, si es preciso, estará coordinado con las fluctuaciones de caudal del muestreo de volumen constante y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de ensayo. Los niveles de CO, CO<sub>2</sub> y NMHC podrán determinarse mediante integración de las señales de medición continua o análisis de las concentraciones obtenidas en la bolsa de muestreo durante el ciclo. Las concentraciones de contaminantes gaseosos en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. El resto de parámetros que deban medirse se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

#### 7.8.4.3. Muestreo de partículas

Al iniciar la secuencia de ensayo, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo parcial, se controlará(n) la(s) bomba(s) de muestreo, de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o tubo de transferencia sea proporcional al caudal másico de escape, determinado con arreglo al punto 8.3.3.3.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, la(s) bomba(s) de muestreo se ajustará(n) de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen de  $\pm 2,5\%$  respecto al caudal establecido. Si se aplica una compensación del caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de  $\pm 2,5\%$  respecto a su valor establecido (excepto durante los primeros diez segundos de muestreo). Se registrarán la temperatura y la presión medias en la entrada de los caudalímetros de gas o de los instrumentos del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (dentro de un margen de  $\pm 2,5\%$ ) debido a la elevada carga de partículas del filtro, el ensayo deberá invalidarse y repetirse con un caudal de muestreo menor.

#### 7.8.4.4. Parada del motor y mal funcionamiento del equipo

Si el motor se para en algún momento del ensayo de arranque en frío del ciclo WHTC o durante el ciclo WHSC, se invalidará el ensayo. El motor se preconditionará y se volverá a arrancar siguiendo los métodos de arranque indicados en el punto 7.8.3.1, y se repetirá el ensayo.

Si el motor se para en algún momento del ensayo de arranque en caliente del ciclo WHTC, se invalidará el ensayo. Se homogeneizará el calor del motor de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.8.3.2 y se repetirá el ensayo de arranque en caliente. En ese caso, no es necesario repetir el ensayo de arranque en frío.

Si durante el ciclo de ensayo se produce un mal funcionamiento en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo y se repetirá con arreglo a las disposiciones anteriores en función del ciclo de ensayo.



## 7.8.4.5. Operaciones después del ensayo

Una vez finalizado el ensayo, se detendrá la medición del caudal másico del gas de escape, del volumen del gas de escape diluido y del caudal de gas dirigido a las bolsas de muestreo y se parará la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis integrador, el muestreo deberá continuar hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de muestreo, 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 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.

El filtro de partículas se volverá a introducir en la cámara de pesaje a más tardar una hora después de finalizar el ensayo. Se acondicionará en una cápsula de Petri protegida contra la contaminación por polvo y que permita un intercambio de aire durante un tiempo mínimo de una hora, y a continuación se pesará. Se registrará el peso bruto de los filtros.

## 8. MEDICIÓN Y CÁLCULO DE LAS EMISIONES

El resultado final del ensayo se redondeará, de un golpe, a la posición situada a la derecha de la coma indicada en la norma sobre emisiones aplicable, más una cifra significativa, de acuerdo con la norma ASTM E 29-04. No está permitido el redondeo de los valores intermedios utilizados para calcular el resultado final de las emisiones específicas del freno.

## 8.1. Corrección base seca/base húmeda

Si las emisiones se miden en base seca, se calcularán en base húmeda mediante la fórmula indicada a continuación.

$$c_w = k_w \times c_d \quad (7)$$

donde:

$c_w$  es la concentración en base húmeda, en ppm o % vol.

$c_d$  es la concentración en base seca, en ppm o % vol.

$k_w$  es el factor de corrección base seca/base húmeda

## 8.1.1. Gas de escape bruto

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times W_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times K_f \times 1000} \right) \times 1,008 \quad (8)$$

o bien

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times W_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times K_f \times 1000} \right) / \left( 1 - \frac{P_r}{P_b} \right) \quad (9)$$

o bien

$$k_{w,a} = \left( \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO2} + c_{CO})} - K_{w1} \right) \times 1,008 \quad (10)$$

con

$$k_f = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (11)$$

y

$$k_{w,1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + (1,608 \cdot H_a)} \quad (12)$$

donde:

|             |                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $H_a$       | es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco |
| $w_{ALF}$   | es el contenido de hidrógeno del combustible, en % de la masa             |
| $q_{mf,i}$  | es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s                  |
| $q_{mad,1}$ | es el caudal másico instantáneo del aire de admisión seco, en kg/s        |
| $p_r$       | es la presión del vapor de agua después del baño refrigerante, en kPa     |
| $p_b$       | es la presión atmosférica total, en kPa                                   |
| $w_{DEL}$   | es el contenido de nitrógeno del combustible, en % de la masa             |
| $w_{EPS}$   | es el contenido de oxígeno del combustible, en % de la masa               |
| $\alpha$    | es la relación molar del hidrógeno del combustible                        |
| $c_{CO_2}$  | es la concentración seca de CO <sub>2</sub> , en %                        |
| $c_{CO}$    | es la concentración seca de CO, en %                                      |

Las ecuaciones (8) y (9) son básicamente idénticas, y el factor 1,008 en las ecuaciones (8) y (10) son una aproximación del denominador más preciso de la ecuación (9).

#### 8.1.2. Gas de escape diluido

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \times c_{CO_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (13)$$

o bien

$$k_{w,e} = \left[ \left( \frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha + c_{CO_2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (14)$$

con

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1,000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (15)$$

donde:

|             |                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$    | es la relación molar del hidrógeno del combustible                        |
| $c_{CO_2w}$ | es la concentración húmeda de CO <sub>2</sub> , en %                      |
| $c_{CO_2d}$ | es la concentración seca de CO <sub>2</sub> , en %                        |
| $H_d$       | es la humedad del aire de dilución, en gramos de agua por kg de aire seco |
| $H_a$       | es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco |
| $D$         | es el factor de dilución (véase el punto 8.4.2.4.2)                       |

#### 8.1.3. Aire de dilución

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008 \quad (16)$$

con

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1,000 + (1,608 \times H_d)} \quad (17)$$

donde:

|       |                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| $H_d$ | es la humedad del aire de dilución, en gramos de agua por kg de aire seco |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|

## 8.2. Corrección de NO<sub>x</sub> en función de la humedad

Como la emisión de NO<sub>x</sub> depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO<sub>x</sub> se corregirá en función de la humedad mediante los factores indicados en los puntos 8.2.1 u 8.2.2. La humedad del aire de admisión,  $H_a$ , puede derivarse de la medición de la humedad relativa, del punto de condensación, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando la ecuación comúnmente aceptada.

### 8.2.1. Motores de encendido por compresión

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1,000} + 0,832 \quad (18)$$

donde:

$H_a$  es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

### 8.2.2. Motores de encendido por chispa

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (19)$$

donde:

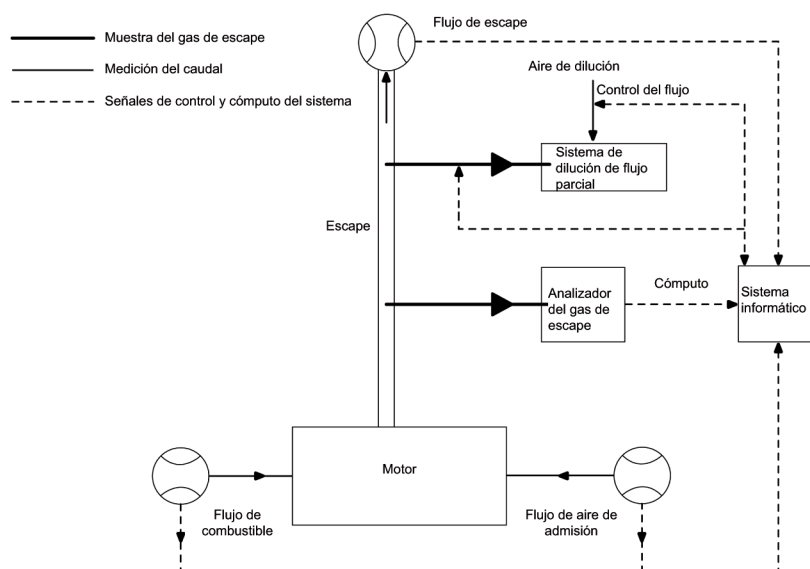
$H_a$  es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

## 8.3. Dilución de flujo parcial (PFS) y medición de los componentes gaseosos brutos

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 del gas de escape podrá medirse directamente o calcularse utilizando los métodos de medición del caudal de aire de admisión y de combustible, el método del gas trazador o la 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 verificará mediante un análisis de regresión entre la muestra y el caudal del gas de escape de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.3.3.3. La figura 6 muestra un esquema completo del dispositivo de ensayo.

Figura 6

### Esquema del sistema de medición de flujo bruto/parcial



### 8.3.1. Determinación del caudal másico del gas de escape bruto

#### 8.3.1.1. Introducción

Para calcular las emisiones en el gas de escape bruto 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 en los puntos 8.3.1.3 a 8.3.1.6.

#### 8.3.1.2. Tiempo de respuesta

Para calcular las emisiones, el tiempo de respuesta de cualquiera de los métodos descritos en los puntos 8.3.1.3 a 8.3.1.6 será igual o inferior al tiempo de respuesta del analizador ( $\leq 10$  s), tal como se establece en el punto 9.3.5.

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, el tiempo de respuesta será  $\leq 0,3$  segundos. En los sistemas de dilución de flujo parcial con control previo basado en un ensayo pregrabado, el tiempo de respuesta del sistema de medición del caudal de escape será  $\leq 5$  segundos, con un tiempo de subida  $\leq 1$  segundo. El fabricante del instrumento especificará el tiempo de respuesta del sistema. Los requisitos de tiempo de respuesta combinado para el caudal del gas de escape y el sistema de dilución de flujo parcial se indican en el punto 8.3.3.3.

#### 8.3.1.3. Método de medición directa

La medición directa del caudal instantáneo del 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);
- b) un caudalímetro ultrasónico;
- c) un caudalímetro vortex.

Deberán tomarse precauciones para evitar errores de medición que influyan 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 cumplirán los requisitos de linealidad del punto 9.2.

#### 8.3.1.4. Método de medición del aire y del combustible

Consiste en la medición del caudal de aire y del caudal de combustible con caudalímetros adecuados. El cálculo del caudal instantáneo del gas de escape se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (20)$$

donde:

- $q_{mew,i}$  es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- $q_{maw,i}$  es el caudal másico instantáneo del aire de admisión, en kg/s
- $q_{mf,i}$  es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s

Los caudalímetros cumplirán los requisitos de linealidad del punto 9.2, pero también tendrán la exactitud suficiente para cumplir los requisitos de linealidad para el caudal del gas de escape.

#### 8.3.1.5. 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 caudal 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 éste 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 ésta 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 caudal de gas de escape se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)} \quad (21)$$

donde:

- $q_{mew,i}$  es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- $q_{vt}$  es el caudal del gas trazador, en cm<sup>3</sup>/min
- $c_{mix,i}$  es la concentración instantánea del gas trazador después de la mezcla, en ppm
- $\rho_e$  es la densidad del gas de escape, en kg/m<sup>3</sup> (véase el cuadro 4)
- $c_b$  es la concentración de fondo del gas trazador en el aire de admisión, en ppm

La concentración básica del gas trazador ( $c_b$ ) podrá determinarse promediando la concentración de fondo medida inmediatamente antes y después del ensayo.

La concentración de fondo podrá ignorarse si es inferior al 1 % de la concentración del gas trazador después de la mezcla ( $c_{mix,i}$ ) a un caudal de escape máximo.

La totalidad del sistema cumplirá los requisitos de linealidad para el caudal del gas de escape del punto 9.2.

#### 8.3.1.6. Método de medición de la relación aire-combustible

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

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right) \quad (22)$$

con

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (23)$$

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})} \quad (24)$$

donde:

- $q_{mew,i}$  es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- $q_{maw,i}$  es el caudal másico instantáneo del aire de admisión, en kg/s
- $A/F_{st}$  es la relación estequiométrica aire-combustible, en kg/kg
- $\lambda_i$  es la relación de exceso de aire instantáneo

$c_{\text{CO}_2\text{d}}$  es la concentración seca de  $\text{CO}_2$ , en %

$c_{\text{COd}}$  es la concentración seca de  $\text{CO}$ , en ppm

$c_{\text{HCw}}$  es la concentración húmeda de  $\text{HC}$ , en ppm

Los caudalímetros y los analizadores cumplirán los requisitos de linealidad establecidos en el punto 9.2, y la totalidad del sistema cumplirá los requisitos de linealidad para el caudal del gas de escape del punto 9.2.

Si se utiliza un equipo de medición de la relación aire-combustible —por ejemplo, un sensor de tipo Zirconia— para medir la relación de exceso de aire, éste deberá cumplir las especificaciones establecidas en el punto 9.3.2.7.

### 8.3.2. Determinación de los componentes gaseosos

#### 8.3.2.1. Introducción

Los componentes gaseosos en el gas de escape bruto del motor sometido a ensayo se medirán con los sistemas de medición y muestreo descritos en el punto 9.3 y el apéndice 3. La evaluación de los datos se describe en el punto 8.3.2.3.

En los puntos 8.3.2.4 y 8.3.2.5 se describen dos procedimientos de cálculo que son equivalentes para los combustibles de referencia del apéndice 2. El procedimiento descrito en el punto 8.3.2.4 es más directo, puesto que utiliza valores  $u$  tabulados para la relación entre la densidad del componente y la del gas de escape. El procedimiento descrito en el punto 8.3.2.5 es más preciso para las calidades de combustible que se desvían de las especificaciones del apéndice 2 pero requiere un análisis elemental de la composición del combustible.

#### 8.3.2.2. Muestreo de las emisiones gaseosas

Las sondas de muestreo de emisiones gaseosas se introducirán a una profundidad mínima de 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape (el valor que sea más elevado) antes del punto de salida del sistema de escape, pero lo suficientemente cerca del motor para garantizar que el gas de escape se mantiene a una temperatura de al menos 343 K (70 °C) en la sonda.

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los «motores en V», se recomienda combinar los colectores antes de la sonda de muestreo. Si esta solución no fuera práctica, se permitirá tomar una muestra del grupo que presenta la mayor emisión de  $\text{CO}_2$ . Para calcular las emisiones de escape deberá utilizarse el caudal másico de escape total.

Si el motor está equipado con un sistema de postratamiento del gas de escape, la muestra del gas de escape se tomará después de dicho sistema.

#### 8.3.2.3. Evaluación de los datos

Para evaluar las emisiones gaseosas, las concentraciones de las emisiones brutas ( $\text{HC}$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{NO}_x$ ) y el caudal másico del gas de escape se registrarán y se almacenarán en un sistema informático con una frecuencia de al menos 2 Hz. Todos los demás datos podrán registrarse con una frecuencia de muestreo de al menos 1 Hz. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

Para el cálculo de la emisión másica de los componentes gaseosos, el tiempo de las curvas de las concentraciones registradas y de la curva del caudal másico del gas de escape se alineará con el tiempo de transformación, tal como se define en el punto 3.1.28. En consecuencia, el tiempo de respuesta de cada analizador de emisiones gaseosas y del sistema del caudal másico del gas de escape se determinará de acuerdo con lo dispuesto en los puntos 8.3.1.2 y 9.3.5, respectivamente, y se registrará.

#### 8.3.2.4. Cálculo de la emisión másica basada en los valores tabulados

Se determinará la masa de los contaminantes (g/ensayo) calculando las emisiones másicas instantáneas a partir de las concentraciones brutas de los contaminantes y del caudal másico del gas de escape, alineado con el tiempo de transformación determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.3.2.3, integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo y multiplicando los valores integrados con los valores  $u$  del cuadro 4. 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 punto 8.1.

Para el cálculo de  $\text{NO}_x$ , la emisión másica se multiplicará por el factor de corrección de la humedad  $k_{h,D}$  o  $k_{h,G}$ , determinado con arreglo al punto 8.2.

En el apéndice 6 se ofrece un ejemplo del procedimiento de cálculo.

Se aplicará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{en g/ensayo})(25)$$

donde:

$u_{\text{gas}}$  es la relación entre la densidad del componente de escape y la densidad del gas de escape  
 $c_{\text{gas},i}$  es la concentración instantánea del componente en el gas de escape bruto, en ppm  
 $q_{\text{mew},i}$  es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s  
 $f$  es la frecuencia de muestreo, en Hz  
 $n$  es el número de mediciones

Cuadro 4

#### Valores $u$ del gas de escape bruto y densidades de los componentes

| Combustible          | $\rho_e$ | Gas                                 |          |                           |               |              |               |
|----------------------|----------|-------------------------------------|----------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|
|                      |          | $\text{NO}_x$                       | CO       | HC                        | $\text{CO}_2$ | $\text{O}_2$ | $\text{CH}_4$ |
|                      |          | $\rho_{\text{gas}} [\text{kg/m}^3]$ |          |                           |               |              |               |
|                      |          | 2,053                               | 1,250    | ( <sup>a</sup> )          | 1,9636        | 1,4277       | 0,716         |
|                      |          | $u_{\text{gas}}^{(b)}$              |          |                           |               |              |               |
| Diésel               | 1,2943   | 0,001586                            | 0,000966 | 0,000479                  | 0,001517      | 0,001103     | 0,000553      |
| Etanol               | 1,2757   | 0,001609                            | 0,000980 | 0,000805                  | 0,001539      | 0,001119     | 0,000561      |
| GNC ( <sup>c</sup> ) | 1,2661   | 0,001621                            | 0,000987 | 0,000558 ( <sup>d</sup> ) | 0,001551      | 0,001128     | 0,000565      |
| Propano              | 1,2805   | 0,001603                            | 0,000976 | 0,000512                  | 0,001533      | 0,001115     | 0,000559      |
| Butano               | 1,2832   | 0,001600                            | 0,000974 | 0,000505                  | 0,001530      | 0,001113     | 0,000558      |
| GLP ( <sup>e</sup> ) | 1,2811   | 0,001602                            | 0,000976 | 0,000510                  | 0,001533      | 0,001115     | 0,000559      |

(<sup>a</sup>) en función del carburante.

(<sup>b</sup>) para  $\lambda = 2$ , aire seco, 273 K, 101,3 kPa.

(<sup>c</sup>)  $u$  con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %.

(<sup>d</sup>) NMHC sobre la base de  $\text{CH}_{2,93}$  (para los HC totales se utilizará el coeficiente  $u_{\text{gas}}$  de  $\text{CH}_4$ ).

(<sup>e</sup>)  $u$  con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %.

#### 8.3.2.5. Cálculo de la emisión másica basada en ecuaciones exactas

Se determinará la masa de los contaminantes (g/ensayo) calculando las emisiones másicas instantáneas a partir de las concentraciones brutas de los contaminantes, los valores  $u$  y el caudal másico de gas de escape, alineado con el tiempo de transformación determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.3.2.3 e integrando los valores instantáneos a lo largo 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 punto 8.1.

Para el cálculo de  $\text{NO}_x$ , la emisión másica se multiplicará por el factor de corrección de la humedad  $k_{h,D}$  o  $k_{h,G}$ , determinado con arreglo al punto 8.2.

Se aplicará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{en g/ensayo}) (26)$$

donde:

- $u_{\text{gas},i}$  es la relación de la densidad instantánea del componente de escape y del gas de escape
- $c_{\text{gas},i}$  es la concentración instantánea del componente en el gas de escape bruto, en ppm
- $q_{\text{mew},i}$  es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- $f$  es la frecuencia de muestreo, en Hz
- $n$  es el número de mediciones

Los valores  $u$  instantáneos se calcularán de la manera siguiente:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \times 1\,000) \quad (27)$$

o bien

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \times 1\,000) \quad (28)$$

con

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414 \quad (29)$$

donde:

- $M_{\text{gas}}$  es la masa molar del componente del gas, en g/mol (véase el apéndice 6)
- $M_{e,i}$  es la masa molar instantánea del gas de escape, en g/mol
- $\rho_{\text{gas}}$  es la densidad del componente del gas, en kg/m<sup>3</sup>
- $\rho_{e,i}$  es la densidad instantánea del gas de escape, en kg/m<sup>3</sup>

La masa molar de las emisiones de escape  $M_e$  se derivará de una composición general del combustible  $\text{CH}_a\text{O}_e\text{N}_b\text{S}_\gamma$ , partiendo de la suposición de una combustión completa de la manera siguiente:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}}}{\frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \quad (30)$$

donde:

- $q_{\text{maw},i}$  es el caudal másico instantáneo del aire de admisión en base húmeda, en kg/s
- $q_{\text{mf},i}$  es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s
- $H_a$  es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco
- $M_a$  es la masa molar del aire de admisión en condiciones secas = 28,965 g/mol

La densidad del gas de escape  $\rho_e$  se derivará de la manera siguiente:

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \times (q_{\text{mf},i} / q_{\text{mad},i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_f \times 1000 \times (q_{\text{mf},i} / q_{\text{mad},i})} \quad (31)$$

donde:

- $q_{\text{mad},i}$  es el caudal másico instantáneo del aire de admisión en base seca, en kg/s
- $q_{\text{mf},i}$  es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s
- $H_a$  es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco
- $k_f$  es el factor específico del combustible de acuerdo con la ecuación 11 del punto 8.1.1

### 8.3.3. Determinación de las partículas

#### 8.3.3.1. Introducción

Para determinar las partículas es preciso diluir la muestra con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El sistema de dilución de flujo parcial se ajustará de tal manera que se elimine completamente la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo, y la temperatura del gas de escape diluido se mantenga entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltros. Se permite la deshumidificación del aire



de dilución antes de que penetre en el sistema de dilución, lo que resulta especialmente útil si la humedad del aire de dilución es elevada. La temperatura del aire de dilución será  $> 288 \text{ K}$  ( $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) muy cerca de la entrada del túnel de dilución.

El sistema de dilución de flujo parcial deberá estar diseñado de tal manera que permita tomar una muestra proporcional del gas de escape bruto en el flujo de escape del motor, respondiendo así a las variaciones en el caudal de escape, e introducir aire de dilución en dicha muestra para obtener una temperatura situada entre  $315 \text{ K}$  ( $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y  $325 \text{ K}$  ( $52 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en el filtro de ensayo. Para ello, es esencial determinar la relación de dilución o la relación de muestreo  $r_d$  o  $r_s$  de forma que se respeten los criterios de exactitud establecidos en el punto 9.4.4.

Para determinar la masa de las partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, un filtro de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográfica y una cámara de pesaje con control de temperatura y humedad. Los detalles del sistema se describen en el punto 9.4.

#### 8.3.3.2. Muestreo de partículas

Por norma general, la sonda de muestreo de partículas se instalará muy cerca de la sonda de muestreo de las emisiones gaseosas, pero a una distancia suficiente para no provocar interferencias. Por consiguiente, también serán aplicables al muestreo de partículas las disposiciones del punto 8.3.2.2. La línea de muestreo deberá cumplir los requisitos establecidos en el apéndice 3.

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los «motores en V», se recomienda combinar los colectores antes de la sonda de muestreo. Si esta solución no fuera práctica, se permitirá tomar una muestra del grupo que presente la mayor emisión de partículas. Para calcular las emisiones de escape se utilizará el caudal másico de escape total del colector de admisión.

#### 8.3.3.3. Tiempo de respuesta del sistema

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 punto 9.4.7.3. Si el tiempo combinado de transformación de la medición del caudal de escape (véase el punto 8.3.1.2) y del sistema de flujo parcial es inferior a 0,3 segundos, podrá utilizarse el control en línea. Si el tiempo de transformación es superior a 0,3 segundos, se utilizará un control previo basado en un periodo de ensayo pregrabado. En ese caso, el tiempo combinado de subida será  $\leq 1$  segundo y el tiempo de retraso combinado,  $\leq 10$  segundos.

La respuesta total del sistema estará determinada de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas,  $q_{mp,i}$ , proporcional al caudal másico de las emisiones de escape. Para determinar la proporcionalidad, se realizará un análisis de regresión de  $q_{mp,i}$  en relación con  $q_{mew,i}$  a una frecuencia mínima de adquisición de datos de 5 Hz y se cumplirán los criterios siguientes:

- a) el coeficiente de determinación  $r^2$  de la regresión lineal entre  $q_{mp,i}$  y  $q_{mew,i}$  no será inferior a 0,95;
- b) el error típico de estimación de  $q_{mp,i}$  sobre  $q_{mew,i}$  no será superior a un 5 % del valor máximo de  $q_{mp}$ ;
- c) la intersección de la línea de regresión con  $q_{mp}$  no será superior a  $\pm 2 \%$  del valor máximo de  $q_{mp}$ .

Se requiere un control previo 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,  $t_{50,F}$ , es superior a 0,3 segundos. En ese caso, se realizará un ensayo previo y se utilizará la señal del caudal másico de escape de dicho ensayo para controlar el caudal de muestreo que entra en el sistema de muestreo de partículas. Se consiga un control correcto del sistema de dilución de flujo parcial si la curva del tiempo del valor de  $q_{mew,pre}$  del ensayo previo, que controla el valor de  $q_{mp}$ , es desplazada un tiempo anticipado de  $t_{50,P} + t_{50,F}$ .

Para establecer la correlación entre  $q_{mp,i}$  y  $q_{mew,i}$  se utilizarán los datos registrados durante el ensayo efectivo, con una alineación del tiempo de  $q_{mew,i}$  mediante  $t_{50,F}$  respecto a  $q_{mp,i}$  ( $t_{50,P}$  no contribuye a la alineación del tiempo). 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 punto 9.4.7.3.

## 8.3.3.4. Evaluación de los datos

Se registrará la tara de los filtros, determinada de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.8.2.2, y se restará del peso bruto del filtro, determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.8.4.5, para obtener la masa de la muestra de partículas  $m_f$ . Para evaluar la concentración de partículas, se registrará la masa total de la muestra ( $m_{sep}$ ) que pasa por los filtros a lo largo del ciclo de ensayo.

Prevía autorización del organismo de homologación, podrá corregirse la masa de partículas teniendo en cuenta el nivel de partículas del aire de dilución, tal como se determina en el punto 7.8.2.5, de acuerdo con las buenas prácticas técnicas y las características de diseño particulares del sistema de medición de partículas utilizado.

## 8.3.3.5. Cálculo de la emisión másica

En función del diseño del sistema, se calculará la masa de partículas (g/ensayo) mediante uno de los métodos indicados en los puntos 8.3.3.5.1 u 8.3.3.5.2 tras una corrección de la flotabilidad de la masa de la muestra de partículas de acuerdo con lo dispuesto en el punto 9.4.3.5. En el apéndice 6 se ofrece un ejemplo del procedimiento de cálculo.

## 8.3.3.5.1. Cálculo basado en la relación de muestreo

$$m_{PM} = m_f / (r_s \times 1\,000) \quad (32)$$

donde:

$m_f$  es la masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

$r_s$  es la relación media de la muestra a lo largo del ciclo

con

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (33)$$

donde:

$m_{se}$  es la masa de la muestra a lo largo del ciclo, en kg

$m_{ew}$  es el caudal másico de escape total a lo largo del ciclo, en kg

$m_{sep}$  es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

$m_{sed}$  es la masa del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg

En un sistema de muestreo total,  $m_{sep}$  y  $m_{sed}$  son idénticos.

## 8.3.3.5.2. Cálculo basado en la relación de dilución

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1,000} \quad (34)$$

donde:

$m_f$  es la masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

$m_{sep}$  es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

$m_{edf}$  es la masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo, en kg

La masa total del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo se determinará de la siguiente manera:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (35)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (36)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})} \quad (37)$$

donde:

|              |                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $q_{medf,i}$ | es el caudal másico instantáneo equivalente del gas de escape diluido, en kg/s |
| $q_{mew,i}$  | es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s                     |
| $r_{d,i}$    | es la relación de dilución instantánea                                         |
| $q_{mdew,i}$ | es el caudal másico instantáneo diluido del gas de escape, en kg/s             |
| $q_{mdw,i}$  | es el caudal másico instantáneo del aire de dilución, en kg/s                  |
| $f$          | es la frecuencia de muestreo, en Hz                                            |
| $n$          | es el número de mediciones                                                     |

#### 8.4. Medición de dilución de flujo total

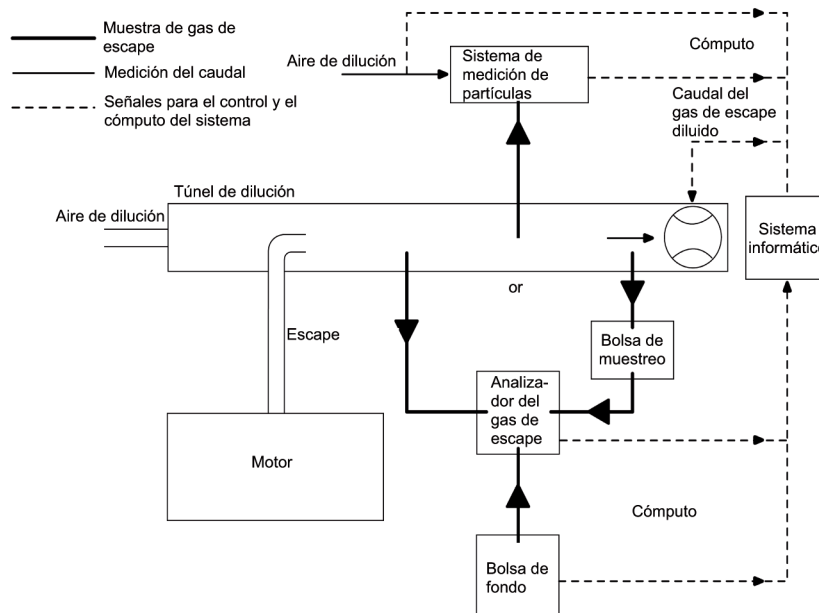
Las señales de la concentración, bien por integración a lo largo del ciclo o por bolsa de muestreo, de los componentes gaseosos se utilizarán para calcular las emisiones másicas multiplicándolas por el caudal másico del gas de escape. El caudal másico del gas de escape se medirá con un sistema de muestreo de volumen constante (CVS), para el que puede utilizarse un bomba de desplazamiento positivo (PDP), un venturi de flujo crítico (CFV) o un venturi subsónico (SSV), con o sin compensación de caudal.

Para el muestreo con bolsa y el muestreo de partículas, se tomará una muestra proporcional del gas de escape diluido del sistema CVS. Para un sistema sin compensación de caudal, la proporción del caudal de muestreo respecto al caudal de muestreo de volumen constante no deberá variar en más de  $\pm 2,5 \%$  respecto al punto establecido del ensayo. Para un sistema con compensación de flujo, cada relación de caudal individual deberá mantenerse constante dentro de un margen de  $\pm 2,5 \%$  de su respectivo caudal objetivo.

La figura 7 muestra un esquema completo del dispositivo de ensayo.

Figura 7

##### Esquema del sistema de medición de flujo total



#### 8.4.1. Determinación del caudal de gas de escape diluido

##### 8.4.1.1. Introducción

Para calcular las emisiones del gas de escape diluido, es preciso conocer el caudal másico del gas de escape diluido. El caudal total del gas de escape diluido durante el ciclo (kg/ensayo) se calculará a partir de los valores medidos durante el ciclo y de los correspondientes datos de calibración del caudalímetro ( $V_0$  para la PDP,  $K_V$  para el CFV,  $C_d$  para el SSV), mediante cualquiera de los métodos indicados en los puntos 8.4.1.2 a 8.4.1.4. Si el caudal total de muestreo de partículas ( $m_{sep}$ ) es superior a un 0,5 % del caudal total del CVS ( $m_{cd}$ ), el caudal del CVS se corregirá en función del  $m_{sep}$  o el caudal de muestreo de partículas se dirigirá de nuevo al CVS antes de pasar por el caudalímetro.

## 8.4.1.2. Sistema PDP-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a  $\pm 6$  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:

$$m_{ed} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (38)$$

donde:

$V_0$  es el volumen del gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo, en  $m^3/\text{rev}$ .

$n_p$  es el número total de revoluciones de la bomba por ensayo

$p_p$  es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa

$T$  es la temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba, en K

Si se utiliza un sistema con compensación de caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones másicas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En ese caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (39)$$

donde:

$n_{p,i}$  es el número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo.

## 8.4.1.3. Sistema CFV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a  $\pm 11$  K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el caudal másico a lo largo del ciclo se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed} = 1,293 \times t \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (40)$$

donde:

$t$  es la duración del ciclo, en s

$K_v$  es el coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar

$p_p$  es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa

$T$  es la temperatura absoluta en la entrada del venturi, en K

Si se utiliza un sistema con compensación de caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones másicas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En ese caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (41)$$

donde:

$\Delta t_i$  es el intervalo de tiempo, en s

## 8.4.1.4. Sistema SSV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene en  $\pm 11$  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:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \quad (42)$$

con

$$Q_{SSV} = A_0 \times d_v x^2 C_d p_p \times \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \times \left( r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right) \right]} \quad (43)$$

donde:

$A_0$  equivale a 0,006111 en unidades SI de  $\left( \frac{m^3}{\text{min}} \right) \left( \frac{K^2}{\text{kPa}} \right) \left( \frac{1}{\text{mm}^2} \right)$

$d_v$  es el diámetro del cuello del SSV, en m

$C_d$  es el coeficiente de descarga del SSV

$p_p$  es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa

$T$  es la temperatura en la entrada del venturi, en K

$r_p$  es la relación del cuello del SSV con una presión estática absoluta de entrada  $= 1 - \frac{\Delta p}{p_a}$

$r_D$  es la relación del diámetro del cuello del SSV,  $d$ , con el diámetro interior del tubo de entrada  $D$

Si se utiliza un sistema con compensación de caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones másicas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En ese caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad (44)$$

donde:

$\Delta t_i$  es el intervalo de tiempo, en s

El cálculo en tiempo real se iniciará 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 el número de Reynolds.

Durante todos los ensayos de emisiones, el número Reynolds en el cuello del SSV deberá situarse dentro del intervalo de números Reynolds utilizados para derivar la curva de calibración especificada en el punto 9.5.4.

#### 8.4.2. Determinación de los componentes gaseosos

##### 8.4.2.1. Introducción

Los componentes gaseosos del gas de escape del motor sometido a ensayo deberán medirse con los métodos descritos en el apéndice 3. La dilución del gas de escape se efectuará con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El caudal del sistema de dilución de flujo total será suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo. Los procedimientos de evaluación y cálculo de los datos se describen en los puntos 8.4.2.3 y 8.4.2.4.

##### 8.4.2.2. Muestreo de las emisiones gaseosas

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá cumplir los requisitos establecidos en el apéndice 3. La(s) sonda(s) de muestreo de emisiones gaseosas se instalará(n) en el túnel de dilución, en un punto muy próximo a la sonda de muestreo de partículas, en el que el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados.

Generalmente, el muestreo puede efectuarse de dos maneras:

- las emisiones se recogen en una bolsa de muestreo durante el ciclo y se miden tras finalizar el ensayo; para los hidrocarburos, la bolsa de muestreo se calentará a  $464 \pm 11$  K ( $191 \pm 11$  °C), y para los  $\text{NO}_x$ , la temperatura de la bolsa de muestreo será superior a la temperatura del punto de condensación;
- las emisiones se muestrean de forma continua y se integran a lo largo del ciclo.

Las concentraciones de fondo se muestrearán 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 punto 8.4.2.4.2.

##### 8.4.2.3. Evaluación de los datos

Para el muestreo continuo, las concentraciones de las emisiones (HC, CO y  $\text{NO}_x$ ) se registrarán y almacenarán en un sistema informático con una frecuencia mínima de 1 Hz; en caso de muestreo con bolsa, se requiere un valor medio por ensayo. El caudal másico del gas de escape diluido y todos los demás datos se registrarán con una frecuencia de muestreo mínima de 1 Hz. Si se utilizan analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

## 8.4.2.4. Cálculo de la emisión másica

## 8.4.2.4.1. Sistemas con caudal másico constante

Para los sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes se determinará mediante la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{cd}} \quad (\text{en g/essai}) \quad (45)$$

donde:

$u_{\text{gas}}$  es la relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire  
 $c_{\text{gas}}$  es la concentración de fondo media corregida del componente, en ppm  
 $m_{\text{cd}}$  es la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

Si se mide en base seca, se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantánea, de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.1.

Para el cálculo de  $\text{NO}_x$ , la emisión másica se multiplicará por el factor de corrección de la humedad  $k_{h,D}$  o  $k_{h,G}$ , determinado con arreglo al punto 8.2.

En el cuadro 5 se recogen los valores  $u$ . Par calcular los valores de  $u_{\text{gas}}$ , se supone que la densidad del gas de escape es igual a la densidad del aire. Por lo tanto, los valores de  $u_{\text{gas}}$  son idénticos para los componentes individuales del gas, pero diferentes para los HC.

También puede utilizarse el método de la ecuación exacta descrito en el punto 8.3.2.5, ecuaciones 27 o 28.

Cuadro 5

Valores  $u$  del gas de escape diluido y densidades de los componentes

| Combustible          | $\rho_{\text{de}}$ | Gas                                 |          |                           |               |              |               |
|----------------------|--------------------|-------------------------------------|----------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|
|                      |                    | $\text{NO}_x$                       | CO       | HC                        | $\text{CO}_2$ | $\text{O}_2$ | $\text{CH}_4$ |
|                      |                    | $\rho_{\text{gas}} [\text{kg/m}^3]$ |          |                           |               |              |               |
|                      |                    | 2,053                               | 1,250    | ( <sup>a</sup> )          | 1,9636        | 1,4277       | 0,716         |
|                      |                    | $u_{\text{gas}} (^b)$               |          |                           |               |              |               |
| Diésel               | 1,293              | 0,001588                            | 0,000967 | 0,000480                  | 0,001519      | 0,001104     | 0,000553      |
| Etanol               | 1,293              | 0,001588                            | 0,000967 | 0,000795                  | 0,001519      | 0,001104     | 0,000553      |
| GNC ( <sup>c</sup> ) | 1,293              | 0,001588                            | 0,000967 | 0,000584 ( <sup>d</sup> ) | 0,001519      | 0,001104     | 0,000553      |
| Propano              | 1,293              | 0,001588                            | 0,000967 | 0,000507                  | 0,001519      | 0,001104     | 0,000553      |
| Butano               | 1,293              | 0,001588                            | 0,000967 | 0,000501                  | 0,001519      | 0,001104     | 0,000553      |
| GLP ( <sup>e</sup> ) | 1,293              | 0,001588                            | 0,000967 | 0,000505                  | 0,001519      | 0,001104     | 0,000553      |

(<sup>a</sup>) en función del carburante.

(<sup>b</sup>) para  $\lambda = 2$ , aire seco, 273 K, 101,3 kPa.

(<sup>c</sup>)  $u$  con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %.

(<sup>d</sup>) NMHC sobre la base de  $\text{CH}_{2,93}$  (para los HC totales se utilizará el coeficiente  $u_{\text{gas}}$  de  $\text{CH}_4$ ).

(<sup>e</sup>)  $u$  con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %.

## 8.4.2.4.2. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

La concentración de fondo media de los contaminantes gaseosos en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se utilizará la ecuación siguiente:

$$c = c_c - c_d \times (1 - (1/D)) \quad (46)$$

donde:

- $c_e$  es la concentración del componente medido en el gas de escape diluido, en ppm  
 $c_d$  es la concentración del componente medido en el aire de dilución, en ppm  
 $D$  es el factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

- a) para motores diésel y motores de gas alimentados con GLP

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{HC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (47)$$

- b) para motores de gas alimentados con GN

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (48)$$

donde:

- $c_{\text{CO}_2,e}$  es la concentración en base húmeda de  $\text{CO}_2$  en el gas de escape diluido, en % vol.  
 $c_{\text{HC},e}$  es la concentración en base húmeda de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1  
 $c_{\text{NMHC},e}$  es la concentración en base húmeda de NMHC en el gas de escape diluido, en ppm C1  
 $c_{\text{CO},e}$  es la concentración en base húmeda de CO en el gas de escape diluido, en ppm  
 $F_s$  es el factor estequiométrico

El factor estequiométrico se calculará de la manera siguiente:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (49)$$

donde:

- $\alpha$  es la relación molar del hidrógeno del combustible (H/C)

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

- $F_s$  (diésel) = 13,4  
 $F_s$  (GLP) = 11,6  
 $F_s$  (GN) = 9,5

#### 8.4.2.4.3. Sistemas con compensación de caudal

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará calculando las emisiones máscas instantáneas e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de la concentración instantánea. Se aplicará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n [(m_{\text{ed},i} \times c_e \times u_{\text{gas}})] - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}})] \quad (50)$$

donde:

- $c_e$  es la concentración del componente medido en el gas de escape diluido, en ppm  
 $c_d$  es la concentración del componente medido en el aire de dilución, en ppm  
 $m_{\text{ed},i}$  es la masa instantánea del gas de escape diluido, en kg  
 $m_{\text{ed}}$  es la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg  
 $u_{\text{gas}}$  es el valor tabulado del cuadro 5  
 $D$  es el factor de dilución

## 8.4.3. Determinación de las partículas

## 8.4.3.1. Introducción

La determinación de las partículas requiere una doble dilución de la muestra con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. La capacidad del caudal del sistema de doble dilución de flujo total deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo, y mantener la temperatura del gas de escape diluido entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltros. Se permite la deshumidificación del aire de dilución antes de que penetre en el sistema de dilución, lo que resulta especialmente útil si la humedad del aire de dilución es elevada. La temperatura del aire de dilución será superior a 288 K (15 °C) muy cerca de la entrada del túnel de dilución.

Para determinar la masa de las partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, un filtro de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográmica y una cámara de pesaje con control de temperatura y humedad. Los detalles del sistema se describen en el punto 9.4.

## 8.4.3.2. Muestreo de partículas

La sonda de muestreo de partículas se instalará muy cerca de la sonda de muestreo de emisiones gaseosas, pero a una distancia suficiente para no provocar interferencias en el túnel de dilución. Por consiguiente, también serán aplicables al muestreo de partículas las disposiciones del punto 8.3.2.2. La línea de muestreo deberá cumplir los requisitos establecidos en el apéndice 3.

## 8.4.3.3. Cálculo de la emisión másica

La masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente después de la corrección de la flotabilidad de la masa de la muestra de partículas con arreglo a lo dispuesto en el punto 9.4.3.5:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1,000} \quad (51)$$

donde:

$m_f$  es la masa de partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

$m_{sep}$  es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

$m_{ed}$  es la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

con

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (52)$$

donde:

$m_{set}$  es la masa del gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas, en kg

$m_{ssd}$  es la masa del aire de dilución secundario, en kg

Si el nivel de fondo de partículas del aire de dilución se determina de conformidad con el punto 7.8.2.5, se podrá aplicar la corrección de fondo a la masa de partículas. En ese caso, la masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PM} = \left[ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left( \frac{m_b}{m_{sd}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (53)$$

donde:

$m_{sep}$  es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

$m_{ed}$  es la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

$m_{sd}$  es la masa del aire de dilución recogido por el muestreador de partículas de fondo, en kg

$m_b$  es la masa de las partículas de fondo recogidas en el aire de dilución, en mg

$D$  es el factor de dilución, tal como se especifica en el punto 8.4.2.4.2



## 8.5. Cálculos generales

### 8.5.1. Cálculo de NMHC y CH<sub>4</sub> con el separador de hidrocarburos no metánicos

La concentración de NMHC y CH<sub>4</sub> se calculará de la manera siguiente:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(sin separador)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(con separador)}}}{E_E - E_M} \quad (54)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(con separador)}} - c_{\text{HC(sin separador)}} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M} \quad (55)$$

donde:

$c_{\text{HC(con separador)}}$  es la concentración de HC con el gas de muestreo pasando por el NMC, en ppm

$c_{\text{HC(sin separador)}}$  es la concentración de HC con el gas de muestreo sin pasar por el NMC, en ppm

$E_M$  es la eficiencia del metano, determinada de acuerdo con el punto 9.3.8.1

$E_E$  es la eficiencia del etano, determinada de acuerdo con el punto 9.3.8.2

### 8.5.2. Cálculo de las emisiones específicas

Se calcularán las emisiones específicas  $e_{\text{gas}}$  o  $e_{\text{PM}}$  (g/kWh) de cada uno de los componentes de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

#### 8.5.2.1. Resultado del ensayo

Para los ciclos WHSC, WHTC caliente o WHTC frío se aplicará la fórmula siguiente:

$$e = \frac{m}{W_{\text{act}}} \quad (56)$$

donde:

$m$  es la emisión másica del componente, en g/ensayo

$W_{\text{act}}$  es el trabajo del ciclo efectivo determinado de conformidad con el punto 7.7.1, en kWh.

Para el ciclo WHTC, se calculará la media ponderada del resultado final del ensayo a partir de ensayo de arranque en frío y el ensayo de arranque en caliente mediante la ecuación siguiente:

$$e = \frac{(0,1 \times m_{\text{frío}}) + (0,9 \times m_{\text{caliente}})}{(0,1 \times W_{\text{efect., frío}}) + (0,9 \times W_{\text{efect., caliente}})} \quad (57)$$

#### 8.5.2.2. Sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración periódica

Las emisiones del arranque en caliente se ponderarán de la manera siguiente:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (58)$$

donde:

$n$  es el número de ensayos de arranque en caliente WHTC fuera de las regeneraciones

$n_r$  es el número de ensayos de arranque en frío WHTC durante la regeneración (mínimo un ensayo)

$\bar{e}$  es la emisión media específica fuera de la regeneración, en g/kWh

$\bar{e}_r$  es la emisión media específica durante la regeneración, en g/kWh

El factor de regeneración  $k_r$  se determinará de la manera siguiente:

$$k_r = \frac{e_w}{\bar{e}} \quad (59)$$

El factor de regeneración  $k_r$ :

a) se aplicará al resultado ponderado del ensayo WHTC del punto 8.5.2.2;

- b) podrá aplicarse a los ciclos WHSC y WHTC 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 que aporte el fabricante de que las emisiones son similares.

## 9. EQUIPO DE MEDICIÓN

El presente anexo no contiene detalles sobre el equipo o los sistemas de medición del caudal, la presión y la temperatura. Sólo se especifican, en el punto 9.2, los requisitos de linealidad del citado equipo o sistemas necesarios para efectuar el ensayo de emisiones.

### 9.1. Especificaciones del dinamómetro

Se utilizará un dinamómetro de motores con características adecuadas para la realización del ciclo de ensayo descrito en los puntos 7.2 y 7.3.

Los instrumentos de medición del par y el régimen deberán permitir la exactitud de medición de la potencia en el eje necesaria para cumplir los criterios de validación del ciclo. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales. El equipo de medición deberá tener una exactitud que cumpla los requisitos de linealidad establecidos en el cuadro 6 del punto 9.2.

### 9.2. Requisitos de linealidad

La calibración de todos los instrumentos y sistemas de medición deberá ser conforme a las normas nacionales (internacionales). Los instrumentos y sistemas de medición deberán cumplir los requisitos de linealidad del cuadro 6. La verificación de la linealidad con arreglo al punto 9.2.1 se llevará a cabo para los analizadores de gas al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación del sistema que pueda influir en la calibración. Para los demás instrumentos y sistemas, la verificación de la linealidad se efectuará como indiquen los procedimientos de control internos, el fabricante del instrumento o los requisitos ISO 9000.

Cuadro 6

#### Requisitos de linealidad de los instrumentos y los sistemas de medición

| Sistema de medición              | Intersección b     | Pendiente m | Error típico SEE | Coefficiente de determinación $r^2$ |
|----------------------------------|--------------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| Régimen del motor                | $\leq 0,05$ % máx. | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Par motor                        | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Caudal de combustible            | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Caudal de aire                   | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Caudal del gas de escape         | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Caudal del aire de dilución      | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Caudal del gas de escape diluido | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Caudal de muestreo               | $\leq 1$ % máx.    | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |
| Analizadores de gas              | $\leq 0,5$ % máx.  | 0,99 - 1,01 | $\leq 1$ % máx.  | $\geq 0,998$                        |
| Separadores de gas               | $\leq 0,5$ % máx.  | 0,98 - 1,02 | $\leq 2$ % máx.  | $\geq 0,990$                        |

| Sistema de medición | Intersección b   | Pendiente m | Error típico SEE | Coefficiente de determinación $r^2$ |
|---------------------|------------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| Temperaturas        | $\leq 1 \%$ máx. | 0,99 - 1,01 | $\leq 1 \%$ máx. | $\geq 0,998$                        |
| Presiones           | $\leq 1 \%$ máx. | 0,99 - 1,01 | $\leq 1 \%$ máx. | $\geq 0,998$                        |
| Equilibrio PM       | $\leq 1 \%$ máx. | 0,99 - 1,01 | $\leq 1 \%$ máx. | $\geq 0,998$                        |

#### 9.2.1. Verificación de la linealidad

##### 9.2.1.1. Introducción

Se llevará a cabo una verificación de la linealidad para cada sistema de medición del cuadro 6. Se introducirán al menos diez valores de referencia en el sistema de medición, y los valores de medición se compararán con los valores de referencia mediante una regresión lineal de mínimos cuadrados. Los límites máximos del cuadro 6 se refieren a los valores máximos esperados durante el ensayo.

##### 9.2.1.2. Requisitos generales

Los sistemas de medición se calentarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento. Los sistemas de medición se harán funcionar a sus temperaturas, presiones y caudales específicos.

##### 9.2.1.3. Procedimiento

La verificación de la linealidad se efectuará para cada gama de funcionamiento siguiendo las etapas siguientes.

- a) El instrumento se pondrá a cero introduciendo un gas cero. Para los analizadores de gas, se introducirá aire sintético purificado (o nitrógeno) directamente en el puerto del analizador.
- b) El instrumento se calibrará introduciendo un gas patrón. Para los analizadores de gas, se introducirá un gas patrón adecuado directamente en el puerto del analizador.
- c) Se repetirá el procedimiento de puesta a cero descrito en la letra a).
- d) La verificación se establecerá introduciendo al menos diez valores de referencia (incluido el cero) que formen parte del intervalo que va del cero a los valores más altos esperados durante el ensayo de emisiones. Para los analizadores de gas, se introducirán concentraciones de gas conocidas directamente en el puerto del analizador.
- e) Los valores de referencia se medirán con una frecuencia de registro mínima de 1 Hz y los valores medidos se registrarán durante 30 segundos.
- f) Se utilizarán los valores medios aritméticos durante un periodo de 30 segundos para calcular los parámetros de la regresión lineal de mínimos cuadrados de acuerdo con la ecuación del punto 7.7.2.
- g) Los parámetros de la regresión lineal deberán cumplir los requisitos establecidos en el cuadro 6 del punto 9.2.
- h) Se verificará de nuevo el valor cero y, si es preciso, se repetirá el procedimiento de verificación.

#### 9.3. Medición de las emisiones gaseosas y sistema de muestreo

##### 9.3.1. Especificaciones del analizador

##### 9.3.1.1. Generalidades

Los analizadores deberán tener una gama de medición y un tiempo de respuesta adecuados para la exactitud requerida al medir las concentraciones de los componentes del gas de escape en condiciones de estado transitorio y continuo.

El nivel de compatibilidad electromagnética (EMC) del equipo deberá poder minimizar los errores adicionales.

9.3.1.2. Exactitud

La exactitud se define como la desviación de la lectura del analizador respecto al valor de referencia. La exactitud deberá ser como mínimo de  $\pm 2\%$  de la lectura o  $\pm 0,3\%$  del fondo de escala (el valor que sea mayor).

9.3.1.3. Precisión

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

9.3.1.4. Ruido

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

9.3.1.5. Desviación del cero

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

9.3.1.6. Desviación de la calibración

La respuesta de calibración se define como la respuesta media, incluyendo el ruido, a un gas patrón durante un intervalo de 30 segundos. La desviación de la respuesta de calibración durante un periodo de una hora será inferior a un  $2\%$  del fondo de escala en el intervalo utilizado más bajo.

9.3.1.7. Tiempo de subida

El tiempo de subida del analizador instalado en el sistema de medición no será superior a 2,5 segundos.

9.3.1.8. Secado del gas

El gas de escape podrá medirse en base húmeda o seca. Si se utiliza, el dispositivo de secado del gas deberá tener un efecto mínimo en la composición de los gases medidos. Los secadores químicos no son un método aceptable de eliminación del agua de la muestra.

9.3.2. Analizadores de gas

9.3.2.1. Introducción

En los puntos 9.3.2.2 a 9.3.2.7 se describen los principios de medición que deberán utilizarse. En el apéndice 3 se ofrece una descripción detallada de los sistemas de medición. Los gases que vayan a medirse deberán analizarse con los instrumentos indicados a continuación. En el caso de analizadores no lineales se permitirá el uso de circuitos de linealización.

9.3.2.2. Análisis del monóxido de carbono (CO)

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

9.3.2.3. Análisis del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

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

9.3.2.4. Análisis de hidrocarburos (HC)

El analizador de hidrocarburos será del tipo detector de ionización de llama calentado (HFID), con el detector, las válvulas, los conductos, etc. calentados de tal manera que el gas se mantenga a una temperatura de  $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$  ( $190 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Como alternativa, para los motores alimentados con GN y los motores de encendido por chispa, el analizador de hidrocarburos podrá ser de tipo detector de ionización de llama (FID) sin calentar, en función del método utilizado (véase el punto A.3.1.3).

#### 9.3.2.5. Análisis de los hidrocarburos no metánicos

Para determinar la fracción de hidrocarburos no metánicos se utilizará un separador de hidrocarburos no metánicos (NMC) calentado, en línea con un FID, tal como se indica en el punto A.3.1.4, y se restará el metano de los hidrocarburos.

#### 9.3.2.6. Análisis de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Si la medición se efectúa en base seca, el analizador de óxidos de nitrógeno será del tipo detector quimioluminiscente (CLD) o detector quimioluminiscente calentado (HCLD), con un convertidor NO<sub>2</sub>/NO. 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 interferencia del agua (véase el punto 9.3.9.2.2). Tanto con el CLD como con el HCLD, el circuito de muestreo se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 °C a 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.

#### 9.3.2.7. Medición de la relación aire/combustible

El equipo de medición de la relación aire/combustible utilizado para determinar el caudal de gas de escape según se especifica en el punto 8.3.1.6 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 exactitud del sensor con dispositivos electrónicos incorporados será de:

± 3 % de la lectura para  $\lambda < 2$

± 5 % de la lectura para  $2 \leq \lambda < 5$

± 10 % de la lectura para  $5 \leq \lambda$

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

#### 9.3.3. Gases de calibración

Se respetará la vida útil de todos los gases de calibración. Deberá registrarse la fecha de caducidad de estos gases que indique el fabricante.

##### 9.3.3.1. Gases puros

La pureza que deben tener los gases la determinan los límites de contaminación indicados a continuación. Deberá disponerse de los gases siguientes:

Nitrógeno purificado

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO<sub>2</sub>, ≤ 0,1 ppm NO)

Oxígeno purificado

(Pureza > 99,5 % vol. O<sub>2</sub>)

Mezcla hidrógeno-helio

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

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO<sub>2</sub>)

Aire sintético purificado

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO<sub>2</sub>, ≤ 0,1 ppm NO)

(Contenido de oxígeno entre 18 y 21 % vol.)

## 9.3.3.2. Gas de calibración y gas patrón

Se dispondrá de mezclas de gases que posean las siguientes composiciones químicas. Se permiten otras combinaciones de gases siempre que dichos gases no reaccionen entre sí.

$C_3H_8$  y aire sintético purificado (véase el punto 9.3.3.1);

CO y nitrógeno purificado;

$NO_x$  y nitrógeno purificado (la cantidad de  $NO_2$  contenida en este gas de calibración no deberá superar un 5 % del contenido de NO);

$CO_2$  y nitrógeno purificado;

$CH_4$  y aire sintético purificado;

$C_2H_6$  y aire sintético purificado.

La concentración real de un gas de calibración y de un gas patrón deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 1$  % respecto al valor nominal, y ser conforme a las normas nacionales e internacionales. Todas las concentraciones de gas de calibración se indicarán en función del volumen (porcentaje en volumen o ppm en volumen).

## 9.3.3.3. Separadores de gas

Los gases utilizados con fines de calibración y ajuste de la calibración pueden obtenerse también mediante separadores de gas (mezcladores de precisión), una dilución con  $N_2$  o aire sintético purificado. La exactitud del separador de gas será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración mezclados con una exactitud de  $\pm 2$  %. Esta exactitud implica que los gases primarios utilizados para la mezcla deben conocerse con una exactitud mínima de  $\pm 1$  %, de acuerdo con las normas nacionales o internacionales sobre los gases. La verificación se realizará a un valor de entre 15 y 50 % del fondo de escala para cada calibración que incorpore un separador de gas. Se podrá efectuar una verificación adicional utilizando otro gas de calibración si no ha dado resultado la primera verificación.

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

Para efectuar la verificación de linealidad con arreglo al punto 9.2.1, el separador de gas tendrá una exactitud de  $\pm 1$  %.

## 9.3.3.4. Gases de verificación de la interferencia del oxígeno

Los gases de verificación de la interferencia del oxígeno son una mezcla de propano, oxígeno y nitrógeno. Incluirán propano con  $350 \text{ ppm C} \pm 75 \text{ ppm C}$  de hidrógeno. 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. Las concentraciones de oxígeno requeridas para los ensayos de los motores de encendido por chispa y de encendido por compresión figuran en el cuadro 7 y el resto consistirá en nitrógeno purificado.

Cuadro 7

## Gases de verificación de la interferencia del oxígeno

| Tipo de motor                         | Concentración de $CO_2$ (%) |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Encendido por compresión              | 21 (20 a 22)                |
| Encendido por compresión y por chispa | 10 (9 a 11)                 |
| Encendido por compresión y por chispa | 5 (4 a 6)                   |
| Encendido por chispa                  | 0 (0 a 1)                   |

## 9.3.4. Ensayo de fuga

Se efectuará un ensayo de fuga del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obturará su extremidad. A continuación, se pondrá en marcha la bomba del analizador. Después de un periodo de estabilización inicial, en ausencia de fugas, todos los caudalímetros indicarán cero. En caso contrario, se verificarán los conductos de muestreo y se corregirá el defecto.

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 está verificando. Los caudales del analizador y los caudales de derivación podrán utilizarse para estimar los caudales utilizados.

Otra posibilidad consiste en vaciar el sistema hasta una presión mínima de 20 kPa de vacío (80 kPa absoluta). Tras un periodo de estabilización inicial, el incremento de presión  $\Delta p$  (kPa/min.) en el sistema no deberá superar el resultado siguiente:

$$\Delta p = p/V_s \times 0,005 \times q_{vs} \quad (60)$$

donde:

$V_s$  es el volumen del sistema, en l

$q_{vs}$  es el caudal del sistema, en l/min

Otro método consiste en introducir una variación escalonada en la concentración al principio de la línea de muestreo, pasando de gas cero a gas patrón. Si, con un analizador correctamente calibrado, al cabo de un periodo de tiempo adecuado el valor leído es  $\leq 99$  % de la concentración introducida, es probable que haya un problema de fuga que debe corregirse.

## 9.3.5. Verificación del tiempo de respuesta del sistema analítico

Los reglajes del sistema para la evaluación del tiempo de respuesta será exactamente el mismo que durante la medición en el periodo de ensayo (es decir, presión, caudales, reglajes de los filtros en los analizadores y todos los demás elementos que influyen en el tiempo de respuesta). El tiempo de respuesta se determinará cambiando el gas directamente en la entrada de la sonda de muestreo. El cambio de gas se realizará en menos de 0,1 segundos. 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 % de la lectura final ( $t_{10}$ ). Por tiempo de subida se entiende el que transcurre entre la respuesta al 10 % y al 90 % de la lectura final ( $t_{90} - t_{10}$ ).

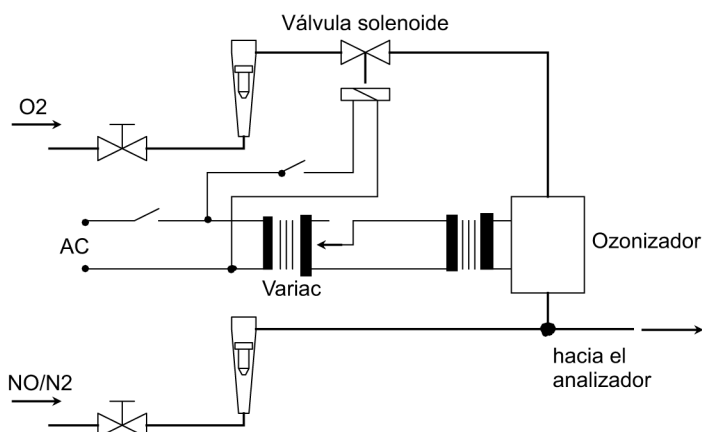
Para la alineación del tiempo del analizador y las señales del caudal del gas de escape, se entenderá por tiempo de transformación el que transcurre desde el cambio ( $t_0$ ) hasta que la respuesta alcanza un 50 % de la lectura final ( $t_{50}$ ).

El tiempo de respuesta del sistema será  $\leq 10$  segundos, con un tiempo de subida  $\leq 2,5$  segundos, de acuerdo con lo dispuesto en el punto 9.3.1.7, para todos los componentes limitados (CO, NO<sub>x</sub>, HC o NMHC) 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 segundos.

9.3.6. Eficacia del convertidor de NO<sub>x</sub>

La eficacia del convertidor utilizado para la conversión de NO<sub>2</sub> en NO deberá comprobarse como se indica en los puntos 9.3.6.1 a 9.3.6.8 (véase la figura 8).

Figura 8

Esquema del dispositivo de control de la eficiencia del convertidor de NO<sub>2</sub>

## 9.3.6.1. Organización del ensayo

La eficiencia del convertidor podrá controlarse con un ozonizador, aplicando la organización ilustrada esquemáticamente en la figura 8 y el procedimiento descrito a continuación.

## 9.3.6.2. Calibración

El CLD y el HCLD deberán calibrarse en el intervalo de funcionamiento más común, según las especificaciones del fabricante, utilizando gas cero y gas patrón (cuyo contenido de NO deberá equivaler aproximadamente a un 80 % del intervalo de funcionamiento, y la concentración de NO<sub>2</sub> de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO<sub>x</sub> deberá encontrarse en el modo NO, de manera que el gas patrón no pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada.

## 9.3.6.3. Cálculo

El porcentaje de eficiencia del convertidor de NO<sub>x</sub> se calculará de la manera siguiente:

$$E_{\text{NO}_x} = \left( 1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100 \quad (61)$$

donde:

*a* es la concentración de NO<sub>x</sub> de acuerdo con el punto 9.3.6.6

*b* es la concentración de NO<sub>x</sub> de acuerdo con el punto 9.3.6.7

*c* es la concentración de NO de acuerdo con el punto 9.3.6.4

*d* es la concentración de NO de acuerdo con el punto 9.3.6.5

## 9.3.6.4. 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 punto 9.3.6.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

Se registrará la concentración indicada (*c*). El ozonizador se mantendrá desactivado durante todo el proceso.

## 9.3.6.5. Activación del ozonizador

Se activa el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO a aproximadamente un 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibración indicada en el punto 9.3.6.2. Se registra la concentración (*d*) indicada (el analizador se encuentra en el modo NO).



9.3.6.6. Modo NO<sub>x</sub>

El analizador de NO se cambia entonces al modo NO<sub>x</sub>, de manera que la mezcla de gases (constituida por NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>) pase por el convertidor. Se registra la concentración (a) indicada (el analizador se encuentra en el modo NO<sub>x</sub>).

## 9.3.6.7. Desactivación del ozonizador

Se desactiva el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el punto 9.3.6.6 pasa al detector a través del convertidor. Se registra la concentración (b) indicada (el analizador se encuentra en el modo NO<sub>x</sub>).

## 9.3.6.8. Modo NO

Tras el cambio al modo NO con el ozonizador desactivado, se interrumpe también el flujo de oxígeno o de aire sintético. La medida de NO<sub>x</sub> indicada por el analizador no debe diferir en más de  $\pm 5\%$  del valor medido con arreglo al punto 9.3.6.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

## 9.3.6.9. Intervalo de ensayo

Se verificará la eficiencia del convertidor al menos una vez al mes.

## 9.3.6.10. Requisito de eficiencia

La eficiencia del convertidor  $E_{\text{NO}_x}$  deberá ser inferior al 95 %.

Si, estando el analizador en el intervalo más común, el ozonizador no logra una reducción del 80 % al 20 % según lo indicado en el punto 9.3.6.5, se utilizará el intervalo más alto que permita esa reducción.

## 9.3.7. Ajuste del FID

## 9.3.7.1. Optimización de la respuesta del detector

El FID deberá ajustarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del instrumento. Se utilizará un gas patrón de propano en aire para optimizar la respuesta en el intervalo de funcionamiento más común.

Tras seleccionar el caudal de combustible y de aire que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón de  $350 \pm 75$  ppm C. La respuesta a un determinado caudal de combustible se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero. El caudal de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrarán las respuestas del gas patrón y del gas cero con esos caudales de combustible. Se representará gráficamente la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero y el caudal de combustible se ajustará al lado rico de la curva. Éste es el ajuste inicial del caudal, que quizás deba ser optimizado posteriormente en función de los resultados de los factores de respuesta a los hidrocarburos y de la verificación de la interferencia del oxígeno con arreglo a lo dispuesto en los puntos 9.3.7.2 y 9.3.7.3. Si la interferencia del oxígeno o los factores de respuesta a los hidrocarburos no se ajustan a las prescripciones siguientes, el caudal de aire se ajustará de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante, y se repetirán los puntos 9.3.7.2 y 9.3.7.3 para cada caudal.

La optimización también podrá llevarse a cabo siguiendo los procedimientos descritos en el documento SAE nº 770141.

## 9.3.7.2. Factores de respuesta a los hidrocarburos

Se efectuará una verificación de la linealidad del analizador utilizando propano en aire y aire sintético purificado, tal como se indica en el punto 9.2.1.3.

Los factores de respuesta se determinarán cuando se ponga en servicio un analizador y después de largos periodos de servicio. El factor de respuesta ( $r_h$ ) para un tipo de hidrocarburo particular es la relación entre el valor leído de C1 del FID y la concentración de gas 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 de  $\pm 2\%$  en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, el cilindro de gas se acondicionará previamente durante veinticuatro horas a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ).

Los gases de ensayo que deberán utilizarse y los correspondientes intervalos del factor de respuesta son los siguientes:

- |    |                                       |                           |
|----|---------------------------------------|---------------------------|
| a) | Metano y aire sintético purificado    | $1,00 \leq r_h \leq 1,15$ |
| b) | Propileno y aire sintético purificado | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$  |
| c) | Tolueno y aire sintético purificado   | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$  |

Estos valores corresponden a un  $r_h$  de 1 para el propano y el aire sintético purificado.

#### 9.3.7.3. Comprobación de la interferencia del oxígeno

Sólo para los analizadores de gas de escape bruto, el control de la interferencia del oxígeno se efectuará cuando se ponga en servicio un analizador, y tras largos periodos de servicio.

Se escogerá un intervalo de medición en el que los gases de comprobación de la interferencia del oxígeno caigan en el 50 % superior. La prueba se realizará con el horno a la temperatura necesaria. Las especificaciones del gas de control de la interferencia del oxígeno figuran en el punto 9.3.3.4.

- Se pone a cero el analizador.
- Se calibra el analizador con la mezcla de 0 % de oxígeno para motores de encendido por chispa. Los instrumentos del motor de encendido por chispa se calibran con una mezcla de 21 % de oxígeno.
- Se vuelve a comprobar la respuesta cero. Si ha cambiado en más de un 0,5 % del fondo de escala, se repiten las etapas a) y b) del presente punto.
- Se introducen los gases de comprobación del 5 % y el 10 % de interferencia del oxígeno.
- Vuelve a comprobarse la respuesta cero. Si ha cambiado en más de  $\pm 1$  % del fondo de escala, se repite el ensayo.
- Se calcula la interferencia del oxígeno  $E_{O_2}$  para cada mezcla de la letra d) de la manera siguiente:

$$E_{O_2} = (c_{ref,d} - c) \times 100 / c_{ref,d} \quad (62)$$

y la respuesta del analizador es

$$c = \frac{c_{ref,b} \times c_{FS,b}}{c_{m,b}} \times \frac{c_{m,d}}{c_{FS,d}} \quad (63)$$

donde:

- |             |                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $c_{ref,b}$ | es la concentración de referencia de los HC en la etapa b), en ppm C       |
| $c_{ref,d}$ | es la concentración de referencia de los HC en la etapa d), en ppm C       |
| $c_{FS,b}$  | es la concentración del fondo de escala de los HC en la etapa b), en ppm C |
| $c_{FS,d}$  | es la concentración del fondo de escala de los HC en la etapa d), en ppm C |
| $c_{m,b}$   | es la concentración medida de los HC en la etapa b), en ppm C              |
| $c_{m,d}$   | es la concentración medida de los HC en la etapa d), en ppm C              |

- La interferencia del oxígeno  $E_{O_2}$  será inferior a  $\pm 1,5$  % en todos los gases de control de la interferencia del oxígeno requeridos antes del ensayo.
- Si la interferencia del oxígeno  $E_{O_2}$  es superior a  $\pm 1,5$  %, podrán adoptarse medidas correctoras ajustando de manera incremental el caudal de aire, así como el caudal de combustible y el caudal de muestreo, por encima y por debajo de las especificaciones del fabricante.
- La interferencia del oxígeno se comprobará para cada nuevo reglaje.

### 9.3.8. Eficiencia del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

El NMC se utiliza para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestreo mediante oxidación de todos los hidrocarburos excepto el metano. Idealmente, la conversión es del 0 % para el metano y del 100 % para el resto de hidrocarburos representados por el etano. Para medir con precisión los NMHC, será preciso determinar las dos eficiencias y utilizarlas para calcular el caudal másico de emisión de NMHC (véase el punto 8.5.1).

#### 9.3.8.1. Eficiencia del metano

Se hará circular gas de calibración de metano por el FID, en derivación y por el NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficiencia se determinará de la manera siguiente:

$$E_M = 1 - \frac{C_{HC(\text{con separador})}}{C_{HC(\text{sin separador})}} \quad (64)$$

donde:

$C_{HC(\text{con separador})}$  es la concentración de HC con  $CH_4$  pasando por el NMC, en ppm C

$C_{HC(\text{sin separador})}$  es la concentración de HC con  $CH_4$  sin pasar por el NMC, en ppm C

#### 9.3.8.2. Eficiencia del etano

Se hará circular gas de calibración de etano por el FID, en derivación y pasando por el NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficiencia se determinará de la manera siguiente:

$$E_E = 1 - \frac{C_{HC(\text{con separador})}}{C_{HC(\text{sin separador})}} \quad (65)$$

donde:

$C_{HC(\text{con separador})}$  es la concentración de HC con  $C_2H_6$  pasando por el NMC, en ppm C

$C_{HC(\text{sin separador})}$  es la concentración de HC con  $C_2H_6$  sin pasar por el NMC, en ppm C

### 9.3.9. Efectos interferentes

Otros gases, aparte del que se analiza, pueden interferir en la lectura de diversas maneras. En los analizadores NDIR se produce una interferencia positiva cuando el gas interferente provoca el mismo efecto que el gas que se está midiendo, pero en menor grado. Se produce una interferencia negativa en los analizadores NDIR cuando el gas interferente ensancha la banda de absorción del gas medido, y en los analizadores CLD, cuando el gas interferente reduce la reacción. Los ensayos de interferencia descritos en los puntos 9.3.9.1 y 9.3.9.2 se efectuarán antes de utilizar por primera vez un analizador y tras un largo periodo de servicio.

#### 9.3.9.1. Control de interferencia en el analizador de CO

El agua y el  $CO_2$  pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO. En consecuencia, se tomará gas patrón de  $CO_2$  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 superará el 1 % del fondo de escala para intervalos iguales o superiores a 300 ppm, o bien 3 ppm para intervalos inferiores a 300 ppm.

#### 9.3.9.2. Controles de las interferencias en el analizador de $NO_x$

Los dos gases que pueden interferir en los analizadores CLD (y HCLD) son el  $CO_2$  y el vapor de agua. Las interferencias de estos dos gases son proporcionales a sus concentraciones, de modo que se precisan técnicas de ensayo para determinar el grado de interferencia a las concentraciones máximas que se prevé alcanzar durante el ensayo.

##### 9.3.9.2.1. Control de la interferencia del $CO_2$

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas patrón de  $CO_2$  con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento máximo, y el valor del  $CO_2$  se registrará como A. A continuación se diluirá aproximadamente al 50 % con gas patrón de NO y se hará pasar por los analizadores NDIR y CLD, y se registrarán los valores del  $CO_2$  y del NO como B y C, respectivamente. Por último, se interrumpirá el paso del  $CO_2$ , por lo que sólo se hará pasar el gas patrón de NO por el analizador (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor D.

El porcentaje de interferencia se calculará de la manera siguiente:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100 \quad (66)$$

donde:

- A es la concentración de CO<sub>2</sub> no diluido medida con el analizador NDIR, en %
- B es la concentración de CO<sub>2</sub> diluido medida con el analizador NDIR, en %
- C es la concentración de NO diluido medida con el analizador (H)CLD, en ppm
- D es la concentración de NO no diluido medida con el analizador (H)CLD, en ppm

Podrán utilizarse otros métodos para diluir y cuantificar los valores de los gases patrón de CO<sub>2</sub> y NO, por ejemplo, el mezclado dinámico previa aprobación por el organismo de homologación.

#### 9.3.9.2.2. Control de la interferencia del agua

Este control se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas en base húmeda. El cálculo de la interferencia 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. A continuación, el gas patrón de 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 borbotante y se registrará como G.

La concentración de vapor de agua (en %) de la mezcla se calculará de la manera siguiente:

$$H = 100 \times (G/p_b) \quad (67)$$

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

$$D_e = D \times (1 - H/100) \quad (68)$$

y se registrará como D<sub>e</sub>. Para el gas de escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua del gas de escape (en %) que se espera obtener durante el ensayo, suponiendo una relación H/C del combustible de 1,8/1, a partir de la concentración máxima de CO<sub>2</sub> en el gas de escape A, de la manera siguiente:

$$H_m = 0, \times A \quad (69)$$

y se registrará como H<sub>m</sub>.

El porcentaje de interferencia se calculará de la manera siguiente:

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \times ((D_e - C)/D_e) \times (H_m/H) \quad (70)$$

donde:

- D<sub>e</sub> es la concentración esperada de NO diluido, en ppm
- C es la concentración medida de NO diluido, en ppm
- H<sub>m</sub> es la concentración máxima de vapor de agua, en %,
- H es la concentración real de vapor de agua, en %,

#### 9.3.9.2.3. Interferencia máxima admitida

a) Medición del gas de escape bruto:

- i) interferencia del CO<sub>2</sub> con arreglo al punto 9.3.9.2.1: 2 % del fondo de escala
- ii) interferencia del agua con arreglo al punto 9.3.9.2.2: 3 % del fondo de escala

b) Medición del gas de escape diluido:

- i) 2 % de interferencia combinada de CO<sub>2</sub> y agua.

9.3.9.2.4. Eficiencia del baño refrigerante

Para los analizadores CLD en base seca, se demostrará que con la concentración de vapor de agua esperada  $H_m$  más alta (véase el punto 9.3.9.2.2), la técnica de eliminación del agua mantiene la humedad del analizador CLD  $\leq 5$  g de agua/kg de aire seco (o aproximadamente 0,008 % de H<sub>2</sub>O), 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. 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. Puede medirse también la humedad del gas de escape en el analizador CLD si por este último sólo pasa el flujo procedente del deshumidificador.

9.4. **Medición de las partículas y sistema de muestreo**

9.4.1. Especificaciones generales

Para determinar la masa de las partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográfica y una cámara de pesaje con control de la temperatura y la humedad. El sistema de muestreo de partículas estará diseñado de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas proporcional al caudal del gas de escape.

9.4.2. Filtros de muestreo de partículas

El filtro utilizado para el muestreo del gas de escape diluido deberá cumplir los siguientes requisitos establecidos en los puntos 9.4.2.1 a 9.4.2.3 durante la secuencia de ensayo.

9.4.2.1. Características de los filtros

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 %. El material filtrante será fluorocarburo (PTFE) revestido de fibra de vidrio.

9.4.2.2. Tamaño de los filtros

El filtro tendrá un diámetro mínimo de 70 mm.

9.4.2.3. Velocidad del flujo en el filtro

La velocidad del flujo en el filtro no deberá superar 1 m/s. La caída de presión entre el inicio y el final del ensayo no deberá ser superior a 25 kPa.

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

9.4.3.1. Características de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionan y pesan los filtros de partículas deberá mantenerse a  $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$  ( $22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$ ) durante todo el proceso de acondicionamiento y pesaje de los filtros. La humedad se mantendrá en un punto de condensación de  $282,5 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$  ( $9,5 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$ ) y una humedad relativa del  $45 \% \pm 8 \%$ . Para las balanzas sensibles se recomienda que la tolerancia de la temperatura del aire y el punto de condensación de la cámara de pesaje sea de  $\pm 1 \text{ K}$ .

9.4.3.2. Pesaje del filtro de referencia

El aire ambiente de la cámara (o de la sala) deberá estar libre de contaminantes ambientales (por ejemplo, polvo) que puedan depositarse en los filtros de partículas durante su estabilización. Se permitirán alteraciones de las especificaciones de la sala de pesaje descritas en el punto 9.4.3.1 si su duración no supera 30 minutos. La cámara de pesaje deberá cumplir las especificaciones establecidas antes de que el personal penetre en ella. En las 12 horas siguientes al pesaje del filtro de muestreo, aunque es preferible hacerlo al mismo tiempo, se pesarán al menos dos filtros de referencia sin usar. Estos filtros 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.

## 9.4.3.3. Balanza analítica

La balanza analítica utilizada para determinar el peso del filtro deberá cumplir el criterio de verificación de la linealidad establecido en el cuadro 6 del punto 9.2. Ello implica una precisión (desviación típica) mínima de 2 µg y una resolución mínima de 1 µg (1 dígito = 1 µg).

## 9.4.3.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

El filtro se neutralizará antes del pesaje, por ejemplo, con un neutralizador de polonio o un dispositivo de efecto similar.

## 9.4.3.5. Corrección de la flotabilidad

Se corregirá la flotabilidad del filtro de muestreo en el aire. La corrección de la flotabilidad depende de la densidad del filtro de muestreo, la densidad del aire y la densidad del peso de calibración de la balanza, y no tiene en cuenta la flotabilidad de las propias partículas.

Si se desconoce la densidad del material filtrante, se utilizarán las densidades siguientes:

- a) filtro de teflón revestido de fibra de vidrio: 2 300 kg/m<sup>3</sup>
- b) filtro de membrana de teflón: 2 144 kg/m<sup>3</sup>
- c) filtro de membrana de teflón con anillo de apoyo de polimetilpenteno: 920 kg/m<sup>3</sup>

Para los pesos de calibración de acero inoxidable, se utilizará una densidad de 8 000 kg/m<sup>3</sup>. Si el peso de calibración del material es diferente, deberá conocerse su densidad.

Se utilizará la ecuación siguiente:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left( \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (71)$$

con

$$\rho_a = \frac{p_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (72)$$

donde:

|                    |                                                                                   |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{uncor}}$ | es la masa no corregida de la muestra de partículas, en mg                        |
| $\rho_a$           | es la densidad del aire, en kg/m <sup>3</sup>                                     |
| $\rho_w$           | es la densidad del peso de calibración de la balanza, en kg/m <sup>3</sup>        |
| $\rho_f$           | es la densidad del gas del filtro de muestreo de partículas, en kg/m <sup>3</sup> |
| $p_b$              | es la presión atmosférica total, en kPa                                           |
| $T_a$              | es la temperatura del aire en el entorno de la balanza, en K                      |
| 28,836             | es la masa molar del aire a la humedad de referencia (9,5 K), en g/mol            |
| 8,3144             | es la constante molar de los gases                                                |

## 9.4.4. Especificaciones para una medición diferencial del caudal (dilución de flujo parcial únicamente)

Para los sistemas de dilución de flujo parcial, reviste especial importancia la exactitud del caudal de muestreo  $q_{\text{mp}}$ , si éste no se mide directamente sino que se determina mediante medición diferencial del caudal:

$$q_{\text{mp}} = q_{\text{mdew}} - q_{\text{mdw}} \quad (73)$$

En ese caso, el error máximo de la diferencia será tal que la exactitud de  $q_{\text{mp}}$  sea de  $\pm 5 \%$  cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Éste puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

Para obtener unas exactitudes admisibles de  $q_{mp}$ , podrá utilizarse cualquiera de los métodos siguientes:

- Las exactitudes absolutas de  $q_{mdew}$  y  $q_{mdw}$  son de  $\pm 0,2 \%$ , lo que garantiza una exactitud de  $q_{mp} \leq 5 \%$  con una relación de dilución de 15. No obstante, se producirán errores mayores si la relación de dilución es superior.
- La calibración de  $q_{mdw}$  en relación con  $q_{mdew}$  se realiza de manera que se obtengan las exactitudes de  $q_{mp}$  indicadas en la letra a). En el punto 9.4.6.2 se ofrecen los detalles al respecto.
- La exactitud de  $q_{mp}$  se determina indirectamente a partir de la exactitud de la relación de dilución determinada mediante un gas trazador, por ejemplo el  $CO_2$ . Se requieren exactitudes de  $q_{mp}$  equivalentes a las del método de la letra a).
- La exactitud absoluta de  $q_{mdew}$  y de  $q_{mdw}$  es de  $\pm 2 \%$  del fondo de escala, el error máximo de la diferencia entre  $q_{mdew}$  y  $q_{mdw}$  no supera  $0,2 \%$  y el error de linealidad es de  $\pm 0,2 \%$  del valor más elevado de  $q_{mdew}$  elevado que se observe durante el ensayo.

#### 9.4.5. Especificaciones adicionales

Todos los elementos del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el portafiltras, que estén en contacto con gas de escape bruto 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.

#### 9.4.6. Calibración de los instrumentos de medición del caudal

##### 9.4.6.1. Especificaciones generales

Cada caudalímetro utilizado en un muestreo de partículas y un sistema de dilución de flujo parcial será sometido a una verificación de la linealidad, tal como se describe en el punto 9.2.1, con la frecuencia necesaria para satisfacer los requisitos del presente Reglamento. Para los valores de referencia del caudal, se utilizará un caudalímetro preciso, con arreglo a las normas internacionales o nacionales.

##### 9.4.6.2. Calibración de la medición diferencial del caudal (dilución de flujo parcial únicamente)

El caudalímetro o los instrumentos de medición de caudal se calibrarán siguiendo uno de los procedimientos que se describen a continuación, de modo que el caudal de la sonda de  $q_{mp}$  en el túnel cumpla los requisitos de exactitud del punto 9.4.4:

- El caudalímetro de  $q_{mdw}$  estará conectado en serie al caudalímetro de  $q_{mdew}$  y se calibrará la diferencia entre ambos en al menos cinco puntos de reglaje con valores de caudal equidistantes entre el valor de  $q_{mdw}$  más bajo utilizado durante el ensayo y el valor de  $q_{mdew}$  utilizado durante el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.
- Se conectará en serie un dispositivo de caudal calibrado al caudalímetro de  $q_{mdew}$  y se verificará su exactitud para el valor utilizado en el ensayo. El dispositivo de caudal calibrado se conectará en serie al caudalímetro de  $q_{mdw}$  y se verificará su precisión en al menos cinco posiciones de reglaje correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 50, en relación con el valor de  $q_{mdew}$  utilizado durante el ensayo.
- Se desconectará del escape el tubo de transferencia TT y se conectará a éste un dispositivo calibrado de medición de caudal con un intervalo adecuado para medir  $q_{mp}$ . El valor de  $q_{mdew}$  se ajustará al valor utilizado durante el ensayo y  $q_{mdw}$  se ajustará secuencialmente a un mínimo de 5 valores correspondientes a relaciones de dilución de entre 3 y 50. Otra posibilidad consiste en establecer un recorrido especial del caudal de calibración que circunvale el túnel, pero en el que el flujo del aire de dilución y el flujo del aire total pasen por los medidores correspondientes, como en el ensayo real.
- Se introducirá 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 tasas de dilución de entre 3 y 50. La exactitud del caudal de muestreo se determinará a partir de la tasa de dilución  $r_d$ :

$$q_{mp} = q_{mdew}/r_d \quad (74)$$

Se tendrán en cuenta las exactitudes de los analizadores de gas para garantizar la exactitud de  $q_{mp}$ .

#### 9.4.7. Requisitos especiales para los sistemas de dilución de flujo parcial

##### 9.4.7.1. Verificación del caudal de carbono

Es muy recomendable verificar el caudal de carbono utilizando el gas de escape real para detectar posibles problemas de medición y control y verificar el buen funcionamiento del sistema de flujo parcial. La verificación del caudal 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 en estado constante que genere al menos un 5 % de CO<sub>2</sub>. El sistema de muestreo de flujo parcial funcionará con un factor de dilución de aproximadamente 15 a 1.

Si se efectúa una verificación del caudal de carbono, se aplicará el procedimiento previsto en el apéndice 5. Los caudales de carbono se calcularán de acuerdo con las ecuaciones 80 a 82 del apéndice 5. Todos los caudales de carbono deberán coincidir dentro de un margen del 3 %.

##### 9.4.7.2. Verificación previa al ensayo

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

La exactitud de los caudalímetros se verificará siguiendo el mismo método utilizado para la calibración (véase el punto 9.4.6.2) en al menos dos puntos, incluyendo los valores 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 descrito en el punto 9.4.6.2, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

##### 9.4.7.3. Determinación del tiempo de transformación

Los reglajes 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, acoplado estrechamente a la sonda, un caudalímetro de referencia independiente con un intervalo de medición adecuado para el caudal de la sonda. Este caudalímetro tendrá un tiempo de transformación inferior a 100 ms para el nivel de caudal utilizado en la medición del tiempo de respuesta, con una restricción del caudal suficientemente baja para que no afecte a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial, y conforme a las buenas prácticas técnicas.

Se efectuará un cambio escalonado del caudal del gas de escape (o del caudal de aire si se calcula el caudal del gas escape) que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, desde un caudal bajo hasta un mínimo del 90 % del fondo de escala. El detonante del cambio escalonado debería ser el mismo que el utilizado para iniciar el control anticipado en los ensayos reales. El estímulo escalonado del caudal del gas 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  $q_{mp}$  del sistema de dilución de flujo parcial y de la señal del valor de  $q_{mew,i}$  del caudalímetro de escape. Estas señales se utilizarán en las verificaciones de regresión que se realizan después de cada ensayo (véase el punto 8.3.3.3).

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 interno (< 100 ms) del caudalímetro de referencia. Éste será el valor anticipado del sistema de dilución de flujo parcial, que se aplicará de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.3.3.3.

#### 9.5. Calibración del sistema de muestreo de volumen constante (CVS)

##### 9.5.1. Generalidades

El sistema de muestreo de volumen constante (CVS) se calibrará utilizando un caudalímetro preciso y un dispositivo limitador. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador, y los parámetros de control del sistema se medirán y se pondrán en relación con el caudal.



Podrán utilizarse varios tipos de caudalímetros, por ejemplo, un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbidímetro calibrado.

#### 9.5.2. 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 (en m<sup>3</sup>/s en la entrada de la bomba, a una presión y una temperatura absolutas) se representará gráficamente respecto a una función de correlación que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función de correlación. Si se utiliza un CVS con múltiples regímenes, la calibración deberá efectuarse para cada intervalo utilizado.

La temperatura deberá mantenerse estable durante la calibración.

Las fugas en todas las conexiones y los conductos entre el venturi de calibración y la bomba del CVS serán inferiores al 0,3 % del caudal más bajo (restricción más elevada y régimen de la PDP más bajo).

##### 9.5.2.1. Análisis de los datos

El caudal de aire ( $q_{v, CVS}$ ) para cada posición de limitación (mínimo 6 posiciones) se calculará en m<sup>3</sup>/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación, el caudal de aire deberá convertirse en caudal de la bomba ( $V_0$ ), en m<sup>3</sup>/rev., a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{q_{v, CVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p} \quad (75)$$

donde:

$q_{v, CVS}$  es el caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en m<sup>3</sup>/s  
 $T$  es la temperatura en la entrada de la bomba, en K  
 $p_p$  es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa  
 $n$  es el régimen de la bomba, en rev./s

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y el índice de deslizamiento de esta última, se calculará la función de correlación ( $X_0$ ) 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:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (76)$$

donde:

$\Delta p_p$  es la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba, en kPa  
 $p_p$  es la presión absoluta en la salida de la bomba, en kPa

Se realizará un ajuste lineal por mínimos cuadrados para generar la ecuación de calibración siguiente:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (77)$$

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

Para un sistema CVS con múltiples regímenes, las curvas de calibración generadas para los distintos intervalos de caudal de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección ( $D_0$ ) aumentarán a medida que disminuya el intervalo de caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación deberán encontrarse dentro de un margen de  $\pm 0,5$  % respecto al 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 una operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

## 9.5.3. Calibración del venturi de flujo crítico (CFV)

La calibración del CFV se basa en la ecuación del caudal para un venturi crítico. El caudal del gas es función de la presión y la temperatura de entrada del venturi.

Para determinar el intervalo del caudal crítico,  $K_v$  se representará gráficamente como función de la presión en la entrada del venturi. Para el caudal crítico (estrangulado),  $K_v$  tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuya la presión (aumente el vacío), desaparece el estrangulamiento del venturi y  $K_v$  disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del intervalo admisible.

## 9.5.3.1. Análisis de los datos

El caudal de aire ( $q_{vCVS}$ ) para cada posición de limitación (mínimo 8 posiciones) se calculará en  $m^3/s$  estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{P_p} \quad (78)$$

donde:

$q_{vCVS}$  es el caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en  $m^3/s$

$T$  es la temperatura en la entrada del venturi, en K

$P_p$  es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa

Se calcularán el  $K_v$  y la desviación típica. La desviación típica no deberá superar  $\pm 0,3 \%$  del  $K_v$  medio.

## 9.5.4. Calibración del venturi subsónico (SSV)

La calibración del SSV se basa en la ecuación del caudal para un venturi subsónico. El caudal del gas es función de la presión y la temperatura de entrada y de la caída de la presión entre la entrada y el cuello del SSV, como muestra la ecuación 43 (véase el punto 8.4.1.4)

## 9.5.4.1. Análisis de los datos

El caudal de aire ( $Q_{SSV}$ ) para cada posición de limitación (con un mínimo de 16 posiciones) se calculará en  $m^3/s$  estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times P_p \times \sqrt{\left[ \frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (79)$$

donde:

$Q_{SSV}$  es el caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en  $m^3/s$

$T$  es la temperatura en la entrada del venturi, en K

$d_v$  es el diámetro del cuello del SSV, en m

$r_p$  es la relación del cuello del SSV con una presión estática absoluta de entrada =  $1 - \frac{\Delta p}{P_p}$

$r_D$  es la relación del diámetro del cuello del SSV,  $d_v$ , con el diámetro interior del tubo de entrada,  $D$

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

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu} \quad (80)$$

con

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (81)$$

donde:

$$A_1 = \text{equivale a } 25,55152 \text{ en unidades SI de } \left(\frac{1}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{\text{min}}{\text{s}}\right) \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}}\right)$$

$Q_{SSV}$  es el caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en  $\text{m}^3/\text{s}$   
 $d_v$  es el diámetro del cuello del SSV, en m  
 $\mu$  es la viscosidad absoluta o dinámica del gas, en  $\text{kg/ms}$   
 $b$  equivale a  $1,458 \times 10^6$  (constante empírica), en  $\text{kg/ms K}^{0,5}$   
 $S$  equivale a 110,4 (constante empírica), en 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 del caudal subsónico, los valores de  $C_d$  calculados a partir de la ecuación que se ajusta a la curva de calibración resultante no variarán más de  $\pm 0,5$  % de  $C_d$  medido en cada punto de calibración.

#### 9.5.5. Verificación de todo el sistema

La exactitud total del sistema de muestro de volumen constante (CVS) y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras éste funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de acuerdo con el punto 8.4.2.4, excepto en el caso del propano, para el que se utilizará un factor  $u$  de 0,000472 en lugar del factor 0,000480 utilizado para los demás hidrocarburos. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

##### 9.5.5.1. Medición con un orificio de flujo crítico

Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de flujo crítico 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 deberá funcionar como en un ensayo de emisiones de escape normal durante 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 de  $\pm 3$  % respecto a la masa conocida del gas inyectado.

##### 9.5.5.2. Medición por medio de una técnica gravimétrica

Se determinará la masa de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de  $\pm 0,01$  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. La masa determinada deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 3$  % respecto a la masa conocida del gas inyectado.

## Apéndice 1

## Programa dinamométrico del motor durante el ensayo WHTC

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1             | 0,0                      | 0,0               | 49            | 0,0                      | 0,0               | 97            | 34,4                     | 24,7              |
| 2             | 0,0                      | 0,0               | 50            | 0,0                      | 13,1              | 98            | 35,0                     | 24,9              |
| 3             | 0,0                      | 0,0               | 51            | 13,1                     | 30,1              | 99            | 35,6                     | 25,2              |
| 4             | 0,0                      | 0,0               | 52            | 26,3                     | 25,5              | 100           | 36,1                     | 24,8              |
| 5             | 0,0                      | 0,0               | 53            | 35,0                     | 32,2              | 101           | 36,3                     | 24,0              |
| 6             | 0,0                      | 0,0               | 54            | 41,7                     | 14,3              | 102           | 36,2                     | 23,6              |
| 7             | 1,5                      | 8,9               | 55            | 42,2                     | 0,0               | 103           | 36,2                     | 23,5              |
| 8             | 15,8                     | 30,9              | 56            | 42,8                     | 11,6              | 104           | 36,8                     | 22,7              |
| 9             | 27,4                     | 1,3               | 57            | 51,0                     | 20,9              | 105           | 37,2                     | 20,9              |
| 10            | 32,6                     | 0,7               | 58            | 60,0                     | 9,6               | 106           | 37,0                     | 19,2              |
| 11            | 34,8                     | 1,2               | 59            | 49,4                     | 0,0               | 107           | 36,3                     | 18,4              |
| 12            | 36,2                     | 7,4               | 60            | 38,9                     | 16,6              | 108           | 35,4                     | 17,6              |
| 13            | 37,1                     | 6,2               | 61            | 43,4                     | 30,8              | 109           | 35,2                     | 14,9              |
| 14            | 37,9                     | 10,2              | 62            | 49,4                     | 14,2              | 110           | 35,4                     | 9,9               |
| 15            | 39,6                     | 12,3              | 63            | 40,5                     | 0,0               | 111           | 35,5                     | 4,3               |
| 16            | 42,3                     | 12,5              | 64            | 31,5                     | 43,5              | 112           | 35,2                     | 6,6               |
| 17            | 45,3                     | 12,6              | 65            | 36,6                     | 78,2              | 113           | 34,9                     | 10,0              |
| 18            | 48,6                     | 6,0               | 66            | 40,8                     | 67,6              | 114           | 34,7                     | 25,1              |
| 19            | 40,8                     | 0,0               | 67            | 44,7                     | 59,1              | 115           | 34,4                     | 29,3              |
| 20            | 33,0                     | 16,3              | 68            | 48,3                     | 52,0              | 116           | 34,5                     | 20,7              |
| 21            | 42,5                     | 27,4              | 69            | 51,9                     | 63,8              | 117           | 35,2                     | 16,6              |
| 22            | 49,3                     | 26,7              | 70            | 54,7                     | 27,9              | 118           | 35,8                     | 16,2              |
| 23            | 54,0                     | 18,0              | 71            | 55,3                     | 18,3              | 119           | 35,6                     | 20,3              |
| 24            | 57,1                     | 12,9              | 72            | 55,1                     | 16,3              | 120           | 35,3                     | 22,5              |
| 25            | 58,9                     | 8,6               | 73            | 54,8                     | 11,1              | 121           | 35,3                     | 23,4              |
| 26            | 59,3                     | 6,0               | 74            | 54,7                     | 11,5              | 122           | 34,7                     | 11,9              |
| 27            | 59,0                     | 4,9               | 75            | 54,8                     | 17,5              | 123           | 45,5                     | 0,0               |
| 28            | 57,9                     | «m»               | 76            | 55,6                     | 18,0              | 124           | 56,3                     | «m»               |
| 29            | 55,7                     | «m»               | 77            | 57,0                     | 14,1              | 125           | 46,2                     | «m»               |
| 30            | 52,1                     | «m»               | 78            | 58,1                     | 7,0               | 126           | 50,1                     | 0,0               |
| 31            | 46,4                     | «m»               | 79            | 43,3                     | 0,0               | 127           | 54,0                     | «m»               |
| 32            | 38,6                     | «m»               | 80            | 28,5                     | 25,0              | 128           | 40,5                     | «m»               |
| 33            | 29,0                     | «m»               | 81            | 30,4                     | 47,8              | 129           | 27,0                     | «m»               |
| 34            | 20,8                     | «m»               | 82            | 32,1                     | 39,2              | 130           | 13,5                     | «m»               |
| 35            | 16,9                     | «m»               | 83            | 32,7                     | 39,3              | 131           | 0,0                      | 0,0               |
| 36            | 16,9                     | 42,5              | 84            | 32,4                     | 17,3              | 132           | 0,0                      | 0,0               |
| 37            | 18,8                     | 38,4              | 85            | 31,6                     | 11,4              | 133           | 0,0                      | 0,0               |
| 38            | 20,7                     | 32,9              | 86            | 31,1                     | 10,2              | 134           | 0,0                      | 0,0               |
| 39            | 21,0                     | 0,0               | 87            | 31,1                     | 19,5              | 135           | 0,0                      | 0,0               |
| 40            | 19,1                     | 0,0               | 88            | 31,4                     | 22,5              | 136           | 0,0                      | 0,0               |
| 41            | 13,7                     | 0,0               | 89            | 31,6                     | 22,9              | 137           | 0,0                      | 0,0               |
| 42            | 2,2                      | 0,0               | 90            | 31,6                     | 24,3              | 138           | 0,0                      | 0,0               |
| 43            | 0,0                      | 0,0               | 91            | 31,9                     | 26,9              | 139           | 0,0                      | 0,0               |
| 44            | 0,0                      | 0,0               | 92            | 32,4                     | 30,6              | 140           | 0,0                      | 0,0               |
| 45            | 0,0                      | 0,0               | 93            | 32,8                     | 32,7              | 141           | 0,0                      | 0,0               |
| 46            | 0,0                      | 0,0               | 94            | 33,7                     | 32,5              | 142           | 0,0                      | 4,9               |
| 47            | 0,0                      | 0,0               | 95            | 34,4                     | 29,5              | 143           | 0,0                      | 7,3               |
| 48            | 0,0                      | 0,0               | 96            | 34,3                     | 26,5              | 144           | 4,4                      | 28,7              |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 145           | 11,1                     | 26,4              | 197           | 0,0                      | 0,0               | 249           | 0,0                      | 0,0               |
| 146           | 15,0                     | 9,4               | 198           | 0,0                      | 0,0               | 250           | 0,0                      | 0,0               |
| 147           | 15,9                     | 0,0               | 199           | 0,0                      | 0,0               | 251           | 0,0                      | 0,0               |
| 148           | 15,3                     | 0,0               | 200           | 0,0                      | 0,0               | 252           | 0,0                      | 0,0               |
| 149           | 14,2                     | 0,0               | 201           | 0,0                      | 0,0               | 253           | 0,0                      | 31,6              |
| 150           | 13,2                     | 0,0               | 202           | 0,0                      | 0,0               | 254           | 9,4                      | 13,6              |
| 151           | 11,6                     | 0,0               | 203           | 0,0                      | 0,0               | 255           | 22,2                     | 16,9              |
| 152           | 8,4                      | 0,0               | 204           | 0,0                      | 0,0               | 256           | 33,0                     | 53,5              |
| 153           | 5,4                      | 0,0               | 205           | 0,0                      | 0,0               | 257           | 43,7                     | 22,1              |
| 154           | 4,3                      | 5,6               | 206           | 0,0                      | 0,0               | 258           | 39,8                     | 0,0               |
| 155           | 5,8                      | 24,4              | 207           | 0,0                      | 0,0               | 259           | 36,0                     | 45,7              |
| 156           | 9,7                      | 20,7              | 208           | 0,0                      | 0,0               | 260           | 47,6                     | 75,9              |
| 157           | 13,6                     | 21,1              | 209           | 0,0                      | 0,0               | 261           | 61,2                     | 70,4              |
| 158           | 15,6                     | 21,5              | 210           | 0,0                      | 0,0               | 262           | 72,3                     | 70,4              |
| 159           | 16,5                     | 21,9              | 211           | 0,0                      | 0,0               | 263           | 76,0                     | «m»               |
| 160           | 18,0                     | 22,3              | 212           | 0,0                      | 0,0               | 264           | 74,3                     | «m»               |
| 161           | 21,1                     | 46,9              | 213           | 0,0                      | 0,0               | 265           | 68,5                     | «m»               |
| 162           | 25,2                     | 33,6              | 214           | 0,0                      | 0,0               | 266           | 61,0                     | «m»               |
| 163           | 28,1                     | 16,6              | 215           | 0,0                      | 0,0               | 267           | 56,0                     | «m»               |
| 164           | 28,8                     | 7,0               | 216           | 0,0                      | 0,0               | 268           | 54,0                     | «m»               |
| 165           | 27,5                     | 5,0               | 217           | 0,0                      | 0,0               | 269           | 53,0                     | «m»               |
| 166           | 23,1                     | 3,0               | 218           | 0,0                      | 0,0               | 270           | 50,8                     | «m»               |
| 167           | 16,9                     | 1,9               | 219           | 0,0                      | 0,0               | 271           | 46,8                     | «m»               |
| 168           | 12,2                     | 2,6               | 220           | 0,0                      | 0,0               | 272           | 41,7                     | «m»               |
| 169           | 9,9                      | 3,2               | 221           | 0,0                      | 0,0               | 273           | 35,9                     | «m»               |
| 170           | 9,1                      | 4,0               | 222           | 0,0                      | 0,0               | 274           | 29,2                     | «m»               |
| 171           | 8,8                      | 3,8               | 223           | 0,0                      | 0,0               | 275           | 20,7                     | «m»               |
| 172           | 8,5                      | 12,2              | 224           | 0,0                      | 0,0               | 276           | 10,1                     | «m»               |
| 173           | 8,2                      | 29,4              | 225           | 0,0                      | 0,0               | 277           | 0,0                      | «m»               |
| 174           | 9,6                      | 20,1              | 226           | 0,0                      | 0,0               | 278           | 0,0                      | 0,0               |
| 175           | 14,7                     | 16,3              | 227           | 0,0                      | 0,0               | 279           | 0,0                      | 0,0               |
| 176           | 24,5                     | 8,7               | 228           | 0,0                      | 0,0               | 280           | 0,0                      | 0,0               |
| 177           | 39,4                     | 3,3               | 229           | 0,0                      | 0,0               | 281           | 0,0                      | 0,0               |
| 178           | 39,0                     | 2,9               | 230           | 0,0                      | 0,0               | 282           | 0,0                      | 0,0               |
| 179           | 38,5                     | 5,9               | 231           | 0,0                      | 0,0               | 283           | 0,0                      | 0,0               |
| 180           | 42,4                     | 8,0               | 232           | 0,0                      | 0,0               | 284           | 0,0                      | 0,0               |
| 181           | 38,2                     | 6,0               | 233           | 0,0                      | 0,0               | 285           | 0,0                      | 0,0               |
| 182           | 41,4                     | 3,8               | 234           | 0,0                      | 0,0               | 286           | 0,0                      | 0,0               |
| 183           | 44,6                     | 5,4               | 235           | 0,0                      | 0,0               | 287           | 0,0                      | 0,0               |
| 184           | 38,8                     | 8,2               | 236           | 0,0                      | 0,0               | 288           | 0,0                      | 0,0               |
| 185           | 37,5                     | 8,9               | 237           | 0,0                      | 0,0               | 289           | 0,0                      | 0,0               |
| 186           | 35,4                     | 7,3               | 238           | 0,0                      | 0,0               | 290           | 0,0                      | 0,0               |
| 187           | 28,4                     | 7,0               | 239           | 0,0                      | 0,0               | 291           | 0,0                      | 0,0               |
| 188           | 14,8                     | 7,0               | 240           | 0,0                      | 0,0               | 292           | 0,0                      | 0,0               |
| 189           | 0,0                      | 5,9               | 241           | 0,0                      | 0,0               | 293           | 0,0                      | 0,0               |
| 190           | 0,0                      | 0,0               | 242           | 0,0                      | 0,0               | 294           | 0,0                      | 0,0               |
| 191           | 0,0                      | 0,0               | 243           | 0,0                      | 0,0               | 295           | 0,0                      | 0,0               |
| 192           | 0,0                      | 0,0               | 244           | 0,0                      | 0,0               | 296           | 0,0                      | 0,0               |
| 193           | 0,0                      | 0,0               | 245           | 0,0                      | 0,0               | 297           | 0,0                      | 0,0               |
| 194           | 0,0                      | 0,0               | 246           | 0,0                      | 0,0               | 298           | 0,0                      | 0,0               |
| 195           | 0,0                      | 0,0               | 247           | 0,0                      | 0,0               | 299           | 0,0                      | 0,0               |
| 196           | 0,0                      | 0,0               | 248           | 0,0                      | 0,0               | 300           | 0,0                      | 0,0               |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 301           | 0,0                      | 0,0               | 353           | 0,0                      | 0,0               | 405           | 42,4                     | 70,3              |
| 302           | 0,0                      | 0,0               | 354           | 0,0                      | 0,5               | 406           | 46,5                     | 89,1              |
| 303           | 0,0                      | 0,0               | 355           | 0,0                      | 4,9               | 407           | 50,6                     | 93,9              |
| 304           | 0,0                      | 0,0               | 356           | 9,2                      | 61,3              | 408           | 53,8                     | 33,0              |
| 305           | 0,0                      | 0,0               | 357           | 22,4                     | 40,4              | 409           | 55,5                     | 20,3              |
| 306           | 0,0                      | 0,0               | 358           | 36,5                     | 50,1              | 410           | 55,8                     | 5,2               |
| 307           | 0,0                      | 0,0               | 359           | 47,7                     | 21,0              | 411           | 55,4                     | «m»               |
| 308           | 0,0                      | 0,0               | 360           | 38,8                     | 0,0               | 412           | 54,4                     | «m»               |
| 309           | 0,0                      | 0,0               | 361           | 30,0                     | 37,0              | 413           | 53,1                     | «m»               |
| 310           | 0,0                      | 0,0               | 362           | 37,0                     | 63,6              | 414           | 51,8                     | «m»               |
| 311           | 0,0                      | 0,0               | 363           | 45,5                     | 90,8              | 415           | 50,3                     | «m»               |
| 312           | 0,0                      | 0,0               | 364           | 54,5                     | 40,9              | 416           | 48,4                     | «m»               |
| 313           | 0,0                      | 0,0               | 365           | 45,9                     | 0,0               | 417           | 45,9                     | «m»               |
| 314           | 0,0                      | 0,0               | 366           | 37,2                     | 47,5              | 418           | 43,1                     | «m»               |
| 315           | 0,0                      | 0,0               | 367           | 44,5                     | 84,4              | 419           | 40,1                     | «m»               |
| 316           | 0,0                      | 0,0               | 368           | 51,7                     | 32,4              | 420           | 37,4                     | «m»               |
| 317           | 0,0                      | 0,0               | 369           | 58,1                     | 15,2              | 421           | 35,1                     | «m»               |
| 318           | 0,0                      | 0,0               | 370           | 45,9                     | 0,0               | 422           | 32,8                     | «m»               |
| 319           | 0,0                      | 0,0               | 371           | 33,6                     | 35,8              | 423           | 45,3                     | 0,0               |
| 320           | 0,0                      | 0,0               | 372           | 36,9                     | 67,0              | 424           | 57,8                     | «m»               |
| 321           | 0,0                      | 0,0               | 373           | 40,2                     | 84,7              | 425           | 50,6                     | «m»               |
| 322           | 0,0                      | 0,0               | 374           | 43,4                     | 84,3              | 426           | 41,6                     | «m»               |
| 323           | 0,0                      | 0,0               | 375           | 45,7                     | 84,3              | 427           | 47,9                     | 0,0               |
| 324           | 4,5                      | 41,0              | 376           | 46,5                     | «m»               | 428           | 54,2                     | «m»               |
| 325           | 17,2                     | 38,9              | 377           | 46,1                     | «m»               | 429           | 48,1                     | «m»               |
| 326           | 30,1                     | 36,8              | 378           | 43,9                     | «m»               | 430           | 47,0                     | 31,3              |
| 327           | 41,0                     | 34,7              | 379           | 39,3                     | «m»               | 431           | 49,0                     | 38,3              |
| 328           | 50,0                     | 32,6              | 380           | 47,0                     | «m»               | 432           | 52,0                     | 40,1              |
| 329           | 51,4                     | 0,1               | 381           | 54,6                     | «m»               | 433           | 53,3                     | 14,5              |
| 330           | 47,8                     | «m»               | 382           | 62,0                     | «m»               | 434           | 52,6                     | 0,8               |
| 331           | 40,2                     | «m»               | 383           | 52,0                     | «m»               | 435           | 49,8                     | «m»               |
| 332           | 32,0                     | «m»               | 384           | 43,0                     | «m»               | 436           | 51,0                     | 18,6              |
| 333           | 24,4                     | «m»               | 385           | 33,9                     | «m»               | 437           | 56,9                     | 38,9              |
| 334           | 16,8                     | «m»               | 386           | 28,4                     | «m»               | 438           | 67,2                     | 45,0              |
| 335           | 8,1                      | «m»               | 387           | 25,5                     | «m»               | 439           | 78,6                     | 21,5              |
| 336           | 0,0                      | «m»               | 388           | 24,6                     | 11,0              | 440           | 65,5                     | 0,0               |
| 337           | 0,0                      | 0,0               | 389           | 25,2                     | 14,7              | 441           | 52,4                     | 31,3              |
| 338           | 0,0                      | 0,0               | 390           | 28,6                     | 28,4              | 442           | 56,4                     | 60,1              |
| 339           | 0,0                      | 0,0               | 391           | 35,5                     | 65,0              | 443           | 59,7                     | 29,2              |
| 340           | 0,0                      | 0,0               | 392           | 43,8                     | 75,3              | 444           | 45,1                     | 0,0               |
| 341           | 0,0                      | 0,0               | 393           | 51,2                     | 34,2              | 445           | 30,6                     | 4,2               |
| 342           | 0,0                      | 0,0               | 394           | 40,7                     | 0,0               | 446           | 30,9                     | 8,4               |
| 343           | 0,0                      | 0,0               | 395           | 30,3                     | 45,4              | 447           | 30,5                     | 4,3               |
| 344           | 0,0                      | 0,0               | 396           | 34,2                     | 83,1              | 448           | 44,6                     | 0,0               |
| 345           | 0,0                      | 0,0               | 397           | 37,6                     | 85,3              | 449           | 58,8                     | «m»               |
| 346           | 0,0                      | 0,0               | 398           | 40,8                     | 87,5              | 450           | 55,1                     | «m»               |
| 347           | 0,0                      | 0,0               | 399           | 44,8                     | 89,7              | 451           | 50,6                     | «m»               |
| 348           | 0,0                      | 0,0               | 400           | 50,6                     | 91,9              | 452           | 45,3                     | «m»               |
| 349           | 0,0                      | 0,0               | 401           | 57,6                     | 94,1              | 453           | 39,3                     | «m»               |
| 350           | 0,0                      | 0,0               | 402           | 64,6                     | 44,6              | 454           | 49,1                     | 0,0               |
| 351           | 0,0                      | 0,0               | 403           | 51,6                     | 0,0               | 455           | 58,8                     | «m»               |
| 352           | 0,0                      | 0,0               | 404           | 38,7                     | 37,4              | 456           | 50,7                     | «m»               |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 457           | 42,4                     | «m»               | 509           | 48,8                     | 22,1              | 561           | 50,7                     | 27,5              |
| 458           | 44,1                     | 0,0               | 510           | 50,1                     | 22,1              | 562           | 53,4                     | 20,7              |
| 459           | 45,7                     | «m»               | 511           | 51,4                     | 42,4              | 563           | 54,2                     | 13,1              |
| 460           | 32,5                     | «m»               | 512           | 52,5                     | 31,9              | 564           | 54,2                     | 0,4               |
| 461           | 20,7                     | «m»               | 513           | 53,7                     | 21,6              | 565           | 53,4                     | 0,0               |
| 462           | 10,0                     | «m»               | 514           | 55,1                     | 11,6              | 566           | 51,4                     | «m»               |
| 463           | 0,0                      | 0,0               | 515           | 56,8                     | 5,7               | 567           | 48,7                     | «m»               |
| 464           | 0,0                      | 1,5               | 516           | 42,4                     | 0,0               | 568           | 45,6                     | «m»               |
| 465           | 0,9                      | 41,1              | 517           | 27,9                     | 8,2               | 569           | 42,4                     | «m»               |
| 466           | 7,0                      | 46,3              | 518           | 29,0                     | 15,9              | 570           | 40,4                     | «m»               |
| 467           | 12,8                     | 48,5              | 519           | 30,4                     | 25,1              | 571           | 39,8                     | 5,8               |
| 468           | 17,0                     | 50,7              | 520           | 32,6                     | 60,5              | 572           | 40,7                     | 39,7              |
| 469           | 20,9                     | 52,9              | 521           | 35,4                     | 72,7              | 573           | 43,8                     | 37,1              |
| 470           | 26,7                     | 55,0              | 522           | 38,4                     | 88,2              | 574           | 48,1                     | 39,1              |
| 471           | 35,5                     | 57,2              | 523           | 41,0                     | 65,1              | 575           | 52,0                     | 22,0              |
| 472           | 46,9                     | 23,8              | 524           | 42,9                     | 25,6              | 576           | 54,7                     | 13,2              |
| 473           | 44,5                     | 0,0               | 525           | 44,2                     | 15,8              | 577           | 56,4                     | 13,2              |
| 474           | 42,1                     | 45,7              | 526           | 44,9                     | 2,9               | 578           | 57,5                     | 6,6               |
| 475           | 55,6                     | 77,4              | 527           | 45,1                     | «m»               | 579           | 42,6                     | 0,0               |
| 476           | 68,8                     | 100,0             | 528           | 44,8                     | «m»               | 580           | 27,7                     | 10,9              |
| 477           | 81,7                     | 47,9              | 529           | 43,9                     | «m»               | 581           | 28,5                     | 21,3              |
| 478           | 71,2                     | 0,0               | 530           | 42,4                     | «m»               | 582           | 29,2                     | 23,9              |
| 479           | 60,7                     | 38,3              | 531           | 40,2                     | «m»               | 583           | 29,5                     | 15,2              |
| 480           | 68,8                     | 72,7              | 532           | 37,1                     | «m»               | 584           | 29,7                     | 8,8               |
| 481           | 75,0                     | «m»               | 533           | 47,0                     | 0,0               | 585           | 30,4                     | 20,8              |
| 482           | 61,3                     | «m»               | 534           | 57,0                     | «m»               | 586           | 31,9                     | 22,9              |
| 483           | 53,5                     | «m»               | 535           | 45,1                     | «m»               | 587           | 34,3                     | 61,4              |
| 484           | 45,9                     | 58,0              | 536           | 32,6                     | «m»               | 588           | 37,2                     | 76,6              |
| 485           | 48,1                     | 80,0              | 537           | 46,8                     | 0,0               | 589           | 40,1                     | 27,5              |
| 486           | 49,4                     | 97,9              | 538           | 61,5                     | «m»               | 590           | 42,3                     | 25,4              |
| 487           | 49,7                     | «m»               | 539           | 56,7                     | «m»               | 591           | 43,5                     | 32,0              |
| 488           | 48,7                     | «m»               | 540           | 46,9                     | «m»               | 592           | 43,8                     | 6,0               |
| 489           | 45,5                     | «m»               | 541           | 37,5                     | «m»               | 593           | 43,5                     | «m»               |
| 490           | 40,4                     | «m»               | 542           | 30,3                     | «m»               | 594           | 42,8                     | «m»               |
| 491           | 49,7                     | 0,0               | 543           | 27,3                     | 32,3              | 595           | 41,7                     | «m»               |
| 492           | 59,0                     | «m»               | 544           | 30,8                     | 60,3              | 596           | 40,4                     | «m»               |
| 493           | 48,9                     | «m»               | 545           | 41,2                     | 62,3              | 597           | 39,3                     | «m»               |
| 494           | 40,0                     | «m»               | 546           | 36,0                     | 0,0               | 598           | 38,9                     | 12,9              |
| 495           | 33,5                     | «m»               | 547           | 30,8                     | 32,3              | 599           | 39,0                     | 18,4              |
| 496           | 30,0                     | «m»               | 548           | 33,9                     | 60,3              | 600           | 39,7                     | 39,2              |
| 497           | 29,1                     | 12,0              | 549           | 34,6                     | 38,4              | 601           | 41,4                     | 60,0              |
| 498           | 29,3                     | 40,4              | 550           | 37,0                     | 16,6              | 602           | 43,7                     | 54,5              |
| 499           | 30,4                     | 29,3              | 551           | 42,7                     | 62,3              | 603           | 46,2                     | 64,2              |
| 500           | 32,2                     | 15,4              | 552           | 50,4                     | 28,1              | 604           | 48,8                     | 73,3              |
| 501           | 33,9                     | 15,8              | 553           | 40,1                     | 0,0               | 605           | 51,0                     | 82,3              |
| 502           | 35,3                     | 14,9              | 554           | 29,9                     | 8,0               | 606           | 52,1                     | 0,0               |
| 503           | 36,4                     | 15,1              | 555           | 32,5                     | 15,0              | 607           | 52,0                     | «m»               |
| 504           | 38,0                     | 15,3              | 556           | 34,6                     | 63,1              | 608           | 50,9                     | «m»               |
| 505           | 40,3                     | 50,9              | 557           | 36,7                     | 58,0              | 609           | 49,4                     | «m»               |
| 506           | 43,0                     | 39,7              | 558           | 39,4                     | 52,9              | 610           | 47,8                     | «m»               |
| 507           | 45,5                     | 20,6              | 559           | 42,8                     | 47,8              | 611           | 46,6                     | «m»               |
| 508           | 47,3                     | 20,6              | 560           | 46,8                     | 42,7              | 612           | 47,3                     | 35,3              |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 613           | 49,2                     | 74,1              | 665           | 60,4                     | 41,8              | 717           | 0,0                      | 0,0               |
| 614           | 51,1                     | 95,2              | 666           | 69,1                     | 79,0              | 718           | 0,0                      | 0,0               |
| 615           | 51,7                     | «m»               | 667           | 77,1                     | 38,3              | 719           | 0,0                      | 0,0               |
| 616           | 50,8                     | «m»               | 668           | 63,1                     | 0,0               | 720           | 0,0                      | 0,0               |
| 617           | 47,3                     | «m»               | 669           | 49,1                     | 47,9              | 721           | 0,0                      | 0,0               |
| 618           | 41,8                     | «m»               | 670           | 53,4                     | 91,3              | 722           | 0,0                      | 0,0               |
| 619           | 36,4                     | «m»               | 671           | 57,5                     | 85,7              | 723           | 0,0                      | 0,0               |
| 620           | 30,9                     | «m»               | 672           | 61,5                     | 89,2              | 724           | 0,0                      | 0,0               |
| 621           | 25,5                     | 37,1              | 673           | 65,5                     | 85,9              | 725           | 0,0                      | 0,0               |
| 622           | 33,8                     | 38,4              | 674           | 69,5                     | 89,5              | 726           | 0,0                      | 0,0               |
| 623           | 42,1                     | «m»               | 675           | 73,1                     | 75,5              | 727           | 0,0                      | 0,0               |
| 624           | 34,1                     | «m»               | 676           | 76,2                     | 73,6              | 728           | 0,0                      | 0,0               |
| 625           | 33,0                     | 37,1              | 677           | 79,1                     | 75,6              | 729           | 0,0                      | 0,0               |
| 626           | 36,4                     | 38,4              | 678           | 81,8                     | 78,2              | 730           | 0,0                      | 0,0               |
| 627           | 43,3                     | 17,1              | 679           | 84,1                     | 39,0              | 731           | 0,0                      | 0,0               |
| 628           | 35,7                     | 0,0               | 680           | 69,6                     | 0,0               | 732           | 0,0                      | 0,0               |
| 629           | 28,1                     | 11,6              | 681           | 55,0                     | 25,2              | 733           | 0,0                      | 0,0               |
| 630           | 36,5                     | 19,2              | 682           | 55,8                     | 49,9              | 734           | 0,0                      | 0,0               |
| 631           | 45,2                     | 8,3               | 683           | 56,7                     | 46,4              | 735           | 0,0                      | 0,0               |
| 632           | 36,5                     | 0,0               | 684           | 57,6                     | 76,3              | 736           | 0,0                      | 0,0               |
| 633           | 27,9                     | 32,6              | 685           | 58,4                     | 92,7              | 737           | 0,0                      | 0,0               |
| 634           | 31,5                     | 59,6              | 686           | 59,3                     | 99,9              | 738           | 0,0                      | 0,0               |
| 635           | 34,4                     | 65,2              | 687           | 60,1                     | 95,0              | 739           | 0,0                      | 0,0               |
| 636           | 37,0                     | 59,6              | 688           | 61,0                     | 46,7              | 740           | 0,0                      | 0,0               |
| 637           | 39,0                     | 49,0              | 689           | 46,6                     | 0,0               | 741           | 0,0                      | 0,0               |
| 638           | 40,2                     | «m»               | 690           | 32,3                     | 34,6              | 742           | 0,0                      | 0,0               |
| 639           | 39,8                     | «m»               | 691           | 32,7                     | 68,6              | 743           | 0,0                      | 0,0               |
| 640           | 36,0                     | «m»               | 692           | 32,6                     | 67,0              | 744           | 0,0                      | 0,0               |
| 641           | 29,7                     | «m»               | 693           | 31,3                     | «m»               | 745           | 0,0                      | 0,0               |
| 642           | 21,5                     | «m»               | 694           | 28,1                     | «m»               | 746           | 0,0                      | 0,0               |
| 643           | 14,1                     | «m»               | 695           | 43,0                     | 0,0               | 747           | 0,0                      | 0,0               |
| 644           | 0,0                      | 0,0               | 696           | 58,0                     | «m»               | 748           | 0,0                      | 0,0               |
| 645           | 0,0                      | 0,0               | 697           | 58,9                     | «m»               | 749           | 0,0                      | 0,0               |
| 646           | 0,0                      | 0,0               | 698           | 49,4                     | «m»               | 750           | 0,0                      | 0,0               |
| 647           | 0,0                      | 0,0               | 699           | 41,5                     | «m»               | 751           | 0,0                      | 0,0               |
| 648           | 0,0                      | 0,0               | 700           | 48,4                     | 0,0               | 752           | 0,0                      | 0,0               |
| 649           | 0,0                      | 0,0               | 701           | 55,3                     | «m»               | 753           | 0,0                      | 0,0               |
| 650           | 0,0                      | 0,0               | 702           | 41,8                     | «m»               | 754           | 0,0                      | 0,0               |
| 651           | 0,0                      | 0,0               | 703           | 31,6                     | «m»               | 755           | 0,0                      | 0,0               |
| 652           | 0,0                      | 0,0               | 704           | 24,6                     | «m»               | 756           | 0,0                      | 0,0               |
| 653           | 0,0                      | 0,0               | 705           | 15,2                     | «m»               | 757           | 0,0                      | 0,0               |
| 654           | 0,0                      | 0,0               | 706           | 7,0                      | «m»               | 758           | 0,0                      | 0,0               |
| 655           | 0,0                      | 0,0               | 707           | 0,0                      | 0,0               | 759           | 0,0                      | 0,0               |
| 656           | 0,0                      | 3,4               | 708           | 0,0                      | 0,0               | 760           | 0,0                      | 0,0               |
| 657           | 1,4                      | 22,0              | 709           | 0,0                      | 0,0               | 761           | 0,0                      | 0,0               |
| 658           | 10,1                     | 45,3              | 710           | 0,0                      | 0,0               | 762           | 0,0                      | 0,0               |
| 659           | 21,5                     | 10,0              | 711           | 0,0                      | 0,0               | 763           | 0,0                      | 0,0               |
| 660           | 32,2                     | 0,0               | 712           | 0,0                      | 0,0               | 764           | 0,0                      | 0,0               |
| 661           | 42,3                     | 46,0              | 713           | 0,0                      | 0,0               | 765           | 0,0                      | 0,0               |
| 662           | 57,1                     | 74,1              | 714           | 0,0                      | 0,0               | 766           | 0,0                      | 0,0               |
| 663           | 72,1                     | 34,2              | 715           | 0,0                      | 0,0               | 767           | 0,0                      | 0,0               |
| 664           | 66,9                     | 0,0               | 716           | 0,0                      | 0,0               | 768           | 0,0                      | 0,0               |



| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 769           | 0,0                      | 0,0               | 821           | 42,3                     | 0,0               | 873           | 34,1                     | «m»               |
| 770           | 0,0                      | 0,0               | 822           | 27,6                     | 29,1              | 874           | 33,6                     | «m»               |
| 771           | 0,0                      | 22,0              | 823           | 28,4                     | 57,0              | 875           | 33,3                     | «m»               |
| 772           | 4,5                      | 25,8              | 824           | 29,1                     | 51,8              | 876           | 33,1                     | «m»               |
| 773           | 15,5                     | 42,8              | 825           | 29,6                     | 35,3              | 877           | 32,7                     | «m»               |
| 774           | 30,5                     | 46,8              | 826           | 29,7                     | 33,3              | 878           | 31,4                     | «m»               |
| 775           | 45,5                     | 29,3              | 827           | 29,8                     | 17,7              | 879           | 45,0                     | 0,0               |
| 776           | 49,2                     | 13,6              | 828           | 29,5                     | «m»               | 880           | 58,5                     | «m»               |
| 777           | 39,5                     | 0,0               | 829           | 28,9                     | «m»               | 881           | 53,7                     | «m»               |
| 778           | 29,7                     | 15,1              | 830           | 43,0                     | 0,0               | 882           | 47,5                     | «m»               |
| 779           | 34,8                     | 26,9              | 831           | 57,1                     | «m»               | 883           | 40,6                     | «m»               |
| 780           | 40,0                     | 13,6              | 832           | 57,7                     | «m»               | 884           | 34,1                     | «m»               |
| 781           | 42,2                     | «m»               | 833           | 56,0                     | «m»               | 885           | 45,3                     | 0,0               |
| 782           | 42,1                     | «m»               | 834           | 53,8                     | «m»               | 886           | 56,4                     | «m»               |
| 783           | 40,8                     | «m»               | 835           | 51,2                     | «m»               | 887           | 51,0                     | «m»               |
| 784           | 37,7                     | 37,6              | 836           | 48,1                     | «m»               | 888           | 44,5                     | «m»               |
| 785           | 47,0                     | 35,0              | 837           | 44,5                     | «m»               | 889           | 36,4                     | «m»               |
| 786           | 48,8                     | 33,4              | 838           | 40,9                     | «m»               | 890           | 26,6                     | «m»               |
| 787           | 41,7                     | «m»               | 839           | 38,1                     | «m»               | 891           | 20,0                     | «m»               |
| 788           | 27,7                     | «m»               | 840           | 37,2                     | 42,7              | 892           | 13,3                     | «m»               |
| 789           | 17,2                     | «m»               | 841           | 37,5                     | 70,8              | 893           | 6,7                      | «m»               |
| 790           | 14,0                     | 37,6              | 842           | 39,1                     | 48,6              | 894           | 0,0                      | 0,0               |
| 791           | 18,4                     | 25,0              | 843           | 41,3                     | 0,1               | 895           | 0,0                      | 0,0               |
| 792           | 27,6                     | 17,7              | 844           | 42,3                     | «m»               | 896           | 0,0                      | 0,0               |
| 793           | 39,8                     | 6,8               | 845           | 42,0                     | «m»               | 897           | 0,0                      | 0,0               |
| 794           | 34,3                     | 0,0               | 846           | 40,8                     | «m»               | 898           | 0,0                      | 0,0               |
| 795           | 28,7                     | 26,5              | 847           | 38,6                     | «m»               | 899           | 0,0                      | 0,0               |
| 796           | 41,5                     | 40,9              | 848           | 35,5                     | «m»               | 900           | 0,0                      | 0,0               |
| 797           | 53,7                     | 17,5              | 849           | 32,1                     | «m»               | 901           | 0,0                      | 5,8               |
| 798           | 42,4                     | 0,0               | 850           | 29,6                     | «m»               | 902           | 2,5                      | 27,9              |
| 799           | 31,2                     | 27,3              | 851           | 28,8                     | 39,9              | 903           | 12,4                     | 29,0              |
| 800           | 32,3                     | 53,2              | 852           | 29,2                     | 52,9              | 904           | 19,4                     | 30,1              |
| 801           | 34,5                     | 60,6              | 853           | 30,9                     | 76,1              | 905           | 29,3                     | 31,2              |
| 802           | 37,6                     | 68,0              | 854           | 34,3                     | 76,5              | 906           | 37,1                     | 10,4              |
| 803           | 41,2                     | 75,4              | 855           | 38,3                     | 75,5              | 907           | 40,6                     | 4,9               |
| 804           | 45,8                     | 82,8              | 856           | 42,5                     | 74,8              | 908           | 35,8                     | 0,0               |
| 805           | 52,3                     | 38,2              | 857           | 46,6                     | 74,2              | 909           | 30,9                     | 7,6               |
| 806           | 42,5                     | 0,0               | 858           | 50,7                     | 76,2              | 910           | 35,4                     | 13,8              |
| 807           | 32,6                     | 30,5              | 859           | 54,8                     | 75,1              | 911           | 36,5                     | 11,1              |
| 808           | 35,0                     | 57,9              | 860           | 58,7                     | 36,3              | 912           | 40,8                     | 48,5              |
| 809           | 36,0                     | 77,3              | 861           | 45,2                     | 0,0               | 913           | 49,8                     | 3,7               |
| 810           | 37,1                     | 96,8              | 862           | 31,8                     | 37,2              | 914           | 41,2                     | 0,0               |
| 811           | 39,6                     | 80,8              | 863           | 33,8                     | 71,2              | 915           | 32,7                     | 29,7              |
| 812           | 43,4                     | 78,3              | 864           | 35,5                     | 46,4              | 916           | 39,4                     | 52,1              |
| 813           | 47,2                     | 73,4              | 865           | 36,6                     | 33,6              | 917           | 48,8                     | 22,7              |
| 814           | 49,6                     | 66,9              | 866           | 37,2                     | 20,0              | 918           | 41,6                     | 0,0               |
| 815           | 50,2                     | 62,0              | 867           | 37,2                     | «m»               | 919           | 34,5                     | 46,6              |
| 816           | 50,2                     | 57,7              | 868           | 37,0                     | «m»               | 920           | 39,7                     | 84,4              |
| 817           | 50,6                     | 62,1              | 869           | 36,6                     | «m»               | 921           | 44,7                     | 83,2              |
| 818           | 52,3                     | 62,9              | 870           | 36,0                     | «m»               | 922           | 49,5                     | 78,9              |
| 819           | 54,8                     | 37,5              | 871           | 35,4                     | «m»               | 923           | 52,3                     | 83,8              |
| 820           | 57,0                     | 18,3              | 872           | 34,7                     | «m»               | 924           | 53,4                     | 77,7              |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 925           | 52,1                     | 69,6              | 977           | 43,2                     | 26,4              | 1 029         | 28,1                     | 26,8              |
| 926           | 47,9                     | 63,6              | 978           | 43,5                     | «m»               | 1 030         | 31,6                     | 49,2              |
| 927           | 46,4                     | 55,2              | 979           | 42,9                     | «m»               | 1 031         | 34,5                     | 39,5              |
| 928           | 46,5                     | 53,6              | 980           | 41,5                     | «m»               | 1 032         | 36,4                     | 24,0              |
| 929           | 46,4                     | 62,3              | 981           | 40,9                     | «m»               | 1 033         | 36,7                     | «m»               |
| 930           | 46,1                     | 58,2              | 982           | 40,5                     | «m»               | 1 034         | 35,5                     | «m»               |
| 931           | 46,2                     | 61,8              | 983           | 39,5                     | «m»               | 1 035         | 33,8                     | «m»               |
| 932           | 47,3                     | 62,3              | 984           | 38,3                     | «m»               | 1 036         | 33,7                     | 19,8              |
| 933           | 49,3                     | 57,1              | 985           | 36,9                     | «m»               | 1 037         | 35,3                     | 35,1              |
| 934           | 52,6                     | 58,1              | 986           | 35,4                     | «m»               | 1 038         | 38,0                     | 33,9              |
| 935           | 56,3                     | 56,0              | 987           | 34,5                     | «m»               | 1 039         | 40,1                     | 34,5              |
| 936           | 59,9                     | 27,2              | 988           | 33,9                     | «m»               | 1 040         | 42,2                     | 40,4              |
| 937           | 45,8                     | 0,0               | 989           | 32,6                     | «m»               | 1 041         | 45,2                     | 44,0              |
| 938           | 31,8                     | 28,8              | 990           | 30,9                     | «m»               | 1 042         | 48,3                     | 35,9              |
| 939           | 32,7                     | 56,5              | 991           | 29,9                     | «m»               | 1 043         | 50,1                     | 29,6              |
| 940           | 33,4                     | 62,8              | 992           | 29,2                     | «m»               | 1 044         | 52,3                     | 38,5              |
| 941           | 34,6                     | 68,2              | 993           | 44,1                     | 0,0               | 1 045         | 55,3                     | 57,7              |
| 942           | 35,8                     | 68,6              | 994           | 59,1                     | «m»               | 1 046         | 57,0                     | 50,7              |
| 943           | 38,6                     | 65,0              | 995           | 56,8                     | «m»               | 1 047         | 57,7                     | 25,2              |
| 944           | 42,3                     | 61,9              | 996           | 53,5                     | «m»               | 1 048         | 42,9                     | 0,0               |
| 945           | 44,1                     | 65,3              | 997           | 47,8                     | «m»               | 1 049         | 28,2                     | 15,7              |
| 946           | 45,3                     | 63,2              | 998           | 41,9                     | «m»               | 1 050         | 29,2                     | 30,5              |
| 947           | 46,5                     | 30,6              | 999           | 35,9                     | «m»               | 1 051         | 31,1                     | 52,6              |
| 948           | 46,7                     | 11,1              | 1 000         | 44,3                     | 0,0               | 1 052         | 33,4                     | 60,7              |
| 949           | 45,9                     | 16,1              | 1 001         | 52,6                     | «m»               | 1 053         | 35,0                     | 61,4              |
| 950           | 45,6                     | 21,8              | 1 002         | 43,4                     | «m»               | 1 054         | 35,3                     | 18,2              |
| 951           | 45,9                     | 24,2              | 1 003         | 50,6                     | 0,0               | 1 055         | 35,2                     | 14,9              |
| 952           | 46,5                     | 24,7              | 1 004         | 57,8                     | «m»               | 1 056         | 34,9                     | 11,7              |
| 953           | 46,7                     | 24,7              | 1 005         | 51,6                     | «m»               | 1 057         | 34,5                     | 12,9              |
| 954           | 46,8                     | 28,2              | 1 006         | 44,8                     | «m»               | 1 058         | 34,1                     | 15,5              |
| 955           | 47,2                     | 31,2              | 1 007         | 48,6                     | 0,0               | 1 059         | 33,5                     | «m»               |
| 956           | 47,6                     | 29,6              | 1 008         | 52,4                     | «m»               | 1 060         | 31,8                     | «m»               |
| 957           | 48,2                     | 31,2              | 1 009         | 45,4                     | «m»               | 1 061         | 30,1                     | «m»               |
| 958           | 48,6                     | 33,5              | 1 010         | 37,2                     | «m»               | 1 062         | 29,6                     | 10,3              |
| 959           | 48,8                     | «m»               | 1 011         | 26,3                     | «m»               | 1 063         | 30,0                     | 26,5              |
| 960           | 47,6                     | «m»               | 1 012         | 17,9                     | «m»               | 1 064         | 31,0                     | 18,8              |
| 961           | 46,3                     | «m»               | 1 013         | 16,2                     | 1,9               | 1 065         | 31,5                     | 26,5              |
| 962           | 45,2                     | «m»               | 1 014         | 17,8                     | 7,5               | 1 066         | 31,7                     | «m»               |
| 963           | 43,5                     | «m»               | 1 015         | 25,2                     | 18,0              | 1 067         | 31,5                     | «m»               |
| 964           | 41,4                     | «m»               | 1 016         | 39,7                     | 6,5               | 1 068         | 30,6                     | «m»               |
| 965           | 40,3                     | «m»               | 1 017         | 38,6                     | 0,0               | 1 069         | 30,0                     | «m»               |
| 966           | 39,4                     | «m»               | 1 018         | 37,4                     | 5,4               | 1 070         | 30,0                     | «m»               |
| 967           | 38,0                     | «m»               | 1 019         | 43,4                     | 9,7               | 1 071         | 29,4                     | «m»               |
| 968           | 36,3                     | «m»               | 1 020         | 46,9                     | 15,7              | 1 072         | 44,3                     | 0,0               |
| 969           | 35,3                     | 5,8               | 1 021         | 52,5                     | 13,1              | 1 073         | 59,2                     | «m»               |
| 970           | 35,4                     | 30,2              | 1 022         | 56,2                     | 6,3               | 1 074         | 58,3                     | «m»               |
| 971           | 36,6                     | 55,6              | 1 023         | 44,0                     | 0,0               | 1 075         | 57,1                     | «m»               |
| 972           | 38,6                     | 48,5              | 1 024         | 31,8                     | 20,9              | 1 076         | 55,4                     | «m»               |
| 973           | 39,9                     | 41,8              | 1 025         | 38,7                     | 36,3              | 1 077         | 53,5                     | «m»               |
| 974           | 40,3                     | 38,2              | 1 026         | 47,7                     | 47,5              | 1 078         | 51,5                     | «m»               |
| 975           | 40,8                     | 35,0              | 1 027         | 54,5                     | 22,0              | 1 079         | 49,7                     | «m»               |
| 976           | 41,9                     | 32,4              | 1 028         | 41,3                     | 0,0               | 1 080         | 47,9                     | «m»               |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1 081         | 46,4                     | «m»               | 1 133         | 30,3                     | «m»               | 1 185         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 082         | 45,5                     | «m»               | 1 134         | 29,8                     | «m»               | 1 186         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 083         | 45,2                     | «m»               | 1 135         | 44,3                     | 0,0               | 1 187         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 084         | 44,3                     | «m»               | 1 136         | 58,9                     | «m»               | 1 188         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 085         | 43,6                     | «m»               | 1 137         | 52,1                     | «m»               | 1 189         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 086         | 43,1                     | «m»               | 1 138         | 44,1                     | «m»               | 1 190         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 087         | 42,5                     | 25,6              | 1 139         | 51,7                     | 0,0               | 1 191         | 0,0                      | 0,0               |
| 1 088         | 43,3                     | 25,7              | 1 140         | 59,2                     | «m»               | 1 192         | 0,0                      | 0,0               |
| 1,089         | 46,3                     | 24,0              | 1 141         | 47,2                     | «m»               | 1 193         | 0,0                      | 0,0               |
| 1,090         | 47,8                     | 20,6              | 1 142         | 35,1                     | 0,0               | 1 194         | 0,0                      | 0,0               |
| 1,091         | 47,2                     | 3,8               | 1 143         | 23,1                     | «m»               | 1 195         | 0,0                      | 0,0               |
| 1,092         | 45,6                     | 4,4               | 1 144         | 13,1                     | «m»               | 1 196         | 0,0                      | 20,4              |
| 1,093         | 44,6                     | 4,1               | 1 145         | 5,0                      | «m»               | 1 197         | 12,6                     | 41,2              |
| 1,094         | 44,1                     | «m»               | 1 146         | 0,0                      | 0,0               | 1 198         | 27,3                     | 20,4              |
| 1,095         | 42,9                     | «m»               | 1 147         | 0,0                      | 0,0               | 1 199         | 40,4                     | 7,6               |
| 1,096         | 40,9                     | «m»               | 1 148         | 0,0                      | 0,0               | 1 200         | 46,1                     | «m»               |
| 1,097         | 39,2                     | «m»               | 1 149         | 0,0                      | 0,0               | 1 201         | 44,6                     | «m»               |
| 1,098         | 37,0                     | «m»               | 1 150         | 0,0                      | 0,0               | 1 202         | 42,7                     | 14,7              |
| 1,099         | 35,1                     | 2,0               | 1 151         | 0,0                      | 0,0               | 1 203         | 42,9                     | 7,3               |
| 1,100         | 35,6                     | 43,3              | 1 152         | 0,0                      | 0,0               | 1 204         | 36,1                     | 0,0               |
| 1,101         | 38,7                     | 47,6              | 1 153         | 0,0                      | 0,0               | 1 205         | 29,3                     | 15,0              |
| 1,102         | 41,3                     | 40,4              | 1 154         | 0,0                      | 0,0               | 1 206         | 43,8                     | 22,6              |
| 1,103         | 42,6                     | 45,7              | 1 155         | 0,0                      | 0,0               | 1 207         | 54,9                     | 9,9               |
| 1,104         | 43,9                     | 43,3              | 1 156         | 0,0                      | 0,0               | 1 208         | 44,9                     | 0,0               |
| 1,105         | 46,9                     | 41,2              | 1 157         | 0,0                      | 0,0               | 1 209         | 34,9                     | 47,4              |
| 1,106         | 52,4                     | 40,1              | 1 158         | 0,0                      | 0,0               | 1 210         | 42,7                     | 82,7              |
| 1,107         | 56,3                     | 39,3              | 1 159         | 0,0                      | 0,0               | 1 211         | 52,0                     | 81,2              |
| 1 108         | 57,4                     | 25,5              | 1 160         | 0,0                      | 0,0               | 1 212         | 61,8                     | 82,7              |
| 1 109         | 57,2                     | 25,4              | 1 161         | 0,0                      | 0,0               | 1 213         | 71,3                     | 39,1              |
| 1 110         | 57,0                     | 25,4              | 1 162         | 0,0                      | 0,0               | 1 214         | 58,1                     | 0,0               |
| 1 111         | 56,8                     | 25,3              | 1 163         | 0,0                      | 0,0               | 1 215         | 44,9                     | 42,5              |
| 1 112         | 56,3                     | 25,3              | 1 164         | 0,0                      | 0,0               | 1 216         | 46,3                     | 83,3              |
| 1 113         | 55,6                     | 25,2              | 1 165         | 0,0                      | 0,0               | 1 217         | 46,8                     | 74,1              |
| 1 114         | 56,2                     | 25,2              | 1 166         | 0,0                      | 0,0               | 1 218         | 48,1                     | 75,7              |
| 1 115         | 58,0                     | 12,4              | 1 167         | 0,0                      | 0,0               | 1 219         | 50,5                     | 75,8              |
| 1 116         | 43,4                     | 0,0               | 1 168         | 0,0                      | 0,0               | 1 220         | 53,6                     | 76,7              |
| 1 117         | 28,8                     | 26,2              | 1 169         | 0,0                      | 0,0               | 1 221         | 56,9                     | 77,1              |
| 1 118         | 30,9                     | 49,9              | 1 170         | 0,0                      | 0,0               | 1 222         | 60,2                     | 78,7              |
| 1 119         | 32,3                     | 40,5              | 1 171         | 0,0                      | 0,0               | 1 223         | 63,7                     | 78,0              |
| 1 120         | 32,5                     | 12,4              | 1 172         | 0,0                      | 0,0               | 1 224         | 67,2                     | 79,6              |
| 1 121         | 32,4                     | 12,2              | 1 173         | 0,0                      | 0,0               | 1 225         | 70,7                     | 80,9              |
| 1 122         | 32,1                     | 6,4               | 1 174         | 0,0                      | 0,0               | 1 226         | 74,1                     | 81,1              |
| 1 123         | 31,0                     | 12,4              | 1 175         | 0,0                      | 0,0               | 1 227         | 77,5                     | 83,6              |
| 1 124         | 30,1                     | 18,5              | 1 176         | 0,0                      | 0,0               | 1 228         | 80,8                     | 85,6              |
| 1 125         | 30,4                     | 35,6              | 1 177         | 0,0                      | 0,0               | 1 229         | 84,1                     | 81,6              |
| 1 126         | 31,2                     | 30,1              | 1 178         | 0,0                      | 0,0               | 1 230         | 87,4                     | 88,3              |
| 1 127         | 31,5                     | 30,8              | 1 179         | 0,0                      | 0,0               | 1 231         | 90,5                     | 91,9              |
| 1 128         | 31,5                     | 26,9              | 1 180         | 0,0                      | 0,0               | 1 232         | 93,5                     | 94,1              |
| 1 129         | 31,7                     | 33,9              | 1 181         | 0,0                      | 0,0               | 1 233         | 96,8                     | 96,6              |
| 1 130         | 32,0                     | 29,9              | 1 182         | 0,0                      | 0,0               | 1 234         | 100,0                    | «m»               |
| 1 131         | 32,1                     | «m»               | 1 183         | 0,0                      | 0,0               | 1 235         | 96,0                     | «m»               |
| 1 132         | 31,4                     | «m»               | 1 184         | 0,0                      | 0,0               | 1 236         | 81,9                     | «m»               |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1 237         | 68,1                     | «m»               | 1 289         | 61,9                     | 76,1              | 1 341         | 28,0                     | 29,5              |
| 1 238         | 58,1                     | 84,7              | 1 290         | 65,6                     | 73,7              | 1 342         | 28,6                     | 100,0             |
| 1 239         | 58,5                     | 85,4              | 1 291         | 69,9                     | 79,3              | 1 343         | 28,8                     | 97,3              |
| 1 240         | 59,5                     | 85,6              | 1 292         | 74,1                     | 81,3              | 1 344         | 28,8                     | 73,4              |
| 1 241         | 61,0                     | 86,6              | 1 293         | 78,3                     | 83,2              | 1 345         | 29,6                     | 56,9              |
| 1 242         | 62,6                     | 86,8              | 1 294         | 82,6                     | 86,0              | 1 346         | 30,3                     | 91,7              |
| 1 243         | 64,1                     | 87,6              | 1 295         | 87,0                     | 89,5              | 1 347         | 31,0                     | 90,5              |
| 1 244         | 65,4                     | 87,5              | 1 296         | 91,2                     | 90,8              | 1 348         | 31,8                     | 81,7              |
| 1 245         | 66,7                     | 87,8              | 1 297         | 95,3                     | 45,9              | 1 349         | 32,6                     | 79,5              |
| 1 246         | 68,1                     | 43,5              | 1 298         | 81,0                     | 0,0               | 1 350         | 33,5                     | 86,9              |
| 1 247         | 55,2                     | 0,0               | 1 299         | 66,6                     | 38,2              | 1 351         | 34,6                     | 100,0             |
| 1 248         | 42,3                     | 37,2              | 1 300         | 67,9                     | 75,5              | 1 352         | 35,6                     | 78,7              |
| 1 249         | 43,0                     | 73,6              | 1 301         | 68,4                     | 80,5              | 1 353         | 36,4                     | 50,5              |
| 1 250         | 43,5                     | 65,1              | 1 302         | 69,0                     | 85,5              | 1 354         | 37,0                     | 57,0              |
| 1 251         | 43,8                     | 53,1              | 1 303         | 70,0                     | 85,2              | 1 355         | 37,3                     | 69,1              |
| 1 252         | 43,9                     | 54,6              | 1 304         | 71,6                     | 85,9              | 1 356         | 37,6                     | 49,5              |
| 1 253         | 43,9                     | 41,2              | 1 305         | 73,3                     | 86,2              | 1 357         | 37,8                     | 44,4              |
| 1 254         | 43,8                     | 34,8              | 1 306         | 74,8                     | 86,5              | 1 358         | 37,8                     | 43,4              |
| 1 255         | 43,6                     | 30,3              | 1 307         | 76,3                     | 42,9              | 1 359         | 37,8                     | 34,8              |
| 1 256         | 43,3                     | 21,9              | 1 308         | 63,3                     | 0,0               | 1 360         | 37,6                     | 24,0              |
| 1 257         | 42,8                     | 19,9              | 1 309         | 50,4                     | 21,2              | 1 361         | 37,2                     | «m»               |
| 1 258         | 42,3                     | «m»               | 1 310         | 50,6                     | 42,3              | 1 362         | 36,3                     | «m»               |
| 1 259         | 41,4                     | «m»               | 1 311         | 50,6                     | 53,7              | 1 363         | 35,1                     | «m»               |
| 1 260         | 40,2                     | «m»               | 1 312         | 50,4                     | 90,1              | 1 364         | 33,7                     | «m»               |
| 1 261         | 38,7                     | «m»               | 1 313         | 50,5                     | 97,1              | 1 365         | 32,4                     | «m»               |
| 1 262         | 37,1                     | «m»               | 1 314         | 51,0                     | 100,0             | 1 366         | 31,1                     | «m»               |
| 1 263         | 35,6                     | «m»               | 1 315         | 51,9                     | 100,0             | 1 367         | 29,9                     | «m»               |
| 1 264         | 34,2                     | «m»               | 1 316         | 52,6                     | 100,0             | 1 368         | 28,7                     | «m»               |
| 1 265         | 32,9                     | «m»               | 1 317         | 52,8                     | 32,4              | 1 369         | 29,0                     | 58,6              |
| 1 266         | 31,8                     | «m»               | 1 318         | 47,7                     | 0,0               | 1 370         | 29,7                     | 88,5              |
| 1 267         | 30,7                     | «m»               | 1 319         | 42,6                     | 27,4              | 1 371         | 31,0                     | 86,3              |
| 1 268         | 29,6                     | «m»               | 1 320         | 42,1                     | 53,5              | 1 372         | 31,8                     | 43,4              |
| 1 269         | 40,4                     | 0,0               | 1 321         | 41,8                     | 44,5              | 1 373         | 31,7                     | «m»               |
| 1 270         | 51,2                     | «m»               | 1 322         | 41,4                     | 41,1              | 1 374         | 29,9                     | «m»               |
| 1 271         | 49,6                     | «m»               | 1 323         | 41,0                     | 21,0              | 1 375         | 40,2                     | 0,0               |
| 1 272         | 48,0                     | «m»               | 1 324         | 40,3                     | 0,0               | 1 376         | 50,4                     | «m»               |
| 1 273         | 46,4                     | «m»               | 1 325         | 39,3                     | 1,0               | 1 377         | 47,9                     | «m»               |
| 1 274         | 45,0                     | «m»               | 1 326         | 38,3                     | 15,2              | 1 378         | 45,0                     | «m»               |
| 1 275         | 43,6                     | «m»               | 1 327         | 37,6                     | 57,8              | 1 379         | 43,0                     | «m»               |
| 1 276         | 42,3                     | «m»               | 1 328         | 37,3                     | 73,2              | 1 380         | 40,6                     | «m»               |
| 1 277         | 41,0                     | «m»               | 1 329         | 37,3                     | 59,8              | 1 381         | 55,5                     | 0,0               |
| 1 278         | 39,6                     | «m»               | 1 330         | 37,4                     | 52,2              | 1 382         | 70,4                     | 41,7              |
| 1 279         | 38,3                     | «m»               | 1 331         | 37,4                     | 16,9              | 1 383         | 73,4                     | 83,2              |
| 1 280         | 37,1                     | «m»               | 1 332         | 37,1                     | 34,3              | 1 384         | 74,0                     | 83,7              |
| 1 281         | 35,9                     | «m»               | 1 333         | 36,7                     | 51,9              | 1 385         | 74,9                     | 41,7              |
| 1 282         | 34,6                     | «m»               | 1 334         | 36,2                     | 25,3              | 1 386         | 60,0                     | 0,0               |
| 1 283         | 33,0                     | «m»               | 1 335         | 35,6                     | «m»               | 1 387         | 45,1                     | 41,6              |
| 1 284         | 31,1                     | «m»               | 1 336         | 34,6                     | «m»               | 1 388         | 47,7                     | 84,2              |
| 1 285         | 29,2                     | «m»               | 1 337         | 33,2                     | «m»               | 1 389         | 50,4                     | 50,2              |
| 1 286         | 43,3                     | 0,0               | 1 338         | 31,6                     | «m»               | 1 390         | 53,0                     | 26,1              |
| 1 287         | 57,4                     | 32,8              | 1 339         | 30,1                     | «m»               | 1 391         | 59,5                     | 0,0               |
| 1 288         | 59,9                     | 65,4              | 1 340         | 28,8                     | «m»               | 1 392         | 66,2                     | 38,4              |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1 393         | 66,4                     | 76,7              | 1 445         | 45,4                     | 97,3              | 1 497         | 55,9                     | 20,9              |
| 1 394         | 67,6                     | 100,0             | 1 446         | 47,0                     | 96,6              | 1 498         | 56,0                     | 22,9              |
| 1 395         | 68,4                     | 76,6              | 1 447         | 47,8                     | 96,2              | 1 499         | 56,0                     | 21,1              |
| 1 396         | 68,2                     | 47,2              | 1 448         | 48,8                     | 96,3              | 1 500         | 55,1                     | 19,2              |
| 1 397         | 69,0                     | 81,4              | 1 449         | 50,5                     | 95,1              | 1 501         | 55,6                     | 24,2              |
| 1 398         | 69,7                     | 40,6              | 1 450         | 51,0                     | 95,9              | 1 502         | 55,4                     | 25,6              |
| 1 399         | 54,7                     | 0,0               | 1 451         | 52,0                     | 94,3              | 1 503         | 55,7                     | 24,7              |
| 1 400         | 39,8                     | 19,9              | 1 452         | 52,6                     | 94,6              | 1 504         | 55,9                     | 24,0              |
| 1 401         | 36,3                     | 40,0              | 1 453         | 53,0                     | 65,5              | 1 505         | 55,4                     | 23,5              |
| 1 402         | 36,7                     | 59,4              | 1 454         | 53,2                     | 0,0               | 1 506         | 55,7                     | 30,9              |
| 1 403         | 36,6                     | 77,5              | 1 455         | 53,2                     | «m»               | 1 507         | 55,4                     | 42,5              |
| 1 404         | 36,8                     | 94,3              | 1 456         | 52,6                     | «m»               | 1 508         | 55,3                     | 25,8              |
| 1 405         | 36,8                     | 100,0             | 1 457         | 52,1                     | «m»               | 1 509         | 55,4                     | 1,3               |
| 1 406         | 36,4                     | 100,0             | 1 458         | 51,8                     | «m»               | 1 510         | 55,0                     | «m»               |
| 1 407         | 36,3                     | 79,7              | 1 459         | 51,3                     | «m»               | 1 511         | 54,4                     | «m»               |
| 1 408         | 36,7                     | 49,5              | 1 460         | 50,7                     | «m»               | 1 512         | 54,2                     | «m»               |
| 1 409         | 36,6                     | 39,3              | 1 461         | 50,7                     | «m»               | 1 513         | 53,5                     | «m»               |
| 1 410         | 37,3                     | 62,8              | 1 462         | 49,8                     | «m»               | 1 514         | 52,4                     | «m»               |
| 1 411         | 38,1                     | 73,4              | 1 463         | 49,4                     | «m»               | 1 515         | 51,8                     | «m»               |
| 1 412         | 39,0                     | 72,9              | 1 464         | 49,3                     | «m»               | 1 516         | 50,7                     | «m»               |
| 1 413         | 40,2                     | 72,0              | 1 465         | 49,1                     | «m»               | 1 517         | 49,9                     | «m»               |
| 1 414         | 41,5                     | 71,2              | 1 466         | 49,1                     | «m»               | 1 518         | 49,1                     | «m»               |
| 1 415         | 42,9                     | 77,3              | 1 467         | 49,1                     | 8,3               | 1 519         | 47,7                     | «m»               |
| 1 416         | 44,4                     | 76,6              | 1 468         | 48,9                     | 16,8              | 1 520         | 47,3                     | «m»               |
| 1 417         | 45,4                     | 43,1              | 1 469         | 48,8                     | 21,3              | 1 521         | 46,9                     | «m»               |
| 1 418         | 45,3                     | 53,9              | 1 470         | 49,1                     | 22,1              | 1 522         | 46,9                     | «m»               |
| 1 419         | 45,1                     | 64,8              | 1 471         | 49,4                     | 26,3              | 1 523         | 47,2                     | «m»               |
| 1 420         | 46,5                     | 74,2              | 1 472         | 49,8                     | 39,2              | 1 524         | 47,8                     | «m»               |
| 1 421         | 47,7                     | 75,2              | 1 473         | 50,4                     | 83,4              | 1 525         | 48,2                     | 0,0               |
| 1 422         | 48,1                     | 75,5              | 1 474         | 51,4                     | 90,6              | 1 526         | 48,8                     | 23,0              |
| 1 423         | 48,6                     | 75,8              | 1 475         | 52,3                     | 93,8              | 1 527         | 49,1                     | 67,9              |
| 1 424         | 48,9                     | 76,3              | 1 476         | 53,3                     | 94,0              | 1 528         | 49,4                     | 73,7              |
| 1 425         | 49,9                     | 75,5              | 1 477         | 54,2                     | 94,1              | 1 529         | 49,8                     | 75,0              |
| 1 426         | 50,4                     | 75,2              | 1 478         | 54,9                     | 94,3              | 1 530         | 50,4                     | 75,8              |
| 1 427         | 51,1                     | 74,6              | 1 479         | 55,7                     | 94,6              | 1 531         | 51,4                     | 73,9              |
| 1 428         | 51,9                     | 75,0              | 1 480         | 56,1                     | 94,9              | 1 532         | 52,3                     | 72,2              |
| 1 429         | 52,7                     | 37,2              | 1 481         | 56,3                     | 86,2              | 1 533         | 53,3                     | 71,2              |
| 1 430         | 41,6                     | 0,0               | 1 482         | 56,2                     | 64,1              | 1 534         | 54,6                     | 71,2              |
| 1 431         | 30,4                     | 36,6              | 1 483         | 56,0                     | 46,1              | 1 535         | 55,4                     | 68,7              |
| 1 432         | 30,5                     | 73,2              | 1 484         | 56,2                     | 33,4              | 1 536         | 56,7                     | 67,0              |
| 1 433         | 30,3                     | 81,6              | 1 485         | 56,5                     | 23,6              | 1 537         | 57,2                     | 64,6              |
| 1 434         | 30,4                     | 89,3              | 1 486         | 56,3                     | 18,6              | 1 538         | 57,3                     | 61,9              |
| 1 435         | 31,5                     | 90,4              | 1 487         | 55,7                     | 16,2              | 1 539         | 57,0                     | 59,5              |
| 1 436         | 32,7                     | 88,5              | 1 488         | 56,0                     | 15,9              | 1 540         | 56,7                     | 57,0              |
| 1 437         | 33,7                     | 97,2              | 1 489         | 55,9                     | 21,8              | 1 541         | 56,7                     | 69,8              |
| 1 438         | 35,2                     | 99,7              | 1 490         | 55,8                     | 20,9              | 1 542         | 56,8                     | 58,5              |
| 1 439         | 36,3                     | 98,8              | 1 491         | 55,4                     | 18,4              | 1 543         | 56,8                     | 47,2              |
| 1 440         | 37,7                     | 100,0             | 1 492         | 55,7                     | 25,1              | 1 544         | 57,0                     | 38,5              |
| 1 441         | 39,2                     | 100,0             | 1 493         | 56,0                     | 27,7              | 1 545         | 57,0                     | 32,8              |
| 1 442         | 40,9                     | 100,0             | 1 494         | 55,8                     | 22,4              | 1 546         | 56,8                     | 30,2              |
| 1 443         | 42,4                     | 99,5              | 1 495         | 56,1                     | 20,0              | 1 547         | 57,0                     | 27,0              |
| 1 444         | 43,8                     | 98,7              | 1 496         | 55,7                     | 17,4              | 1 548         | 56,9                     | 26,2              |

| Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) | Tiempo<br>(s) | Régimen<br>normal<br>(%) | Par normal<br>(%) |
|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1 549         | 56,7                     | 26,2              | 1 601         | 56,7                     | 42,6              | 1 653         | 55,8                     | 69,5              |
| 1 550         | 57,0                     | 26,6              | 1 602         | 56,7                     | 41,5              | 1 654         | 56,0                     | 69,8              |
| 1 551         | 56,7                     | 27,8              | 1 603         | 56,7                     | 42,2              | 1 655         | 56,2                     | 69,3              |
| 1 552         | 56,7                     | 29,7              | 1 604         | 56,5                     | 42,2              | 1 656         | 56,2                     | 69,8              |
| 1 553         | 56,8                     | 32,1              | 1 605         | 56,8                     | 41,9              | 1 657         | 56,4                     | 69,2              |
| 1 554         | 56,5                     | 34,9              | 1 606         | 56,5                     | 42,0              | 1 658         | 56,3                     | 68,7              |
| 1 555         | 56,6                     | 34,9              | 1 607         | 56,7                     | 42,1              | 1 659         | 56,2                     | 69,4              |
| 1 556         | 56,3                     | 35,8              | 1 608         | 56,4                     | 41,9              | 1 660         | 56,2                     | 69,5              |
| 1 557         | 56,6                     | 36,6              | 1 609         | 56,7                     | 42,9              | 1 661         | 56,2                     | 70,0              |
| 1 558         | 56,2                     | 37,6              | 1 610         | 56,7                     | 41,8              | 1 662         | 56,4                     | 69,7              |
| 1 559         | 56,6                     | 38,2              | 1 611         | 56,7                     | 41,9              | 1 663         | 56,2                     | 70,2              |
| 1 560         | 56,2                     | 37,9              | 1 612         | 56,8                     | 42,0              | 1 664         | 56,4                     | 70,5              |
| 1 561         | 56,6                     | 37,5              | 1 613         | 56,7                     | 41,5              | 1 665         | 56,1                     | 70,5              |
| 1 562         | 56,4                     | 36,7              | 1 614         | 56,6                     | 41,9              | 1 666         | 56,5                     | 69,7              |
| 1 563         | 56,5                     | 34,8              | 1 615         | 56,8                     | 41,6              | 1 667         | 56,2                     | 69,3              |
| 1 564         | 56,5                     | 35,8              | 1 616         | 56,6                     | 41,6              | 1 668         | 56,5                     | 70,9              |
| 1 565         | 56,5                     | 36,2              | 1 617         | 56,9                     | 42,0              | 1 669         | 56,4                     | 70,8              |
| 1 566         | 56,5                     | 36,7              | 1 618         | 56,7                     | 40,7              | 1 670         | 56,3                     | 71,1              |
| 1 567         | 56,7                     | 37,8              | 1 619         | 56,7                     | 39,3              | 1 671         | 56,4                     | 71,0              |
| 1 568         | 56,7                     | 37,8              | 1 620         | 56,5                     | 41,4              | 1 672         | 56,7                     | 68,6              |
| 1 569         | 56,6                     | 36,6              | 1 621         | 56,4                     | 44,9              | 1 673         | 56,8                     | 68,6              |
| 1 570         | 56,8                     | 36,1              | 1 622         | 56,8                     | 45,2              | 1 674         | 56,6                     | 68,0              |
| 1 571         | 56,5                     | 36,8              | 1 623         | 56,6                     | 43,6              | 1 675         | 56,8                     | 65,1              |
| 1 572         | 56,9                     | 35,9              | 1 624         | 56,8                     | 42,2              | 1 676         | 56,9                     | 60,9              |
| 1 573         | 56,7                     | 35,0              | 1 625         | 56,5                     | 42,3              | 1 677         | 57,1                     | 57,4              |
| 1 574         | 56,5                     | 36,0              | 1 626         | 56,5                     | 44,4              | 1 678         | 57,1                     | 54,3              |
| 1 575         | 56,4                     | 36,5              | 1 627         | 56,9                     | 45,1              | 1 679         | 57,0                     | 48,6              |
| 1 576         | 56,5                     | 38,0              | 1 628         | 56,4                     | 45,0              | 1 680         | 57,4                     | 44,1              |
| 1 577         | 56,5                     | 39,9              | 1 629         | 56,7                     | 46,3              | 1 681         | 57,4                     | 40,2              |
| 1 578         | 56,4                     | 42,1              | 1 630         | 56,7                     | 45,5              | 1 682         | 57,6                     | 36,9              |
| 1 579         | 56,5                     | 47,0              | 1 631         | 56,8                     | 45,0              | 1 683         | 57,5                     | 34,2              |
| 1 580         | 56,4                     | 48,0              | 1 632         | 56,7                     | 44,9              | 1 684         | 57,4                     | 31,1              |
| 1 581         | 56,1                     | 49,1              | 1 633         | 56,6                     | 45,2              | 1 685         | 57,5                     | 25,9              |
| 1 582         | 56,4                     | 48,9              | 1 634         | 56,8                     | 46,0              | 1 686         | 57,5                     | 20,7              |
| 1 583         | 56,4                     | 48,2              | 1 635         | 56,5                     | 46,6              | 1 687         | 57,6                     | 16,4              |
| 1 584         | 56,5                     | 48,3              | 1 636         | 56,6                     | 48,3              | 1 688         | 57,6                     | 12,4              |
| 1 585         | 56,5                     | 47,9              | 1 637         | 56,4                     | 48,6              | 1 689         | 57,6                     | 8,9               |
| 1 586         | 56,6                     | 46,8              | 1 638         | 56,6                     | 50,3              | 1 690         | 57,5                     | 8,0               |
| 1 587         | 56,6                     | 46,2              | 1 639         | 56,3                     | 51,9              | 1 691         | 57,5                     | 5,8               |
| 1 588         | 56,5                     | 44,4              | 1 640         | 56,5                     | 54,1              | 1 692         | 57,3                     | 5,8               |
| 1 589         | 56,8                     | 42,9              | 1 641         | 56,3                     | 54,9              | 1 693         | 57,6                     | 5,5               |
| 1 590         | 56,5                     | 42,8              | 1 642         | 56,4                     | 55,0              | 1 694         | 57,3                     | 4,5               |
| 1 591         | 56,7                     | 43,2              | 1 643         | 56,4                     | 56,2              | 1 695         | 57,2                     | 3,2               |
| 1 592         | 56,5                     | 42,8              | 1 644         | 56,2                     | 58,6              | 1 696         | 57,2                     | 3,1               |
| 1 593         | 56,9                     | 42,2              | 1 645         | 56,2                     | 59,1              | 1 697         | 57,3                     | 4,9               |
| 1 594         | 56,5                     | 43,1              | 1 646         | 56,2                     | 62,5              | 1 698         | 57,3                     | 4,2               |
| 1 595         | 56,5                     | 42,9              | 1 647         | 56,4                     | 62,8              | 1 699         | 56,9                     | 5,5               |
| 1 596         | 56,7                     | 42,7              | 1 648         | 56,0                     | 64,7              | 1 700         | 57,1                     | 5,1               |
| 1 597         | 56,6                     | 41,5              | 1 649         | 56,4                     | 65,6              | 1 701         | 57,0                     | 5,2               |
| 1 598         | 56,9                     | 41,8              | 1 650         | 56,2                     | 67,7              | 1 702         | 56,9                     | 5,5               |
| 1 599         | 56,6                     | 41,9              | 1 651         | 55,9                     | 68,9              | 1 703         | 56,6                     | 5,4               |
| 1 600         | 56,7                     | 42,6              | 1 652         | 56,1                     | 68,9              | 1 704         | 57,1                     | 6,1               |



## Apéndice 2

## Combustible de referencia diésel

| Parámetro                                                | Unidad             | Límites <sup>(1)</sup> |        | Método de ensayo |
|----------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|--------|------------------|
|                                                          |                    | Mínimo                 | Máximo |                  |
| Índice de cetano                                         |                    | 52                     | 54     | ISO 5165         |
| Densidad a 15 °C                                         | kg/m <sup>3</sup>  | 833                    | 837    | ISO 3675         |
| Destilación:                                             |                    |                        |        |                  |
| — 50 % en volumen                                        | °C                 | 245                    |        | ISO 3405         |
| — 95 % en volumen                                        | °C                 | 345                    | 350    |                  |
| — punto de ebullición final                              | °C                 |                        | 370    |                  |
| Punto de inflamación                                     | °C                 | 55                     |        | ISO 2719         |
| Punto de obstrucción del filtro en frío                  | °C                 |                        | -5     | EN 116           |
| Viscosidad cinemática a 40 °C                            | mm <sup>2</sup> /s | 2,3                    | 3,3    | ISO 3104         |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos                    | por ciento m/m     | 2,0                    | 6,0    | EN 12916         |
| Residuo de carbono Conradson (10 % de residuo destilado) | por ciento m/m     |                        | 0,2    | ISO 10370        |
| Contenido de cenizas                                     | por ciento m/m     |                        | 0,01   | EN-ISO 6245      |
| Contenido de agua                                        | por ciento m/m     |                        | 0,02   | EN-ISO 12937     |
| Contenido de azufre                                      | mg/kg              |                        | 10     | EN-ISO 14596     |
| Corrosión del cobre a 50 °C                              |                    |                        | 1      | EN-ISO 2160      |
| Lubricidad (HFRR a 60 °C)                                | µm                 |                        | 400    | CEC F-06-A-96    |
| Número de neutralización                                 | mg KOH/g           |                        | 0,02   |                  |
| Estabilidad a la oxidación                               | mg/ml              |                        | 0,025  | EN-ISO 12205     |

(<sup>1</sup>) Los valores indicados en la especificación son «valores verdaderos». Para determinar sus valores límite, se ha recurrido a la norma ISO 4259 «Productos del petróleo — Determinación y aplicación de datos de precisión en relación a métodos de prueba». Para fijar 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 4R (R = reproducibilidad).

A pesar de esta medida, que es necesaria por razones estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea 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 ISO 4259.



Apéndice 3

**Equipo de medición**

A.3.1. Sistema analítico

A.3.1.1. Introducción

Este punto contiene los requisitos básicos y las descripciones generales de los sistemas de muestreo y análisis. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en las figuras 9 y 10. No obstante, es obligatorio el cumplimiento de los requisitos básicos como las dimensiones de la línea de muestreo, el calentamiento y el diseño. Podrán utilizarse elementos tales como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas, dispositivos relacionados con el caudal e interruptores para obtener información adicional y coordinar las funciones de los sistemas de los elementos. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

A.3.1.2. Descripción del sistema de análisis

El sistema de análisis para determinar las emisiones gaseosas en el gas de escape bruto (figura 9) o diluido (figura 10) se describe en función de la utilización de:

- un analizador HFID o FID para la medición de los hidrocarburos;
- analizadores NDIR para la medición del monóxido de carbono y el dióxido de carbono;
- un analizador HCLD o CLD para la medición de los óxidos de nitrógeno.

La muestra de todos los componentes podrá tomarse con una sonda de muestreo dividida internamente en función de los diferentes analizadores. Se podrán utilizar también dos sondas de muestreo situadas muy cerca la una de la otra. Habrá que asegurarse de que no se produce condensación de los componentes del gas de escape (incluidos el agua y el ácido sulfúrico) en ningún punto del sistema de análisis.

Figura 9

**Diagrama esquemático del sistema de flujo del gas de escape bruto para CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC**

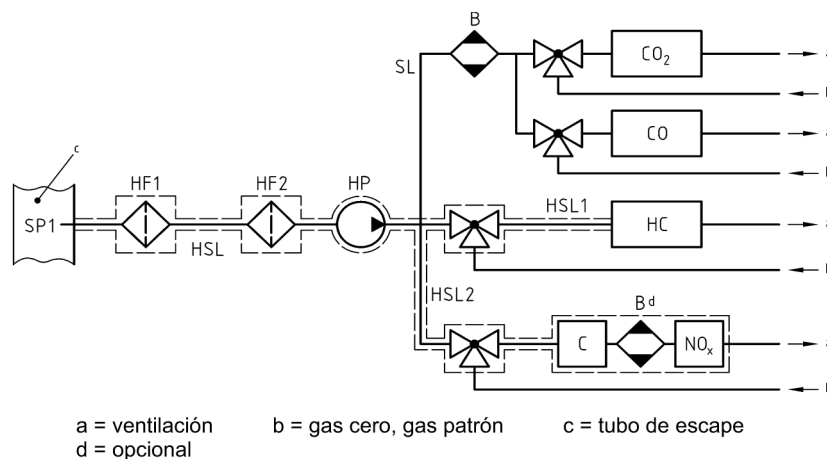
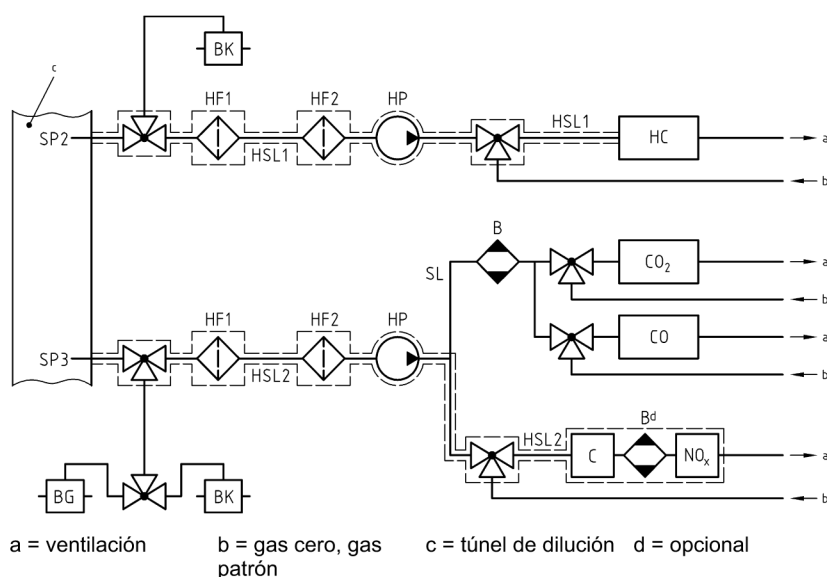


Figura 10

**Diagrama esquemático del sistema de flujo del gas de escape diluido para CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC****A.3.1.3. Elementos de las figuras 9 y 10**

EP: Tubo de escape

SP: Sonda de muestreo del gas de escape bruto (sólo la figura 9)

Se recomienda utilizar una sonda recta de acero inoxidable cerrada en su extremidad y con múltiples agujeros. El diámetro interior no será mayor que el diámetro interior 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 caudal. La sonda ocupará al menos un 80 % del diámetro del tubo de escape. Podrá utilizarse una o dos sondas de muestreo.

SP2: Sonda de muestreo del gas de escape diluido para HC (sólo la figura 10)

La sonda:

- a) se definirá como los primeros 254 a 762 mm del conducto de muestreo calentado (HSL1);
- b) tendrá un diámetro interior mínimo de 5 mm;
- c) se instalará en el túnel de dilución (DT) (véase la figura 15) en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente (es decir, aproximadamente a diez veces el diámetro del túnel después del punto en que el gas de escape penetra en el túnel de dilución);
- d) se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea afectada por ninguna estela o turbulencia;
- e) se calentará para aumentar la temperatura del flujo de gas hasta  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) en la salida de la sonda, o hasta  $385 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $112 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) para los motores de encendido por chispa;
- f) no se calentará en caso de medición con un FID (frío).

SP3: Sonda de muestreo del gas de escape diluido para CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (sólo la figura 10)

La sonda:

- a) estará en el mismo plano que la sonda SP 2;
- b) se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea afectada por ninguna estela o turbulencia;
- c) estará aislada en toda su longitud y calentada a una temperatura mínima de 328 K (55 °C) para evitar la condensación de agua.

HF1: Filtro previo calentado (opcional)

Deberá mantenerse a la misma temperatura que el conducto de muestreo calentado HSL1.

HF2: Filtro calentado

El filtro deberá extraer todas las partículas sólidas de la muestra de gas antes del analizador. Deberá mantenerse a la misma temperatura que el conducto de muestreo calentado HSL1 y sustituirse cuando sea necesario.

HSL1: Conducto de muestreo calentado

El conducto de muestreo permite transportar una muestra de gas desde una única sonda hasta el punto o los puntos de separación y el analizador de hidrocarburos.

El conducto de muestreo:

- a) tendrá un diámetro interior mínimo de 4 mm y máximo de 13,5 mm;
- b) deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.
- c) mantendrá una temperatura de pared de  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) medida en cada sección calentada y controlada por separado, si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es igual o inferior a  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- d) mantendrá una temperatura de pared superior a  $453 \text{ K}$  ( $180 \text{ °C}$ ), si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es superior a  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- e) mantendrá una temperatura del gas de  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) inmediatamente antes del filtro calentado HF2 y del detector HFID.

HSL2: Conducto de muestreo de  $\text{NO}_x$  calentado

El conducto de muestreo:

- a) se mantendrá a una temperatura de pared de  $328 \text{ K}$  a  $473 \text{ K}$  ( $55 \text{ °C}$  a  $200 \text{ °C}$ ) hasta el convertidor en caso de medición en base seca, y hasta el analizador en caso de medición en base húmeda;
- b) deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.

HP: Bomba de muestreo calentada

La bomba se calentará a la misma temperatura que el HSL.

SL: Conducto de muestreo para  $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$

El conducto deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá estar calentado o no.

HC: Analizador HFID

Detector de ionización de llama calentado (HFID) o detector de ionización de llama (FID) para determinar los hidrocarburos. La temperatura del HFID se mantendrá entre  $453 \text{ K}$  y  $473 \text{ K}$  ( $180 \text{ °C}$  a  $200 \text{ °C}$ ).

CO, CO<sub>2</sub>: Analizador NDIR

Analizador NDIR para determinar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono (opcional para determinar la relación de dilución para la medición de partículas).

NO<sub>x</sub>: Analizador CLD

Analizador CLD o HCLD para determinar los óxidos de nitrógeno. Si se utiliza un analizador HCLD, se mantendrá a una temperatura de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C).

B: Baño refrigerante (opcional para la medición de NO)

Para refrigerar y condensar el agua de la muestra de escape. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias de vapor de agua, tal como se indica en el punto 9.3.9.2.2. Si se elimina el agua por condensación, se controlará la temperatura o punto de condensación de la muestra de gas, ya sea en el interior del colector de agua o en otro lugar después de éste. La temperatura o el punto de condensación de la muestra de gas no deberán superar 280 K (7 °C). No se permite la utilización de secadores químicos para eliminar el agua de la muestra.

BK: Bolsa de fondo (opcional; figura 10 únicamente)

Para la medición de las concentraciones de fondo únicamente.

BG: Bolsa de muestreo (opcional; figura 10 únicamente)

Para la medición de las concentraciones de la muestra.

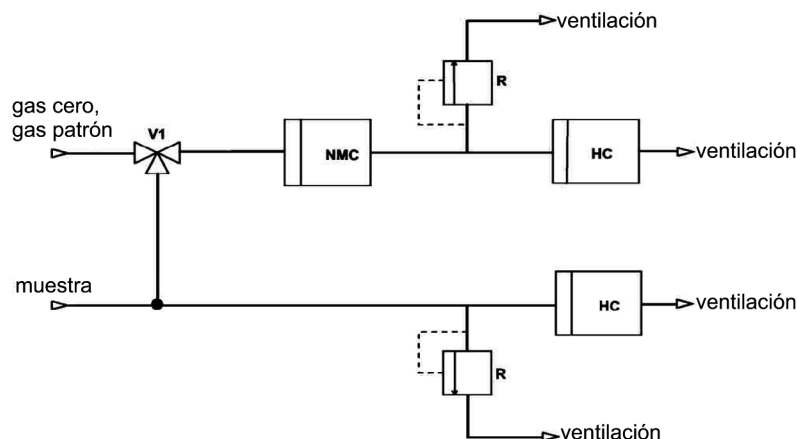
#### A.3.1.4. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

El separador oxida todos los hidrocarburos, excepto el CH<sub>4</sub>, en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, de manera que al hacer pasar la muestra por el NMC, el HFID detecta únicamente el CH<sub>4</sub>. Además del tren de muestreo de hidrocarburos habitual (véanse las figuras 9 y 10), se instalará un segundo tren de muestreo de hidrocarburos dotado de un separador, tal como se indica en la figura 11. Ello permitirá una medición simultánea del total de hidrocarburos y los hidrocarburos no metánicos.

Antes de utilizarlo en el ensayo, el separador se caracterizará a una temperatura mínima de 600 K (327 °C) respecto a su efecto catalítico sobre el CH<sub>4</sub> y el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, con valores de H<sub>2</sub>O representativos de las condiciones del flujo de escape. Deberán conocerse el punto de condensación y el nivel de O<sub>2</sub> del flujo de gas de escape muestreado. La respuesta relativa del FID al CH<sub>4</sub> y el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> se determinará de conformidad con lo dispuesto en el punto 9.3.8.

Figura 11

Diagrama esquemático del análisis del flujo de metano con el NMC



#### A.3.1.5. Elementos de la figura 11

NMC: Separador de hidrocarburos no metánicos

Para oxidar todos los hidrocarburos excepto el metano.

HC

Detector de ionización de llama calentado (HFID) o detector de ionización de llama (FID) para medir las concentraciones de HC y de CH<sub>4</sub>. La temperatura del HFID se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C a 200 °C).

V1: Válvula selectora

Para seleccionar el gas cero y el gas patrón.

R: Regulador de presión

Para controlar la presión en el conducto de muestreo y el caudal del detector HFID.

#### A.3.2. Sistema de dilución y muestreo de partículas

##### A.3.2.1. Introducción

Este punto contiene los requisitos básicos y las descripciones generales de los sistemas de dilución y muestreo de partículas. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en las figuras 12 y 17. No obstante, es obligatorio el cumplimiento de los requisitos básicos, como las dimensiones de la línea de muestreo, el calentamiento y el diseño. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

##### A.3.2.2. Descripción del sistema de flujo parcial

Se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte del flujo de gas de escape. La división del flujo de gas de escape y el posterior proceso de dilución pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la posterior recogida de las partículas, la totalidad o sólo una parte del gas de escape diluido se hará pasar por el sistema de muestreo de partículas. El primer método se denominará tipo de muestreo total y el segundo, tipo de muestreo fraccionado. El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado.

Con el sistema de muestreo total ilustrado en la figura 12, el gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. El flujo total que circula por el túnel se regula con el regulador de caudal FC2 y la bomba de muestreo P del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 16). El flujo de aire de dilución se controla mediante el regulador de caudal FC1, que puede utilizar  $q_{mew}$  o  $q_{maw}$  y  $q_{mf}$  como señales de mando, para conseguir la división deseada del gas de escape. El caudal de muestreo que entra en el túnel de dilución es la diferencia entre el caudal total y el caudal del aire de dilución. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1, y el caudal total, con el dispositivo de medición de caudal FM3 del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 16). La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.



## A.3.2.3. Elementos de las figuras 12 y 13

EP: Tubo de escape

El tubo de escape podrá estar aislado. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12. Se limitará al mínimo el número de codos a fin de reducir la deposición inercial. Si el sistema incluye un silenciador del banco de pruebas, también podrá aislarse el silenciador. Se recomienda utilizar un tubo recto de una longitud equivalente a seis veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y a tres veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad.

SP: Sonda de muestreo

Se utilizará uno de los tipos de sonda siguientes:

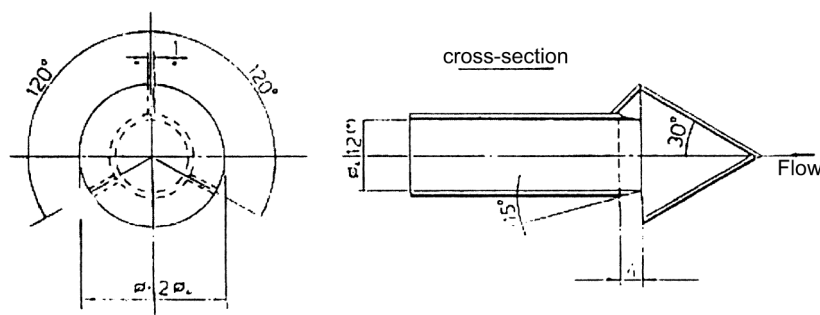
- tubo abierto orientado a contracorriente en la línea central del tubo de escape;
- tubo abierto orientado en dirección de la corriente en la línea central del tubo de escape;
- sonda con múltiples agujeros, tal como se describe en el punto A.3.1.3, bajo SP;
- sonda cubierta orientada a contracorriente en el eje central del tubo de escape tal como se ilustra en la figura 14.

El diámetro interior mínimo de la extremidad de la sonda será de 4 mm. La relación diametral mínima entre el tubo de escape y la sonda será de 4.

Si se utiliza una sonda de tipo a), podrá instalarse un preclasificador inercial (ciclón o impactor) con un punto de corte del 50 % entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  inmediatamente antes del portafiltros.

Figura 14

**Esquema de la sonda cubierta**



TT: Tubo de transferencia del gas de escape

El tubo de transferencia:

- será lo más corto posible y su longitud no será superior a 1 m;
- tendrá un diámetro igual o mayor que el de la sonda, pero no superior a 25 mm;
- tendrá su salida en el eje central del túnel de dilución en dirección de la corriente.

El tubo deberá aislarse con un material que posea una conductividad térmica máxima de 0,05 W/mK y un grosor radial del aislante equivalente al diámetro de la sonda, o bien se calentará.

FC1: Regulador de caudal

Podrá utilizarse un regulador de caudal para controlar el caudal del aire de dilución que pasa por el ventilador centrífugo PB o el aspirador SB. El regulador podrá conectarse a las señales del sensor del caudal de escape especificadas en el punto 9.3.1 e instalarse antes o después del ventilador respectivo. Si se utiliza un sistema de suministro de aire presurizado, el FC1 controlará directamente el caudal de aire.

FM1: Dispositivo de medición del caudal

Caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del aire de dilución. El FM1 es opcional si el ventilador centrífugo PB se calibra para medir el caudal.

DAF: Filtro de aire de dilución

El aire de dilución (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de gran eficiencia (HEPA), cuya capacidad de recogida inicial será como mínimo del 99,97 %. El aire de dilución deberá tener una temperatura superior a 288 K (15 °C) y podrá estar deshumidificado.

FM2: Dispositivo de medición del caudal (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

Caudalímetro de gas u otro instrumento utilizado para medir el caudal del gas de escape diluido. El FM2 es opcional si el aspirador SB se ha calibrado para medir el caudal.

PB: Ventilador centrífugo (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

Para controlar el caudal del aire de dilución, podrá conectarse un ventilador centrífugo a los reguladores de caudal FC1 o FC2. El ventilador centrífugo no es necesario si se utiliza una válvula de mariposa. Si está calibrado, el ventilador centrífugo puede utilizarse para medir el caudal del aire de dilución.

SB: Aspirador (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

Si está calibrado, el aspirador podrá utilizarse para medir el caudal de gas de escape diluido.

DT: Túnel de dilución

El túnel de dilución:

- a) tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen por completo en condiciones de flujo con turbulencias para un sistema de muestreo fraccionado; no es necesaria una mezcla completa para un sistema de muestreo total;
- b) será de acero inoxidable;
- c) deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm para el sistema de muestreo fraccionado;
- d) conviene que tenga un diámetro mínimo de 25 mm para el sistema de muestreo total;
- e) puede calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- f) podrá estar aislado.

PSP: Sonda de muestreo de partículas (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

La sonda de muestreo de partículas constituye la sección inicial del tubo de transferencia de partículas PTT (véase el punto A.3.2.5) y:

- a) se situará a contracorriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en el eje central del túnel de dilución DT a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- b) tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;



- c) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de 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;
- d) podrá estar aislada.

#### A.3.2.4. Descripción del sistema de flujo total

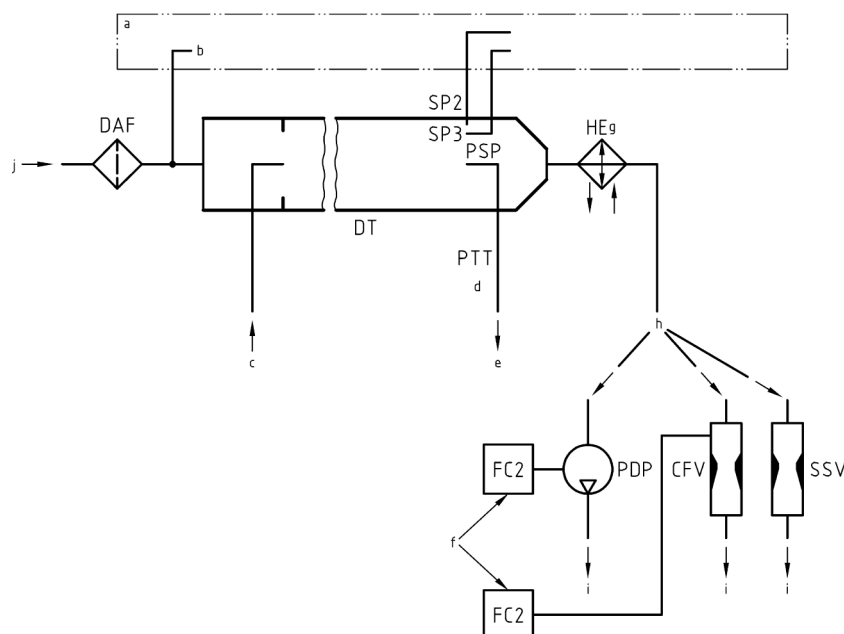
Un sistema de dilución se describe en función de la cantidad total de gas de escape bruto en el túnel de dilución DT aplicando el concepto de muestreo de volumen constante (CVS), tal como se muestra en la figura 15.

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). Para el muestreo proporcional de partículas y la determinación del caudal podrá utilizarse un intercambiador de calor (HE) o un compensador electrónico de caudal (EFC). Dado que la determinación de la masa de partículas se basa en el caudal total de gas de escape diluido, no es necesario calcular la relación de dilución.

Para la posterior recogida de partículas, se transfiere una muestra del gas de escape diluido al sistema de muestreo de partículas de doble dilución (figura 17). Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de muestreo de partículas, dado que comparte la mayoría de los elementos de un sistema de muestreo de partículas típico.

Figura 15

#### Esquema del sistema de dilución de flujo total



a = sistema analizador b = aire de fondo c = gas de escape d = véanse los detalles en la figura 17 e = hacia el sistema de doble dilución f = si se utiliza un compensador electrónico de caudal i = ventilación g = opcional h = o bien

#### A.3.2.5. Elementos de la figura 15

EP: Tubo de escape

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no deberá ser superior a 10 m. Si la longitud del sistema es superior a 4 m, deberá aislarse toda la longitud del tubo que exceda de 4 m, salvo el medidor de humo en línea,

si se utiliza. El grosor radial del aislante deberá ser de 25 mm como mínimo y la conductividad térmica del material aislante deberá tener un valor máximo de 0,1 W/mK medido a 673 K. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12.

PDP: Bomba de desplazamiento positivo

La bomba de desplazamiento positivo mide el caudal total del gas de escape diluido a partir del número de revoluciones y del desplazamiento de la bomba. La bomba o el sistema de admisión de aire de dilución no deberán reducir artificialmente la contrapresión del sistema de escape. La contrapresión estática del escape medida con el sistema de la bomba de desplazamiento positivo en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 1,5$  kPa respecto al valor de la presión estática medido sin conexión con la PDP a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes de la PDP deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 6$  K respecto a la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo cuando no se utilice compensación de caudal (EFC). La compensación de caudal sólo podrá utilizarse si la temperatura en la entrada de la PDP no supera 323 K (50 °C).

CFV: Venturi de caudal crítico

El venturi de caudal crítico mide el caudal total del gas de escape diluido con el flujo estrangulado (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el sistema de la bomba de desplazamiento positivo en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 1,5$  kPa respecto al valor de la presión estática medido sin conexión con el CFV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del CFV deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 11$  K respecto a la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo cuando no se utilice compensación de flujo (EFC).

SSV: Venturi subsónico

El venturi subsónico mide el caudal total del gas de escape diluido mediante la función de caudal de gas de un venturi subsónico en función de la presión y la temperatura de entrada y la caída de presión entre la entrada y el cuello del venturi. La contrapresión estática del escape medida con el sistema de la bomba de desplazamiento positivo en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 1,5$  kPa respecto al valor de la presión estática medido sin conexión con el SSV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del SSV deberá encontrarse dentro de un margen  $\pm 11$  K respecto a la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo cuando no se utilice compensación de flujo (EFC).

HE: Intercambiador de calor (opcional)

El intercambiador de calor deberá tener una capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites indicados anteriormente. Si se aplica la compensación de flujo electrónica no es necesario un intercambiador de calor.

EFC: Compensación de flujo electrónica (opcional)

Si la temperatura en la entrada de la PDP, del CFV o del SSV no se mantiene dentro de los límites indicados anteriormente, deberá utilizarse un compensador de caudal para medir continuamente el caudal y controlar el muestreo proporcional en el sistema de doble dilución. A tal fin, las señales del caudal medidas de manera continua se utilizarán para mantener la proporcionalidad del caudal de muestreo de los filtros de partículas del sistema de doble dilución (véase la figura 17) dentro de un margen de  $\pm 2,5$  %.

DT: Túnel de dilución

El túnel de dilución:

- a) tendrá un diámetro suficientemente pequeño para provocar un flujo turbulento (el número de Reynolds será superior a 4 000) y tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen completamente;
- b) tendrá un diámetro mínimo de 75 mm;
- c) podrá estar aislado.

El gas de escape del motor se llevará al punto de introducción en el túnel de dilución y se mezclará adecuadamente. Podrá utilizarse un orificio de mezcla.

Para el sistema de doble dilución, se transferirá una muestra del túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se seguirá diluyendo, y se pasará a continuación por los filtros de muestreo (punto 17). El caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el flujo de gas de escape diluido en el túnel de dilución a una temperatura máxima de 464 K (191 °C) en la zona de muestreo. El sistema de dilución secundario deberá suministrar suficiente aire de dilución secundario para mantener el flujo de gas de escape doblemente diluido a una temperatura comprendida entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) inmediatamente antes del filtro de partículas.

DAF: Filtro de aire de dilución

El aire de dilución (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de gran eficiencia (HEPA), cuya capacidad de recogida inicial sea como mínimo del 99,97 %. El aire de dilución deberá tener una temperatura superior a 288 K (15 °C) y podrá estar deshumidificado.

PSP: Sonda de muestreo de partículas

La sonda es la sección inicial del tubo de transferencia de partículas y:

- a) se instalará a contracorriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en el eje central del túnel de dilución DT a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- b) tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;
- c) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de 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;
- d) podrá estar aislada.

#### A.3.2.6. Descripción del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas es necesario para recoger las partículas en el filtro de partículas, tal como se muestra en las figuras 16 y 17. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial con muestreo total, que consiste en hacer pasar por los filtros la totalidad de la muestra de gas de escape diluido, los sistemas de dilución y muestreo suelen formar una unidad integral (véase la figura 12). En el caso del sistema de dilución de flujo parcial o flujo total con muestreo fraccionado, que consiste en hacer pasar por los filtros sólo una porción del gas de escape diluido, los sistemas de dilución y de muestreo suelen constituir unidades diferentes.

Para un sistema de dilución de flujo parcial, se toma una muestra de gas de escape diluido en el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT mediante la bomba de muestreo P, tal como se indica en la figura 16. La muestra se hace pasar por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal de muestreo se controlará con el regulador de caudal FC3.

Para un sistema de dilución de flujo total, se utilizará un sistema de muestreo de partículas de doble dilución, tal como se indica en la figura 17. A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, se transfiere una muestra del gas de escape diluido 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, la muestra se hace pasar por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal del aire de dilución suele ser constante, mientras que el caudal de muestreo se regula con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 15), el flujo total de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

Figura 16

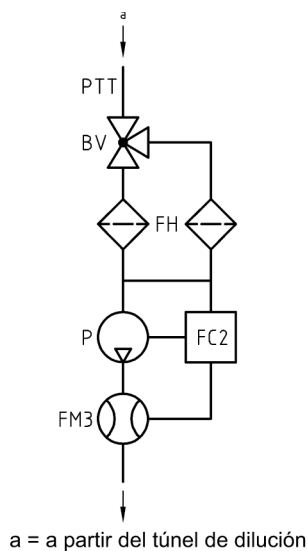
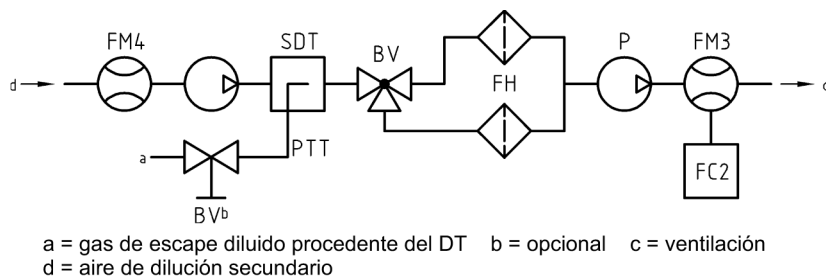
**Esquema del sistema de muestreo de partículas**

Figura 17

**Esquema del sistema de muestreo de partículas de doble dilución****A.3.2.7. Elementos de las figuras 16 (sistema de flujo parcial solo) y 17 (sistema de flujo total solo)**

PTT: Tubo de transferencia de partículas

El tubo de transferencia de partículas, cuya longitud no excederá de 1 020 mm, será lo más corto posible.

Las dimensiones son válidas para:

- a) el sistema de muestreo fraccionado de dilución de flujo parcial desde la extremidad de la sonda al portafiltros;
- b) el sistema de muestreo total de dilución de flujo parcial desde el final del túnel de dilución hasta el portafiltros;
- c) el sistema de doble dilución de flujo total desde la extremidad de la sonda hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

- a) podrá calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- b) podrá estar aislado.

SDT: Túnel de dilución secundario (figura 17 únicamente)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm y una longitud suficiente para que el tiempo de estancia de la muestra doblemente diluida sea de al menos 0,25 segundos. El portafiltros FH estará situado a una distancia máxima de 300 mm de la salida del túnel de dilución secundario.

El túnel de dilución secundario:

- a) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calentamiento directo o precalentamiento del aire de dilución, a condición de 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;
- b) podrá estar aislado.

FH: Portafiltros

El portafiltros:

- a) podrá calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- b) podrá estar aislado.

Podrá instalarse un preclasificador inercial con un punto de corte del 50 % entre 2,5 µm y 10 µm inmediatamente antes del portafiltros, si se utiliza una sonda de muestreo consistente en un tubo abierto orientado a contracorriente.

P: Bomba de muestreo

FC2: Regulador de caudal

Se utilizará un regulador de caudal para controlar el caudal de muestreo de partículas.

FM3: Dispositivo de medición del caudal

Caudalímetro de gas o instrumental para determinar el caudal de muestreo de partículas que pasa por el filtro de partículas. Podrá instalarse antes o después de la bomba de muestreo P.

FM4: Dispositivo de medición del caudal

Caudalímetro de gas o instrumental para determinar el caudal de aire de dilución secundario que pasa por el filtro de partículas.

BV: Válvula de bola (opcional)

La válvula de bola deberá tener un diámetro interior no inferior al diámetro interior del tubo de transferencia de partículas PTT y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 segundos.

---

## Apéndice 4

**Determinación de la equivalencia de sistema**

La determinación de la equivalencia de sistema con arreglo al punto 5.1.1 se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o más) del sistema candidato y uno de los sistemas de referencia aceptados del presente anexo utilizando los ciclos de ensayo adecuados. Los criterios de equivalencia que se aplicarán serán el ensayo  $F$  y el ensayo  $t$  de Student bilateral.

Este método estadístico examina la hipótesis de que la desviación típica de la muestra y el valor medio de la muestra de una emisión medida con el sistema candidato no difieran de la desviación típica de la muestra y el valor medio de la muestra de dicha emisión medida con el sistema de referencia. La hipótesis se someterá a ensayo basándose en un nivel de significancia del 10 % de los valores  $F$  y  $t$ . En el cuadro de abajo se ofrecen los valores críticos  $F$  y  $t$  para 7 a 10 pares de muestras. Si los valores  $F$  y  $t$ , calculados conforme a la fórmula que figura más abajo, son mayores que los valores críticos  $F$  y  $t$ , el sistema candidato no es equivalente.

Se empleará el procedimiento siguiente (los subíndices  $R$  y  $C$  se refieren, respectivamente, al sistema de referencia y al sistema candidato):

- a) Realizar un mínimo de 7 ensayos con el sistema candidato y el sistema de referencia funcionando en paralelo. El número de ensayos se indicará como  $n_R$  y  $n_C$ .
- b) Calcular las medias  $\bar{x}_R$  y  $\bar{x}_C$  y las desviaciones típicas  $s_R$  y  $s_C$ .
- c) Calcular el valor  $F$  de la manera siguiente:

$$F = \frac{S_{\text{mayor}}^2}{S_{\text{menor}}^2} \quad (82)$$

(la mayor de las dos desviaciones típicas,  $s_R$  o  $s_C$ , deberá estar en el numerador).

- d) Calcular el valor de  $t$  de la manera siguiente:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times S_C^2 + (n_R - 1) \times S_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}} \quad (83)$$

- e) Comparar los valores calculados  $F$  y  $t$  con los valores críticos  $F$  y  $t$  correspondientes al número respectivo de ensayos indicados en el cuadro 8. Si se seleccionan muestra mayores, consúltense las tablas estadísticas correspondientes a una significancia del 10 % (confianza del 90 %).

- f) Determinar los grados de libertad ( $df$ ) de la manera siguiente:

$$\text{para el ensayo } F: \quad df = n_R - 1 / n_C - 1 \quad (84)$$

$$\text{para el ensayo } t: \quad df = n_C + n_R - 2 \quad (85)$$

- g) Determinar la equivalencia del modo siguiente:

i) si  $F < F_{\text{crít}}$  y  $t < t_{\text{crít}}$ , el sistema candidato es equivalente al sistema de referencia del presente anexo;

ii) si  $F \geq F_{\text{crít}}$  o  $t \geq t_{\text{crít}}$ , el sistema candidato es distinto del sistema de referencia del presente anexo.

Cuadro 8

**Valores  $F$  y  $t$  correspondientes a los tamaños de la muestra seleccionada**

| Tamaño de la muestra | Ensayo $F$ |                   | Ensayo $t$ |                   |
|----------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|
|                      | $Df$       | $F_{\text{crít}}$ | $df$       | $t_{\text{crít}}$ |
| 7                    | 6/6        | 3,055             | 12         | 1,782             |
| 8                    | 7/7        | 2,785             | 14         | 1,761             |
| 9                    | 8/8        | 2,589             | 16         | 1,746             |
| 10                   | 9/9        | 2,440             | 18         | 1,734             |

Apéndice 5

**Verificación del caudal de carbono**

A.5.1. Introducción

Todo el carbono presente en el gas de escape, salvo una parte mínima, procede del combustible, y casi todo está en forma de CO<sub>2</sub>. Por ello, el control de la verificación del sistema se basa en las mediciones de CO<sub>2</sub>.

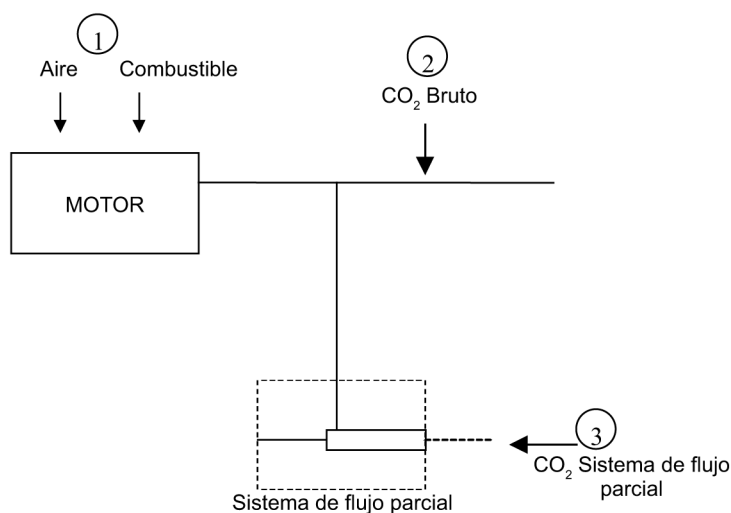
El caudal de carbono que entra en los sistemas de medición del gas de escape se determina a partir del caudal de combustible. El caudal de carbono en distintos puntos de muestreo de los sistemas de muestreo de emisiones y de partículas se determina a partir de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y de los caudales de gas en dichos puntos.

En este sentido, el motor genera un caudal de carbono conocido, y la constatación de que el caudal de carbono es idéntico en el tubo de escape y en la salida del sistema de muestreo de partículas de flujo parcial permite confirmar la ausencia de fugas y la exactitud de la medición del caudal. Esta verificación tiene la ventaja de que los componentes actúan en condiciones de ensayo del motor reales por lo que respecta a la temperatura y al caudal.

La figura 18 muestra los puntos de muestreo en los que deberán comprobarse los caudales de carbono. Más abajo aparecen las ecuaciones específicas para los caudales de carbono en cada uno de los puntos de muestreo.

Figura 18

**Puntos de medición para verificar el caudal de carbono**



A.5.2. Caudal de carbono que entra en el motor (posición 1)

El caudal másico de carbono que entra en el motor en el caso de un combustible CH<sub>a</sub>O<sub>ε</sub> se calcula de la manera siguiente:

$$q_{mCf} = \frac{12,011}{12,011 + a + 15,9994 \times \epsilon} \times q_{mf} \quad (86)$$

donde:

$q_{mf}$  es el caudal másico del combustible, en kg/s



## A.5.3. Caudal de carbono en el gas de escape bruto (posición 2)

El caudal másico de carbono en el tubo de escape del motor se determinará a partir de la concentración de CO<sub>2</sub> bruto y del caudal másico del gas de escape:

$$q_{mC_e} = \left( \frac{C_{CO_2,r} - C_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_e} \quad (87)$$

donde:

$c_{CO_2,r}$  es la concentración de CO<sub>2</sub> en base húmeda en el gas de escape bruto, en %  
 $c_{CO_2,a}$  es la concentración de CO<sub>2</sub> en base húmeda en el aire ambiente, en %  
 $q_{mew}$  es el caudal másico de gas de escape en base húmeda, en kg/s  
 $M_e$  es la masa molar del gas de escape, en g/mol

Si el CO<sub>2</sub> se mide en base seca, el valor obtenido deberá calcularse en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.1.

## A.5.4. Caudal de carbono en el sistema de dilución (posición 3)

Para el sistema de dilución de flujo parcial, debe tomarse también en consideración la relación de división. El caudal de carbono se determinará a partir de la concentración de CO<sub>2</sub> diluido, el caudal másico de gas de escape y el caudal de muestreo:

$$q_{mC_p} = \left( \frac{C_{CO_2,d} - C_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}} \quad (88)$$

donde:

$c_{CO_2,d}$  es la concentración de CO<sub>2</sub> en base húmeda en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución, en %  
 $c_{CO_2,a}$  es la concentración de CO<sub>2</sub> en base húmeda en el aire ambiente, en %  
 $q_{mew}$  es el caudal másico de gas de escape en base húmeda, en kg/s  
 $q_{mp}$  es el caudal de muestreo del gas de escape dentro del sistema de dilución de flujo parcial, en kg/s  
 $M_e$  es la masa molar del gas de escape, en g/mol

Si el CO<sub>2</sub> se mide en base seca, el valor obtenido deberá calcularse en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.1.

## A.5.5. Cálculo de la masa molar del gas de escape

La masa molar del gas de escape se calculará con la ecuación 28 (véase el punto 8.3.2.5)

Como alternativa, pueden utilizarse las siguientes masas molares del gas de escape:

$M_e$  (diésel) = 28,9 g/mol  
 $M_e$  (GLP) = 28,6 g/mol  
 $M_e$  (GN) = 28,3 g/mol

---

## Apéndice 6

## Ejemplo de procedimiento de cálculo

## A.6.1. Datos básicos para cálculos estequiométricos

|                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| Masa atómica del hidrógeno          | 1,00794 g/atom |
| Masa atómica del carbono            | 12,011 g/atom  |
| Masa atómica del azufre             | 32,065 g/atom  |
| Masa atómica del nitrógeno          | 14,0067 g/atom |
| Masa atómica del oxígeno            | 15,9994 g/atom |
| Masa atómica del argón              | 39,9 g/atom    |
| Masa molar del agua                 | 18,01534 g/mol |
| Masa molar del dióxido de carbono   | 44,01 g/mol    |
| Masa molar del monóxido de carbono  | 28,011 g/mol   |
| Masa molar del oxígeno              | 31,9988 g/mol  |
| Masa molar del nitrógeno            | 28,011 g/mol   |
| Masa molar del óxido nítrico        | 30,008 g/mol   |
| Masa molar del dióxido de nitrógeno | 46,01 g/mol    |
| Masa molar del dióxido de azufre    | 64,066 g/mol   |
| Masa molecular del aire seco        | 28,965 g/mol   |

Teniendo en cuenta los efectos de la compresibilidad, todos los gases implicados en el proceso de admisión/combustión/escape pueden considerarse ideales y, por lo tanto, cualquier cálculo volumétrico estará basado en un volumen molar de 22,414 l/mol, de acuerdo con la hipótesis de Avogrado.

## A.6.2. Emisiones gaseosas (diésel)

Los datos de medición de un punto individual del ciclo de ensayo (frecuencia de muestreo de datos de 1 Hz) para el cálculo de las emisiones máscas instantáneas se indican a continuación. En el presente ejemplo, el CO y los NO<sub>x</sub> se miden en base seca y los HC, en base húmeda. La concentración de HC se indica en equivalente de propano (C3) y debe multiplicarse por 3 para obtener el equivalente de C1. El procedimiento de cálculo es idéntico para los demás puntos del ciclo.

Para ilustrarlo mejor, el ejemplo de cálculo muestra los resultados intermedios redondeados de las diferentes etapas. Cabe señalar que para el cálculo real no se permite el redondeo de los resultados intermedios (véase el punto 8).

| $T_{a,i}$<br>(K) | $H_{a,i}$<br>(g/kg) | $W_{act}$<br>kWh | $q_{mew,i}$<br>(kg/s) | $q_{maw,i}$<br>(kg/s) | $q_{mf,i}$<br>(kg/s) | $c_{HC,i}$<br>(ppm) | $c_{CO,i}$<br>(ppm) | $c_{NOx,i}$<br>(ppm) |
|------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 295              | 8,0                 | 40               | 0,155                 | 0,150                 | 0,005                | 10                  | 40                  | 500                  |

Se considerará la composición de combustible siguiente:

| Componente | Relación molar         | Porcentaje de masa |
|------------|------------------------|--------------------|
| H          | $\alpha = 1,8529$      | $w_{ALF} = 13,45$  |
| C          | $\beta = 1,0000$       | $w_{BET} = 86,50$  |
| S          | $\gamma = 0,0002$      | $w_{GAM} = 0,050$  |
| N          | $\delta = 0,0000$      | $w_{DEL} = 0,000$  |
| O          | $\varepsilon = 0,0000$ | $w_{EPS} = 0,000$  |

Paso 1: Corrección seco/húmedo (punto 8.1):

$$\text{Ecuación (11): } k_f = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$$

Ecuación (8):

$$k_{w,a} = \left( 1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1,000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$

Ecuación (7):

$$\begin{aligned} c_{CO,i} \text{ (wet)} &= 40 \times 0,9331 &= 37,3 \text{ ppm} \\ c_{NO_x,i} \text{ (wet)} &= 500 \times 0,9331 &= 466,6 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Paso 2: Corrección de NO<sub>x</sub> en función de la humedad y la temperatura (punto 8.2.1):

Ecuación (18):

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1\,000} + 0,832 = 0,9576$$

Paso 3: Cálculo de las emisiones instantáneas de cada punto del ciclo (punto 8.3.2.4):

Ecuación (25):

$$\begin{aligned} m_{HC,i} &= 10 \times 3 \times 0,155 &= 4,650 \\ m_{CO,i} &= 37,3 \times 0,155 &= 5,782 \\ m_{NO_x,i} &= 466,6 \times 0,9576 \times 0,155 &= 69,26 \end{aligned}$$

Paso 4: Cálculo de la emisión másica durante el ciclo mediante integración de los valores de emisión másica instantánea y de los valores *u* del cuadro 4 (punto 8.3.2.4):

Se considera el cálculo siguiente para el ciclo WHTC (1 800 s) y la misma emisión en cada punto del ciclo.

Ecuación (25):

$$\begin{aligned} m_{HC} &= 0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650 &= 4,01 \text{ g/ensayo} \\ m_{CO} &= 0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782 &= 10,05 \text{ g/ensayo} \\ m_{NO_x} &= 0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26 &= 197,72 \text{ g/ensayo} \end{aligned}$$

Paso 5: Cálculo de las emisiones específicas (punto 8.5.2.1):

Ecuación (56):

$$\begin{aligned} e_{HC} &= 4,01/40 &= 0,10 \text{ g/kWh} \\ e_{CO} &= 10,05/40 &= 0,25 \text{ g/kWh} \\ e_{NO_x} &= 197,72/40 &= 4,94 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

#### A.6.2 Emisiones de partículas (diésel)

| P <sub>b</sub><br>kPa | W <sub>act</sub><br>kWh | q <sub>mew, i</sub><br>(kg/s) | q <sub>mfi, i</sub><br>(kg/s) | q <sub>mdw, i</sub><br>(kg/s) | q <sub>mdew, i</sub><br>(kg/s) | m <sub>uncor</sub><br>(mg) | m <sub>sep</sub><br>(kg) |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 99                    | 40                      | 0,155                         | 0,005                         | 0,0015                        | 0,0020                         | 1,7000                     | 1,515                    |

Paso 1: Cálculo de m<sub>edf</sub> (punto 8.3.3.5.2):

Ecuación (37):

$$r_{d,i} = \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)} = 4$$

Ecuación (36):

$$q_{medf, i} = 0,155 \times 4 = 0,620 \text{ kg/s}$$

Ecuación (35):

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{1800} 0,620 = 1,116 \text{ kg/ensayo}$$

Paso 2: Corrección de flotabilidad de la masa de partículas (punto 9.4.3.5):

Ecuación (72):

$$\rho_a = \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295} = 1,164 \text{ kg/m}^3$$

Ecuación (71):

$$m_f = 1,7000 \times \frac{(1 - 1,164/8\,000)}{(1 - 1,164/2\,300)} = 1,7006 \text{ mg}$$

Paso 3: Cálculo de la emisión másica de partículas (punto 8.3.3.5.2):

$$\text{Ecuación (34): } m_{\text{PM}} = \frac{1,7006}{1,515} \times \frac{1,116}{1,000} = 1,253 \text{ g/ensayo}$$

Paso 4: Cálculo de la emisión específica (punto 8.5.2.1):

$$\text{Ecuación (56): } e_{\text{PM}} = 1,253/40 = 0,031 \text{ g/kWh}$$

---

## ANEXO 5

**Características técnicas del combustible de referencia prescritas para los ensayos de homologación y para la verificación de la conformidad de la producción**

**1.1. Diésel de referencia para la realización de ensayos en motores con respecto a los límites de emisión que figuran en la fila a del cuadro del punto 5.2.1 del presente reglamento <sup>(a)</sup>**

| Parámetro                                                                              | Unidad             | Límites <sup>(b)</sup> |        | Método de ensayo      | Publicación           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|--------|-----------------------|-----------------------|
|                                                                                        |                    | Mínimo                 | Máximo |                       |                       |
| Índice de cetano <sup>(c)</sup>                                                        |                    | 52                     | 54     | EN-ISO 5165           | 1998 <sup>(d)</sup>   |
| Densidad a 15 °C                                                                       | kg/m <sup>3</sup>  | 833                    | 837    | EN-ISO 3675           | 1995                  |
| Destilación:                                                                           |                    |                        |        |                       |                       |
| — punto 50 %                                                                           | °C                 | 245                    | —      | EN-ISO 3405           | 1998                  |
| — punto 95 %                                                                           | °C                 | 345                    | 350    | EN-ISO 3405           | 1998                  |
| — punto de ebullición final                                                            | °C                 | —                      | 370    | EN-ISO 3405           | 1998                  |
| Punto de inflamación                                                                   | °C                 | 55                     | —      | EN 27719              | 1993                  |
| Punto de obstrucción del filtro en frío                                                | °C                 | —                      | - 5    | EN 116                | 1981                  |
| Viscosidad a 40 °C                                                                     | mm <sup>2</sup> /s | 2,5                    | 3,5    | EN-ISO 3104           | 1996                  |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos                                                  | % m/m              | 3,0                    | 6,0    | IP 391 <sup>(*)</sup> | 1995                  |
| Contenido de azufre <sup>(e)</sup>                                                     | mg/kg              | —                      | 300    | pr. EN-ISO/DIS 14596  | 1998 <sup>(d)</sup>   |
| Corrosión del cobre                                                                    |                    | —                      | 1      | EN-ISO 2160           | 1995                  |
| Residuo de carbono Conradson (10 % de residuo destilado)                               | % m/m              | —                      | 0,2    | EN-ISO 10370          |                       |
| Contenido de cenizas                                                                   | % m/m              | —                      | 0,01   | EN-ISO 6245           | 1995                  |
| Contenido de agua                                                                      | % m/m              | —                      | 0,05   | EN-ISO 12937          | 1995                  |
| Número de neutralización (ácido fuerte)                                                | mg KOH/g           | —                      | 0,02   | ASTM D 974-95         | 1998 <sup>(d)</sup>   |
| Estabilidad a la oxidación <sup>(f)</sup>                                              | mg/ml              | —                      | 0,025  | EN-ISO 12205          | 1996                  |
| * Se está desarrollando un nuevo método más adecuado para los aromáticos policíclicos. | % m/m              | —                      | —      | EN 12916              | [1997] <sup>(d)</sup> |

<sup>(a)</sup> Si es preciso calcular la eficiencia térmica de un motor o de un vehículo, el poder calorífico del combustible puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

Energía específica (poder calorífico)(neta) en MJ/kg = (46,423 - 8,792d<sup>2</sup> + 3,170d)[1 - (x + y + s)] + 9,420s - 2,499x

donde:

d = densidad a 15 °C

x = proporción por masa de agua (porcentaje dividido por 100)

y = proporción por masa de ceniza (porcentaje dividido por 100)

s = proporción por masa de azufre (porcentaje dividido por 100)

<sup>(b)</sup> Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Para determinar sus valores límite, se han aplicado las disposiciones de la norma ISO 4259 «Productos del petróleo — Determinación y aplicación de datos de precisión en relación con métodos de prueba». Para fijar 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 estadísticas, el fabricante de un 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.

<sup>(c)</sup> El intervalo para el índice de cetano no cumple el requisito de un intervalo mínimo de 4R. No obstante, en caso de desacuerdo entre el proveedor y el usuario del combustible, podrán aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259 para resolver dicho desacuerdo siempre que se dé preferencia a las repeticiones de mediciones en número suficiente, sobre las determinaciones únicas, para conseguir la precisión necesaria.

<sup>(d)</sup> El mes de la publicación se completará a su debido tiempo.

<sup>(e)</sup> Se comunicará el contenido real de azufre del combustible utilizado.

<sup>(f)</sup> Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Es recomendable consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

1.2. **Diésel de referencia para la realización de ensayos en motores con respecto a los límites de emisión que figuran en las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente reglamento**

| Parámetro                                                  | Unidad             | Límites (°) |         | Método de ensayo |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|---------|------------------|
|                                                            |                    | Mínimo      | Máximo  |                  |
| Índice de cetano <sup>(b)</sup>                            |                    | 52,0        | 54,0    | EN-ISO 5165      |
| Densidad a 15 °C                                           | kg/m <sup>3</sup>  | 833         | 837     | EN-ISO 3675      |
| Destilación:                                               |                    |             |         |                  |
| — punto 50 %                                               | °C                 | 245         | —       | EN-ISO 3405      |
| — punto 95 %                                               | °C                 | 345         | 350     | EN-ISO 3405      |
| — punto de ebullición final                                | °C                 | —           | 370     | EN-ISO 3405      |
| Punto de inflamación                                       | °C                 | 55          | —       | EN 22719         |
| Punto de obstrucción del filtro en frío                    | °C                 | —           | -5      | EN 116           |
| Viscosidad a 40 °C                                         | mm <sup>2</sup> /s | 2,3         | 3,3     | EN-ISO 3104      |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos                      | % m/m              | 2,0         | 6,0     | IP 391           |
| Contenido de azufre <sup>(c)</sup>                         | mg/kg              | —           | 10      | ASTM D 5453      |
| Corrosión del cobre                                        |                    | —           | clase 1 | EN-ISO 2160      |
| Residuo de carbono Conradson (10 % de residuo destilado)   | % m/m              | —           | 0,2     | EN-ISO 10370     |
| Contenido de cenizas                                       | % m/m              | —           | 0,01    | EN-ISO 6245      |
| Contenido de agua                                          | % m/m              | —           | 0,02    | EN-ISO 12937     |
| Número de neutralización (ácido fuerte)                    | mg KOH/g           | —           | 0,02    | ASTM D 974       |
| Estabilidad a la oxidación <sup>(d)</sup>                  | mg/ml              | —           | 0,025   | EN-ISO 12205     |
| Lubricidad (diámetro de la marca de desgaste HFRR a 60 °C) | µm                 | —           | 400     | CEC F-06-A-96    |
| Ésteres metílicos de ácidos grasos                         | prohibidos         |             |         |                  |

<sup>(a)</sup> Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Para establecer los valores límite se han aplicado las disposiciones de la norma ISO 4259 «Productos del petróleo — Determinación y aplicación de datos de precisión en relación con métodos de prueba». Para fijar 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 deberá procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea 2R y un valor medio cuando se indiquen límites máximo y mínimo. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259.

<sup>(b)</sup> El intervalo para el índice de cetano no cumple el requisito de un intervalo mínimo de 4R. No obstante, en caso de desacuerdo entre el proveedor y el usuario del combustible, podrán aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259 para resolver dicho desacuerdo siempre que se dé preferencia a las repeticiones de mediciones en número suficiente, sobre las determinaciones únicas, para conseguir la precisión necesaria.

<sup>(c)</sup> Deberá declararse el contenido real de azufre del combustible utilizado en el ensayo del tipo I.

<sup>(d)</sup> Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Es recomendable consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

1.3. Etanol para motores diésel <sup>(a)</sup>

| Parámetro                                                       | Unidad            | Límites <sup>(b)</sup> |        | Método de ensayo <sup>(c)</sup> |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|--------|---------------------------------|
|                                                                 |                   | Mínimo                 | Máximo |                                 |
| Alcohol, masa                                                   | % m/m             | 92,4                   | —      | ASTM D 5501                     |
| Alcohol distinto del etanol contenido en el alcohol total, masa | % m/m             | —                      | 2      | ADTM D 5501                     |
| Densidad a 15 °C                                                | kg/m <sup>3</sup> | 795                    | 815    | ASTM D 4052                     |
| Contenido de cenizas                                            | % m/m             |                        | 0,001  | ISO 6245                        |
| Punto de inflamación                                            | °C                | 10                     |        | ISO 2719                        |
| Acidez, calculada como ácido acético                            | % m/m             | —                      | 0,0025 | ISO 1388-2                      |
| Índice de neutralización (ácido fuerte)                         | KOH mg/l          | —                      | 1      |                                 |
| Color                                                           | según la escala   | —                      | 10     | ASTM D 1209                     |
| Residuo seco a 100 °C                                           | mg/kg             |                        | 15     | ISO 759                         |
| Contenido de agua                                               | % m/m             |                        | 6,5    | ISO 760                         |
| Aldehídos, calculados como ácido acético                        | % m/m             |                        | 0,0025 | ISO 1388-4                      |
| Contenido de azufre                                             | mg/kg             | —                      | 10     | ASTM D 5453                     |
| Ésteres, calculados como acetato de etilo                       | % m/m             | —                      | 0,1    | ASSTM D 1617                    |

<sup>(a)</sup> Se puede utilizar un aditivo, especificado por el fabricante el motor, para mejorar el índice de cetano del combustible de etanol. La cantidad máxima permitida es 10 % m/m.

<sup>(b)</sup> Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Para determinar sus valores límite, se han aplicado las disposiciones de la norma ISO 4259 «Productos del petróleo — Determinación y aplicación de datos de precisión en relación con métodos de prueba». Para fijar 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 estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R, y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximo y mínimo. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse las disposiciones de la norma ISO 4259.

<sup>(c)</sup> Se adoptarán métodos ISO equivalentes una vez que se publiquen para todas las características indicadas anteriormente.

## 2. GAS NATURAL (GN)

En el mercado europeo hay dos grupos de combustibles:

- a) el grupo H, cuyos combustibles de referencia extremos son el G<sub>R</sub> y el G<sub>23</sub>;
- b) el grupo L, cuyos combustibles de referencia extremos son el G<sub>23</sub> y el G<sub>25</sub>.

A continuación se resumen las características de los combustibles de referencia G<sub>R</sub>, G<sub>23</sub> y G<sub>25</sub>:

| Combustible de referencia G <sub>R</sub> |          |      |         |        |                  |
|------------------------------------------|----------|------|---------|--------|------------------|
| Características                          | Unidades | Base | Límites |        | Método de ensayo |
|                                          |          |      | Mínimo  | Máximo |                  |
| Composición                              |          |      |         |        |                  |
| Metano                                   |          | 87   | 84      | 89     |                  |
| Etano                                    |          | 13   | 11      | 15     |                  |

| Combustible de referencia G <sub>R</sub> |                                  |      |         |        |                  |
|------------------------------------------|----------------------------------|------|---------|--------|------------------|
| Características                          | Unidades                         | Base | Límites |        | Método de ensayo |
|                                          |                                  |      | Mínimo  | Máximo |                  |
| Otros <sup>(a)</sup>                     | % mol                            | —    | —       | 1      | ISO 6974         |
| Contenido de azufre                      | mg/m <sup>3</sup> <sup>(b)</sup> | —    | —       | 10     | ISO 6326-5       |

<sup>(a)</sup> Gases inertes + C<sub>2+</sub>.  
<sup>(b)</sup> Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

| Combustible de referencia G <sub>23</sub> |                                  |      |         |        |                  |
|-------------------------------------------|----------------------------------|------|---------|--------|------------------|
| Características                           | Unidades                         | Base | Límites |        | Método de ensayo |
|                                           |                                  |      | Mínimo  | Máximo |                  |
| Composición                               |                                  |      |         |        |                  |
| Metano                                    |                                  | 92,5 | 91,5    | 93,5   |                  |
| Otros <sup>(a)</sup>                      | % mol                            | —    | —       | 1      | ISO 6974         |
| N <sub>2</sub>                            |                                  | 7,5  | 6,5     | 8,5    |                  |
| Contenido de azufre                       | mg/m <sup>3</sup> <sup>(b)</sup> | —    | —       | 10     | ISO 6326-5       |

<sup>(a)</sup> Gases inertes (diferentes del N<sub>2</sub>) + C<sub>2+</sub> + C<sub>2+</sub>.

<sup>(b)</sup> Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

| Combustible de referencia G <sub>25</sub> |                                  |      |         |        |                  |
|-------------------------------------------|----------------------------------|------|---------|--------|------------------|
| Características                           | Unidades                         | Base | Límites |        | Método de ensayo |
|                                           |                                  |      | Mínimo  | Máximo |                  |
| Composición                               |                                  |      |         |        |                  |
| Metano                                    |                                  | 86   | 84      | 88     |                  |
| Otros <sup>(a)</sup>                      | % mol                            | —    | —       | 1      | ISO 6974         |
| N <sub>2</sub>                            |                                  | 14   | 12      | 16     |                  |
| Contenido de azufre                       | mg/m <sup>3</sup> <sup>(b)</sup> | —    | —       | 10     | ISO 6326-5       |

<sup>(a)</sup> Gases inertes (diferentes del N<sub>2</sub>) + C<sub>2+</sub> + C<sub>2+</sub>.

<sup>(b)</sup> Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

### 3. DATOS TÉCNICOS DE LOS COMBUSTIBLES DE REFERENCIA DE GLP

#### A. Datos técnicos de los combustibles de referencia de glp utilizados para la realización de ensayos en vehículos con respecto a los límites de emisión que figuran en la fila a de los cuadros del punto 5.2.1

| Parámetro                           | Unidad | Combustible A | Combustible B | Método de ensayo |
|-------------------------------------|--------|---------------|---------------|------------------|
| Composición                         |        |               |               | ISO 7941         |
| Contenido de C <sub>3</sub>         | % vol. | 50 ± 2        | 85 ± 2        |                  |
| Contenido de C <sub>4</sub>         | % vol. | resto         | resto         |                  |
| < C <sub>3</sub> , > C <sub>4</sub> | % vol. | máx. 2        | máx. 2        |                  |



| Parámetro                       | Unidad        | Combustible A  | Combustible B  | Método de ensayo        |
|---------------------------------|---------------|----------------|----------------|-------------------------|
| Olefinas                        | % vol.        | máx. 12        | máx. 14        |                         |
| Residuo de evaporación          | mg/kg         | máx. 50        | máx. 50        | ISO 13757               |
| Agua a 0 °C                     |               | exento         | exento         | inspección visual       |
| Contenido total de azufre       | mg/kg         | máx. 50        | máx. 50        | EN 24260                |
| Sulfuro de hidrógeno            |               | ninguno        | ninguno        | ISO 8819                |
| Corrosión de la lámina de cobre | clasificación | clase 1        | clase 1        | ISO 6251 <sup>(a)</sup> |
| Olor                            |               | característico | característico |                         |
| Índice de octano motor          |               | mín. 92,5      | mín. 92,5      | EN 589, anexo B         |

<sup>(a)</sup> Este método puede no determinar con exactitud la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de corrosión u otras sustancias químicas que disminuyan la corrosividad de la muestra respecto a la lámina de cobre. En consecuencia, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de ensayo.

**B. Datos técnicos de los combustibles de referencia de gpl utilizados para la realización de ensayos en vehículos con respecto a los límites de emisión que figuran en la fila a de los cuadros del punto 5.2.1**

| Parámetro                           | Unidad        | Combustible A  | Combustible B  | Método de ensayo        |
|-------------------------------------|---------------|----------------|----------------|-------------------------|
| Composición                         |               |                |                | ISO 7941                |
| Contenido de C <sub>3</sub>         | % vol.        | 50 ± 2         | 85 ± 2         |                         |
| Contenido de C <sub>4</sub>         | % vol.        | resto          | resto          |                         |
| < C <sub>3</sub> , > C <sub>4</sub> | % vol.        | máx. 2         | máx. 2         |                         |
| Olefinas                            | % vol.        | máx. 12        | máx. 14        |                         |
| Residuo de evaporación              | mg/kg         | máx. 50        | máx. 50        | ISO 13757               |
| Agua a 0 °C                         |               | exento         | exento         | inspección visual       |
| Contenido total de azufre           | mg/kg         | máx. 10        | máx. 10        | EN 24260                |
| Sulfuro de hidrógeno                |               | ninguno        | ninguno        | ISO 8819                |
| Corrosión de la lámina de cobre     | clasificación | clase 1        | clase 1        | ISO 6251 <sup>(a)</sup> |
| Olor                                |               | característico | característico |                         |
| Índice de octano motor              |               | mín. 92,5      | mín. 92,5      | EN 589, anexo B         |

<sup>(a)</sup> Este método puede no determinar con exactitud la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de corrosión u otras sustancias químicas que disminuyan la corrosividad de la muestra respecto a la lámina de cobre. En consecuencia, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de ensayo.

## ANEXO 6

## Ejemplo de procedimiento de cálculo

## 1. ENSAYO ESC

## 1.1. Emisiones gaseosas

A continuación figuran los datos de medición para el cálculo de los resultados de cada fase. En el presente ejemplo, el CO y los NO<sub>x</sub> se miden en base seca y los HC, en base húmeda. La concentración de HC se indica en equivalente de propano (C3) y debe multiplicarse por 3 para obtener el equivalente de C1. El procedimiento de cálculo es idéntico para las otras fases.

| P<br>(kW) | T <sub>a</sub><br>(K) | H <sub>a</sub><br>(g/kg) | G <sub>EXH</sub><br>(kg) | G <sub>AIRW</sub><br>(kg) | G <sub>FUEL</sub><br>(kg) | HC<br>(ppm) | CO<br>(ppm) | NO <sub>x</sub><br>(ppm) |
|-----------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 82,9      | 294,8                 | 7,81                     | 563,38                   | 545,29                    | 18,09                     | 6,3         | 41,2        | 495                      |

Cálculo del factor de corrección de base seca a húmeda K<sub>W, r</sub> (anexo 4A, apéndice 1, punto 45.2):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{1 + \frac{18,09}{545,29}} = 1,9058$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \times 7,81}{1000 + (1,608 \times 7,81)} = 0,0124$$

y

$$K_{W,r} = \left( 1 - 1,9058 \times \frac{18,09}{541,06} \right) - 0,0124 = 0,9239$$

Cálculo de las concentraciones en base húmeda:

$$CO = 41,2 \times 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 \times 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Cálculo del factor de corrección de humedad (K<sub>H, D</sub>) para NO<sub>x</sub> (anexo 4A, apéndice 1, punto 54.3):

$$A = 0,309 \times 18,09/541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 \times 18,09/541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 \times (7,81 - 10,71) + 0,0026 \times (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Cálculo de los caudales máscicos de emisión (anexo 4A, apéndice 1, punto 54.4):

$$NO_x = 0,001587 \times 457 \times 0,9625 \times 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$CO = 0,000966 \times 38,1 \times 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$HC = 0,000479 \times 6,3 \times 3 \times 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4A, apéndice 1, punto 54.5):

El siguiente ejemplo de cálculo se refiere al CO; el procedimiento de cálculo es idéntico para los demás componentes.

Los caudales máxicos de emisión de las diferentes fases se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4A, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener el caudal máxico de emisión medio a lo largo del ciclo:

$$\text{CO} = (6,7 \times 0,15) + (24,6 \times 0,08) + (20,5 \times 0,10) + (20,7 \times 0,10) + (20,6 \times 0,05) + (15,0 \times 0,05) + (19,7 \times 0,05) + (74,5 \times 0,09) + (31,5 \times 0,10) + (81,9 \times 0,08) + (34,8 \times 0,05) + (30,8 \times 0,05) + (27,3 \times 0,05)$$

$$= 30,91 \text{ g/h}$$

La potencia del motor en las diferentes fases se multiplica por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4A, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener la potencia media del ciclo:

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05)$$

$$= 60,006 \text{ kW}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{30,91}{60,006} = 0,0515 \text{ g/kWh}$$

Cálculo de la emisión específica de NO<sub>x</sub> en un punto aleatorio (anexo 4A, apéndice 1, punto 54.6.1):

Se supondrá que se han determinado los siguientes valores en el punto aleatorio:

|                         |                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
| n <sub>Z</sub>          | 1 600 min <sup>-1</sup>                         |
| M <sub>Z</sub>          | 495 Nm                                          |
| NO <sub>x mass, Z</sub> | 487,9 g/h (calculado según la fórmula anterior) |
| P(n) <sub>Z</sub>       | 83 kW                                           |
| NO <sub>x, Z</sub>      | 487,9/83 = 5,878 g/kWh                          |

Determinación del valor de emisión del ciclo de ensayo (anexo 4A, apéndice 1, punto 45.6.2):

Se supondrá que en las cuatro fases envolventes del ensayo ESC se obtienen los valores siguientes:

| n <sub>RT</sub> | n <sub>SU</sub> | E <sub>R</sub> | E <sub>S</sub> | E <sub>T</sub> | E <sub>U</sub> | M <sub>R</sub> | M <sub>S</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>U</sub> |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 368           | 1 785           | 5,943          | 5,565          | 5,889          | 4,973          | 515            | 460            | 681            | 610            |

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) \times (1\,600 - 1\,368)/(1\,785 - 1\,368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) \times (1\,600 - 1\,368)/(1\,785 - 1\,368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) \times (1\,600 - 1\,368)/(1\,785 - 1\,368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) \times (1\,600 - 1\,368)/(1\,785 - 1\,368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) \times (495 - 484,3)/(641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Comparación de los valores de emisión de NO<sub>x</sub> (anexo 4A, apéndice 1, punto 45.6.3):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 \times (5,878 - 5,708)/5,708 = 2,98 \%$$

## 1.2. Emisiones de partículas

La medición de partículas se basa en el principio del muestreo de partículas durante todo el ciclo, pero determinando el índice de muestreo y el caudal (M<sub>SAM</sub> y G<sub>EDF</sub>) durante las fases individuales. El cálculo de G<sub>EDF</sub> depende del sistema que se utilice. En los ejemplos siguientes se utiliza un sistema con medición de CO<sub>2</sub> y método de equilibrio de carbono y otro sistema con medición del caudal. Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total, G<sub>EDF</sub> se mide directamente con el equipo de muestreo de volumen constante.

Cálculo de  $G_{EDF}$  (anexo 4A, apéndice 1, puntos 6.2.3 y 6.2.4):

Se supondrá que en la fase 4 se obtienen los datos de medición siguientes. El procedimiento de cálculo es idéntico para las otras fases.

| $G_{EXH}$ | $G_{FUEL}$ | $G_{DILW}$ | $G_{TOTW}$ | $CO_{2D}$ | $CO_{2A}$ |
|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| (kg/h)    | (kg/h)     | (kg/h)     | (kg/h)     | (%)       | (%)       |
| 334,02    | 10,76      | 5,4435     | 6,0        | 0,657     | 0,040     |

a) método de equilibrio de carbono

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 \times 10,76}{0,657 - 0,040} = 3601,2 \text{ kg/h}$$

b) método de medición del caudal

$$q = \frac{6,0}{6,0 - 5,4435} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 \times 10,78 = 3\,600,7 \text{ kg/h}$$

Cálculo del caudal másico (anexo 4A, apéndice 1, punto 6.4):

Los caudales  $G_{EDFW}$  de las diferentes fases se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4A, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener el  $G_{EDF}$  medio a lo largo del ciclo. El índice total de muestreo  $M_{SAM}$  se obtiene sumando los índices de muestreo de cada fase.

$$\overline{G_{EDFW}} = (3567 \times 0,15) + (3592 \times 0,08) + (3611 \times 0,10) + (3600 \times 0,10) + (3618 \times 0,05) + (3600 \times 0,05) + (3640 \times 0,05) + (3614 \times 0,09) + (3620 \times 0,10) + (3601 \times 0,08) + (3639 \times 0,05) + (3582 \times 0,05) + (3635 \times 0,05)$$

$$= 3\,604,6 \text{ kg/h}$$

$$M_{SAM} = 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 + 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075$$

$$= 1,515 \text{ kg}$$

Se supondrá que la masa de partículas en los filtros es de 2,5 mg, entonces:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} \times \frac{360,4}{1000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Corrección del fondo (opcional)

Se supondrá una medición del fondo con los valores siguientes. El procedimiento de cálculo del factor de dilución DF es idéntico al que se describe en el punto 3.1 del presente anexo, por lo que no se explica aquí.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{DIL} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\text{Suma de DF} = [(1-1/119,15) \times 0,15] + [(1-1/8,89) \times 0,08] + [(1-1/14,75) \times 0,10] + [(1-1/10,10) \times 0,10] + [(1-1/18,02) \times 0,05] + [(1-1/12,33) \times 0,05] + [(1-1/32,18) \times 0,05] + [(1-1/6,94) \times 0,09] + [(1-1/25,19) \times 0,10] + [(1-1/6,12) \times 0,08] + [(1-1/20,87) \times 0,05] + [(1-1/8,77) \times 0,05] + [(1-1/12,59) \times 0,05]$$

$$= 0,923$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left( \frac{0,1}{1,5} \times 0,923 \right) \times \frac{3604,6}{1000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Cálculo de la emisión específica (anexo 4A, apéndice 1, punto 6.5):

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05)$$

$$= 60,006 \text{ kW}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh}$$

si se ha efectuado la corrección de fondo

$$\overline{PT} = (5,726/60.006) = 0,095 \text{ g/kWh,}$$

Cálculo del factor de corrección específico (anexo 4A, apéndice 1, punto 6.6):

$$\text{Supongamos que la fase 4 posee los valores calculados anteriormente, entonces } W_{\text{fei}} = (0,152 \times 3\,604,6/1,515 \times 3\,600,7) = 0,1004$$

Este valor se encuentra dentro del límite especificado de  $0,10 \pm 0,003$ .

## 2. ENSAYO ELR

Dado que el filtrado de Bessel es un proceso de promediación totalmente nuevo en la normativa europea sobre emisiones de escape, a continuación se ofrece una explicación del filtro de Bessel, un ejemplo del diseño de un algoritmo de Bessel y un ejemplo de cálculo del valor del humo final. Las constantes del algoritmo de Bessel dependen exclusivamente del diseño del opacímetro y de la frecuencia de muestreo del sistema de adquisición de datos. Se recomienda que el fabricante del opacímetro facilite las constantes finales del filtro de Bessel para diferentes índices de muestreo y que el cliente utilice dichas constantes para determinar el algoritmo de Bessel y calcular los valores del humo.

### 2.1. Observaciones generales sobre el filtro de Bessel

Debido a las distorsiones de alta frecuencia, la señal de opacidad en bruto suele tener una curva muy discontinua. Para eliminar dichas distorsiones de alta frecuencia es preciso utilizar un filtro de Bessel durante el ensayo ELR. El filtro de Bessel es un filtro recursivo de segundo orden y de paso bajo que garantiza la subida de señal más rápida sin rebasamiento.

Se supondrá un penacho de gas de escape bruto en tiempo real en el tubo de escape, y que cada opacímetro indica una curva de opacidad retardada y medida de manera diferente. El retraso y la magnitud de la curva de opacidad medida dependen principalmente de la geometría de la cámara de medición del opacímetro, incluidos los conductos de muestreo del gas de escape, y del tiempo necesario para procesar la señal en los componentes electrónicos del opacímetro. Los valores que caracterizan estos dos efectos se denominan el tiempo de respuesta física y eléctrica, y representan un filtro individual para cada tipo de opacímetro.

El propósito de aplicar un filtro de Bessel es garantizar que todo el sistema del opacímetro posea una característica global de filtrado uniforme, la cual consiste en:

- a) el tiempo de respuesta física del opacímetro ( $t_p$ )
- b) el tiempo de respuesta eléctrica del opacímetro ( $t_e$ )
- c) el tiempo de respuesta del filtro de Bessel utilizado ( $t_F$ )

El tiempo de respuesta global del sistema  $t_{Aver}$  se calcula mediante la ecuación:

$$t_{Aver} = \sqrt{t_F^2 + t_p^2 + t_e^2},$$

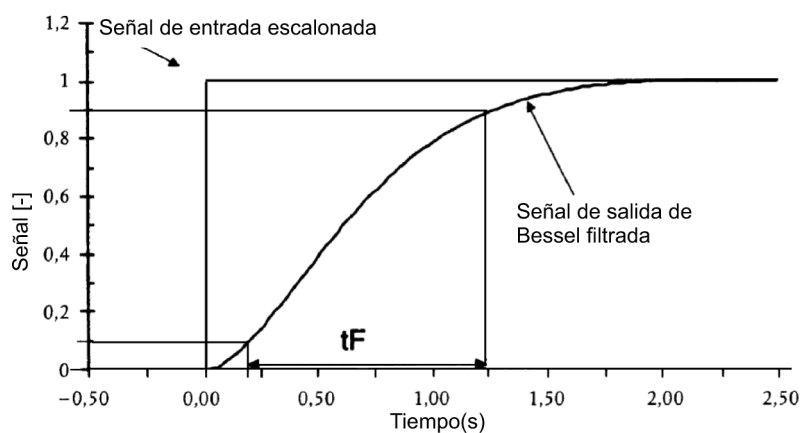
y debe ser igual para todos los tipos de opacímetros, de manera que indiquen el mismo valor del humo. Por consiguiente, es preciso crear un filtro de Bessel de tal manera que el tiempo de respuesta del filtro ( $t_F$ ) junto con el tiempo de respuesta física ( $t_p$ ) y eléctrica ( $t_e$ ) del opacímetro individual permitan obtener el tiempo de respuesta global ( $t_{Aver}$ ) que se requiere. Puesto que  $t_p$  y  $t_e$  son valores dados para cada opacímetro individual, y el presente Reglamento establece que  $t_{Aver}$  es igual a 1,0 s, se puede calcular  $t_F$  de la manera siguiente:

$$t_F = \sqrt{t_{Aver}^2 - t_p^2 - t_e^2}$$

Por definición, el tiempo de respuesta del filtro ( $t_F$ ) es el tiempo de subida de una señal de salida filtrada del 10 % al 90 % respecto a una señal de entrada escalonada. En consecuencia, la frecuencia de corte del filtro de Bessel debe iterarse de manera que el tiempo de respuesta del filtro de Bessel se ajuste al tiempo de subida requerido.

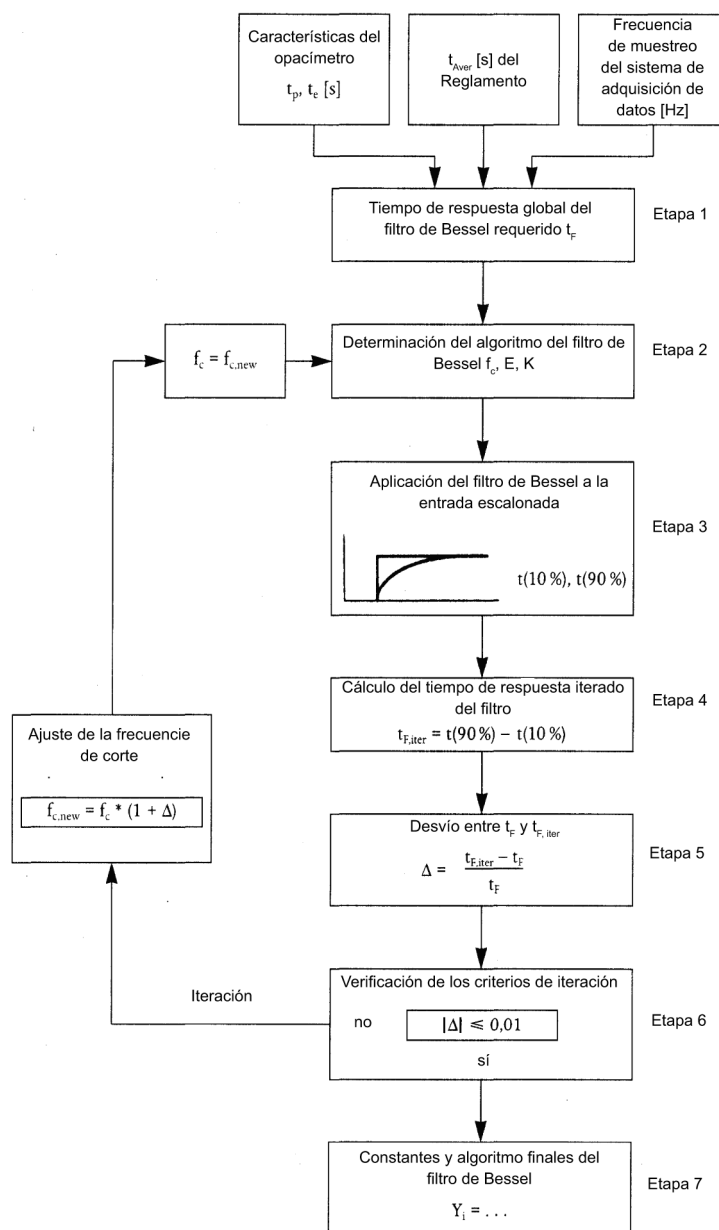
Figura a

#### Línea de representación de una señal de entrada escalonada y de la señal de salida filtrada



En la figura a se muestran las líneas de representación de una señal de entrada escalonada y de una señal de salida filtrada con un filtro de Bessel, además del tiempo de respuesta del filtro de Bessel ( $t_F$ ).

La determinación del algoritmo final del filtro de Bessel es un proceso de múltiples fases que precisa varios ciclos de iteración. A continuación se representa el esquema del procedimiento de iteración.



## 2.2. Cálculo del algoritmo de Bessel

En este ejemplo se determina un algoritmo de Bessel en varias etapas, siguiendo el procedimiento de iteración indicado anteriormente, basado en el anexo 4A, apéndice 1, punto 7.1.

Para el opacímetro y el sistema de adquisición de datos, se suponen las características siguientes:

- a) un tiempo de respuesta física t<sub>p</sub> de 0,15 s
- b) un tiempo de respuesta global t<sub>c</sub> de 0,05 s
- c) un tiempo de respuesta global t<sub>Aver</sub> de 1,00 s (tal como establece el presente Reglamento)
- d) una frecuencia de muestreo de 150 Hz

Etapa 1: Tiempo de respuesta requerido del filtro de Bessel t<sub>F</sub>:

$$t_F = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Etapla 2: Estimación de la frecuencia de corte y cálculo de las constantes de Bessel E y K para la primera iteración:

$$f_c = \frac{3,1415}{10 \times 0,987421} = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1/150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = \frac{1}{\tan[3,1415 \times 0,006667 \times 0,318152]} = 150,07664$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 \times \sqrt{3 \times 0,618034} + 0,618034 \times 150,076644^2} = 7,07948 \times 10^{-5}$$

$$K = 2 \times 7,07948 \times 10^{-5} \times (0,618034 \times 150,076644^2 - 1) - 1 = 0,970783$$

Se obtiene el algoritmo de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1} + 7,07948 E - 5 \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,970783 \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

donde  $S_i$  representa los valores de la señal de entrada escalonada («0» o «1») e  $Y_i$  representa los valores filtrados de la señal de salida.

Etapla 3: Aplicación del filtro de Bessel a la entrada escalonada:

El tiempo de respuesta del filtro ( $t_F$ ) se define como el tiempo de subida de una señal de salida filtrada del 10 % al 90 % respecto a una señal de entrada escalonada. Para determinar los tiempos del 10 % ( $t_{10}$ ) y del 90 % ( $t_{90}$ ) de la señal de salida, es preciso aplicar un filtro de Bessel a una entrada escalonada utilizando los valores indicados anteriormente de  $f_c$ , E y K.

En el cuadro B figuran los índices, el tiempo y los valores de una señal de entrada escalonada y los valores resultantes de la señal de salida filtrada para la primera y la segunda iteración. Los puntos adyacentes a  $t_{10}$  y  $t_{90}$  se destacan con cifras en negrita.

En el cuadro B, primera iteración, el valor del 10 % aparece entre los índices 30 y 31, y el valor del 90 % aparece entre los índices 191 y 192. Para el cálculo de  $t_{F, \text{iter}}$  los valores exactos de  $t_{10}$  y  $t_{90}$  se determinan mediante interpolación lineal entre los puntos de medición adyacentes, de la manera siguiente:

$$t_{10} = t_{\text{lower}} + \Delta t \times (0,1 - \text{out}_{t_{\text{lower}}}) / (\text{out}_{t_{\text{upper}}} - \text{out}_{t_{\text{lower}}})$$

$$t_{90} = t_{\text{lower}} + \Delta t \times (0,9 - \text{out}_{t_{\text{lower}}}) / (\text{out}_{t_{\text{upper}}} - \text{out}_{t_{\text{lower}}})$$

donde  $\text{out}_{t_{\text{upper}}}$  y  $\text{out}_{t_{\text{lower}}}$  son respectivamente los puntos adyacentes de la señal de salida filtrada con el filtro de Bessel, y  $t_{\text{lower}}$  es el punto de tiempo adyacente, indicado en el cuadro B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 \times (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 0,273333 + 0,006667 \times (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Etapla 4: Tiempo de respuesta del filtro en el primer ciclo de iteración:

$$t_{F, \text{iter}} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Etapla 5: Desviación entre el tiempo de respuesta del filtro requerido y el obtenido en el primer ciclo de iteración:

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Etapla 6: Comprobación de los criterios de iteración:

Se requiere que  $\Delta \leq 0,01$ . Puesto que  $0,081641 > 0,01$ , no se cumplen los criterios de iteración y debe iniciarse otro ciclo de iteración. Para este ciclo de iteración, se calcula una nueva frecuencia de corte de  $f_c$  y  $\Delta$  de la manera siguiente:

$$f_{c, \text{new}} = 0,318152 \times (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$



Esta nueva frecuencia de corte se utiliza en el segundo ciclo de iteración, que vuelve a comenzar en la etapa 2. La iteración se repetirá hasta que se cumplan los criterios de iteración. El cuadro A resume los valores resultantes de la primera y la segunda iteración.

Cuadro A

**Valores de la primera y la segunda iteración**

| Parámetro             |      | 1ª iteración | 2ª iteración |
|-----------------------|------|--------------|--------------|
| $f_c$                 | (Hz) | 0,318152     | 0,344126     |
| E                     | (-)  | 7,07948 E-5  | 8,272777 E-5 |
| K                     | (-)  | 0,970783     | 0,968410     |
| $t_{10}$              | (s)  | 0,200945     | 0,185523     |
| $t_{90}$              | (s)  | 1,276147     | 1,179562     |
| $t_{F, \text{ iter}}$ | (s)  | 1,075202     | 0,994039     |
| $\Delta$              | (-)  | 0,081641     | 0,006657     |
| $f_{c, \text{ new}}$  | (Hz) | 0,344126     | 0,346417     |

Etapla 7: Algoritmo final de Bessel:

En cuanto se cumplan los criterios de iteración, se calcularán las constantes finales del filtro de Bessel y el algoritmo final de Bessel de acuerdo con la etapa 2. En este ejemplo, los criterios de iteración se han cumplido después de la segunda iteración ( $\Delta = 0,006657 \leq 0,01$ ). El algoritmo final se utilizará para determinar los valores de humo promediados (véase el punto 2.3).

$$Y_i = Y_{i-1} + 8,272777 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,968410 \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

Cuadro B

**Valores de la señal de entrada escalonada y de la señal de salida filtrada con un filtro de Bessel para el primer y el segundo ciclo de iteración**

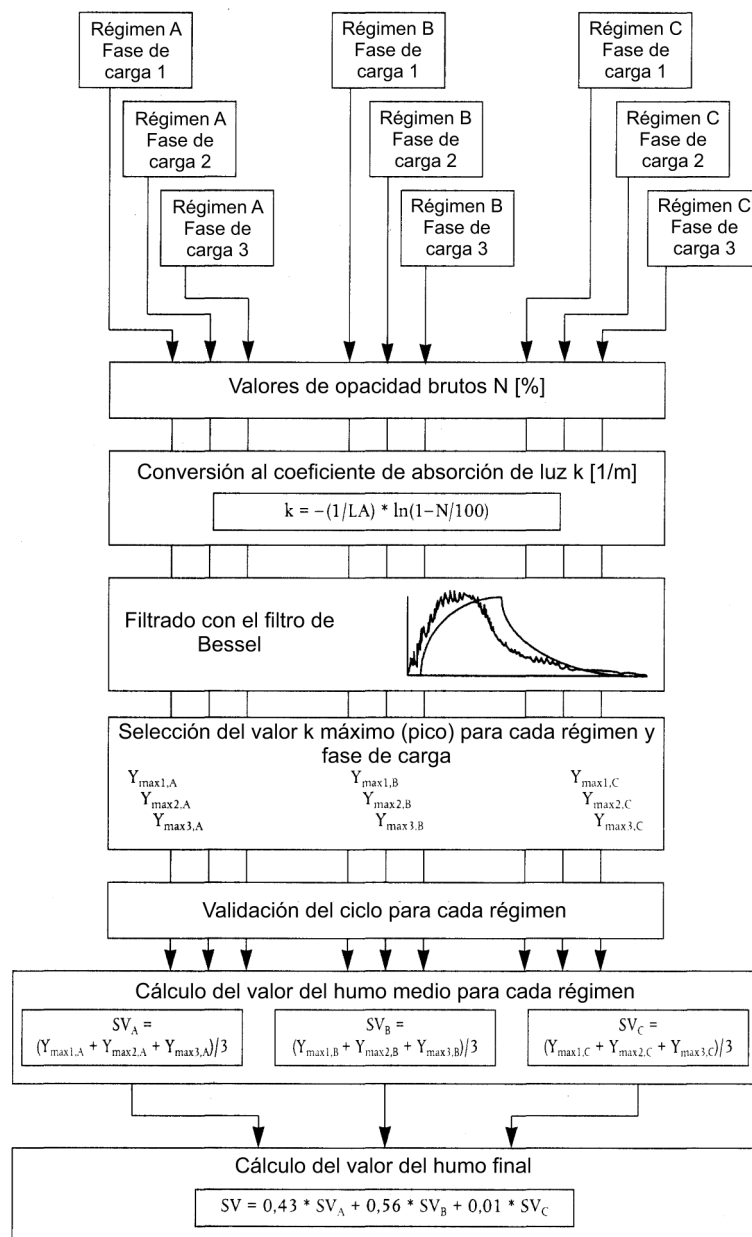
| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Señal de entrada escalonada $S_i$<br>[-] | Señal de salida filtrada $Y_i$ [-] |              |
|-----------------|---------------|------------------------------------------|------------------------------------|--------------|
|                 |               |                                          | 1ª iteración                       | 2ª iteración |
| - 2             | - 0,013333    | 0                                        | 0,000000                           | 0,000000     |
| - 1             | - 0,006667    | 0                                        | 0,000000                           | 0,000000     |
| 0               | 0,000000      | 1                                        | 0,000071                           | 0,000083     |
| 1               | 0,006667      | 1                                        | 0,000352                           | 0,000411     |
| 2               | 0,013333      | 1                                        | 0,000908                           | 0,001060     |
| 3               | 0,020000      | 1                                        | 0,001731                           | 0,002019     |
| 4               | 0,026667      | 1                                        | 0,002813                           | 0,003278     |
| 5               | 0,033333      | 1                                        | 0,004145                           | 0,004828     |
| ~               | ~             | ~                                        | ~                                  | ~            |
| 24              | 0,160000      | 1                                        | 0,067877                           | 0,077876     |

| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Señal de entrada esca-<br>lonada $S_i$<br>[-] | Señal de salida filtrada $Y_i$ [-] |              |
|-----------------|---------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|--------------|
|                 |               |                                               | 1ª iteración                       | 2ª iteración |
| 25              | 0,166667      | 1                                             | 0,072816                           | 0,083476     |
| 26              | 0,173333      | 1                                             | 0,077874                           | 0,089205     |
| 27              | 0,180000      | 1                                             | 0,083047                           | 0,095056     |
| 28              | 0,186667      | 1                                             | 0,088331                           | 0,101024     |
| 29              | 0,193333      | 1                                             | 0,093719                           | 0,107102     |
| 30              | 0,200000      | 1                                             | 0,099208                           | 0,113286     |
| 31              | 0,206667      | 1                                             | 0,104794                           | 0,119570     |
| 32              | 0,213333      | 1                                             | 0,110471                           | 0,125949     |
| 33              | 0,220000      | 1                                             | 0,116236                           | 0,132418     |
| 34              | 0,226667      | 1                                             | 0,122085                           | 0,138972     |
| 35              | 0,233333      | 1                                             | 0,128013                           | 0,145605     |
| 36              | 0,240000      | 1                                             | 0,134016                           | 0,152314     |
| 37              | 0,246667      | 1                                             | 0,140091                           | 0,159094     |
| ~               | ~             | ~                                             | ~                                  | ~            |
| 175             | 1,166667      | 1                                             | 0,862416                           | 0,895701     |
| 176             | 1,173333      | 1                                             | 0,864968                           | 0,897941     |
| 177             | 1,180000      | 1                                             | 0,867484                           | 0,900145     |
| 178             | 1,186667      | 1                                             | 0,869964                           | 0,902312     |
| 179             | 1,193333      | 1                                             | 0,872410                           | 0,904445     |
| 180             | 1,200000      | 1                                             | 0,874821                           | 0,906542     |
| 181             | 1,206667      | 1                                             | 0,877197                           | 0,908605     |
| 182             | 1,213333      | 1                                             | 0,879540                           | 0,910633     |
| 183             | 1,220000      | 1                                             | 0,881849                           | 0,912628     |
| 184             | 1,226667      | 1                                             | 0,884125                           | 0,914589     |
| 185             | 1,233333      | 1                                             | 0,886367                           | 0,916517     |
| 186             | 1,240000      | 1                                             | 0,888577                           | 0,918412     |
| 187             | 1,246667      | 1                                             | 0,890755                           | 0,920276     |
| 188             | 1,253333      | 1                                             | 0,892900                           | 0,922107     |
| 189             | 1,260000      | 1                                             | 0,895014                           | 0,923907     |
| 190             | 1,266667      | 1                                             | 0,897096                           | 0,925676     |
| 191             | 1,273333      | 1                                             | 0,899147                           | 0,927414     |
| 192             | 1,280000      | 1                                             | 0,901168                           | 0,929121     |
| 193             | 1,286667      | 1                                             | 0,903158                           | 0,930799     |
| 194             | 1,293333      | 1                                             | 0,905117                           | 0,932448     |

| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Señal de entrada esca-<br>lonada $S_i$<br>[-] | Señal de salida filtrada $Y_i$ [-] |              |
|-----------------|---------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|--------------|
|                 |               |                                               | 1ª iteración                       | 2ª iteración |
| 195             | 1,300000      | 1                                             | 0,907047                           | 0,934067     |
| ~               | ~             | ~                                             | ~                                  | ~            |

### 2.3. Cálculo de los valores del humo

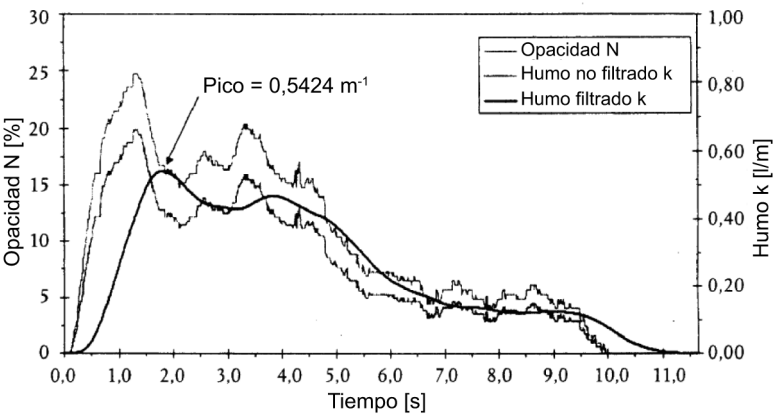
El siguiente esquema describe el procedimiento general para determinar el valor final del humo.



La figura b muestra las curvas de la señal de opacidad medida en bruto y de los coeficientes de absorción de la luz filtrada y no filtrada (valor  $k$ ) de la primera fase de carga de un ensayo ELR, e indica el valor máximo  $Y_{\max 1,A}$  (pico) de la curva de representación del valor  $k$  filtrado. El cuadro C muestra los valores numéricos del índice  $i$ , el tiempo (frecuencia de muestreo de 150 Hz), la opacidad en bruto,  $k$  no filtrado y  $k$  filtrado. El filtrado se ha efectuado con las constantes del algoritmo de Bessel determinado en el punto 2.2 del presente anexo. Debido a la gran cantidad de datos, únicamente se representan las secciones de la curva del humo en torno al inicio y al pico.

Figura b

Líneas de representación de la opacidad medida N, de los humos no filtrados k y de los humos filtrados k



El pico (i =272) se calcula considerando los siguientes datos del cuadro C. Todos los demás valores del humo individuales se calculan de la misma manera. Para iniciar el algoritmo, S<sub>-1</sub>, S<sub>-2</sub>, Y<sub>-1</sub> y Y<sub>-2</sub> se ponen a cero.

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| L <sub>A</sub> (m)                  | 0,430    |
| Índice i                            | 272      |
| N (%)                               | 16,783   |
| S <sub>271</sub> (m <sup>-1</sup> ) | 0,427392 |
| S <sub>270</sub> (m <sup>-1</sup> ) | 0,427532 |
| Y <sub>271</sub> (m <sup>-1</sup> ) | 0,542383 |
| Y <sub>270</sub> (m <sup>-1</sup> ) | 0,542337 |

Cálculo del valor k (anexo 4A, apéndice 1, punto 7.3.1):

$$k = - (1/0,430) \times \ln (1 - (16,783/100)) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a S<sub>272</sub> en la siguiente ecuación.

Cálculo del humo promediado de Bessel (anexo 4A, apéndice 1, punto 7.3.2):

En la siguiente ecuación se utilizan las constantes de Bessel que figuran en el punto 2.2. El valor k no filtrado efectivo, calculado según el procedimiento anterior, corresponde a S<sub>272</sub> (S<sub>i</sub>). S<sub>271</sub> (S<sub>i-1</sub>) y S<sub>270</sub> (S<sub>i-2</sub>) son los dos valores k precedentes no filtrados; Y<sub>271</sub> (Y<sub>i-1</sub>) y Y<sub>270</sub> (Y<sub>i-2</sub>) son los dos valores k precedentes filtrados.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 \times 10^{-5} \times (0,427252 + 2 \times 0,427392 + 0,427532 - 4 \times 0,542337) + 0,968410 \times (0,542383 - 0,542337)$$
  
$$= 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a Y<sub>max1,A</sub> en la siguiente ecuación.

Cálculo del valor del humo final (anexo 4A, apéndice 1, punto 7.3.3):

De cada curva del humo, se toma el valor k filtrado máximo para posteriores cálculos. Se supondrán los valores siguientes:

| Régimen | $Y_{\text{máx}} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ |         |         |
|---------|------------------------------------------|---------|---------|
|         | Ciclo 1                                  | Ciclo 2 | Ciclo 3 |
| A       | 0,5424                                   | 0,5435  | 0,5587  |
| B       | 0,5596                                   | 0,5400  | 0,5389  |
| C       | 0,4912                                   | 0,5207  | 0,5177  |

$$SV_A = (0,5424 + 0,5435 + 0,5587)/3 = 0,5482 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_B = (0,5596 + 0,5400 + 0,5389)/3 = 0,5462 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_C = (0,4912 + 0,5207 + 0,5177)/3 = 0,5099 \text{ m}^{-1}$$

$$SV = (0,43 \times 0,5482) + (0,56 \times 0,5462) + (0,01 \times 0,5099) = 0,5467 \text{ m}^{-1}$$

Validación del ciclo (anexo 4A, apéndice 1, punto 3.4):

Antes de calcular el valor del humo, es preciso validar el ciclo calculando las desviaciones estándar relativas del humo de los tres ciclos para cada régimen.

| Régimen | Valor medio del humo ( $\text{m}^{-1}$ ) | Desviación estándar absoluta ( $\text{m}^{-1}$ ) | Desviación estándar relativa (%) |
|---------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| A       | 0,5482                                   | 0,0091                                           | 1,7                              |
| B       | 0,5462                                   | 0,0116                                           | 2,1                              |
| C       | 0,5099                                   | 0,0162                                           | 3,2                              |

En este ejemplo, se cumple el criterio de validación del 15 % para cada régimen.

Cuadro C

**Valores de opacidad N y valor k no filtrado y filtrado al inicio de la fase de carga**

| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Opacidad N<br>[%] | Valor k no filtrado<br>[ $\text{m}^{-1}$ ] | Valor k filtrado<br>[ $\text{m}^{-1}$ ] |
|-----------------|---------------|-------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| - 2             | 0,000000      | 0,000000          | 0,000000                                   | 0,000000                                |
| - 1             | 0,000000      | 0,000000          | 0,000000                                   | 0,000000                                |
| 0               | 0,000000      | 0,000000          | 0,000000                                   | 0,000000                                |
| 1               | 0,006667      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000000                                |
| 2               | 0,013333      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000000                                |
| 3               | 0,020000      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000000                                |
| 4               | 0,026667      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000001                                |
| 5               | 0,033333      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000002                                |
| 6               | 0,040000      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000002                                |
| 7               | 0,046667      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000003                                |
| 8               | 0,053333      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000004                                |
| 9               | 0,060000      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000005                                |
| 10              | 0,066667      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000006                                |
| 11              | 0,073333      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000008                                |
| 12              | 0,080000      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000009                                |
| 13              | 0,086667      | 0,020000          | 0,000465                                   | 0,000011                                |

| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Opacidad N<br>[%] | Valor k no filtrado<br>[m <sup>-1</sup> ] | Valor k filtrado<br>[m <sup>-1</sup> ] |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| 14              | 0,093333      | 0,020000          | 0,000465                                  | 0,000012                               |
| 15              | 0,100000      | 0,192000          | 0,004469                                  | 0,000014                               |
| 16              | 0,106667      | 0,212000          | 0,004935                                  | 0,000018                               |
| 17              | 0,113333      | 0,212000          | 0,004935                                  | 0,000022                               |
| 18              | 0,120000      | 0,212000          | 0,004935                                  | 0,000028                               |
| 19              | 0,126667      | 0,343000          | 0,007990                                  | 0,000036                               |
| 20              | 0,133333      | 0,566000          | 0,013200                                  | 0,000047                               |
| 21              | 0,140000      | 0,889000          | 0,020767                                  | 0,000061                               |
| 22              | 0,146667      | 0,929000          | 0,021706                                  | 0,000082                               |
| 23              | 0,153333      | 0,929000          | 0,021706                                  | 0,000109                               |
| 24              | 0,160000      | 1,263000          | 0,029559                                  | 0,000143                               |
| 25              | 0,166667      | 1,455000          | 0,034086                                  | 0,000185                               |
| 26              | 0,173333      | 1,697000          | 0,039804                                  | 0,000237                               |
| 27              | 0,180000      | 2,030000          | 0,047695                                  | 0,000301                               |
| 28              | 0,186667      | 2,081000          | 0,048906                                  | 0,000378                               |
| 29              | 0,193333      | 2,081000          | 0,048906                                  | 0,000469                               |
| 30              | 0,200000      | 2,424000          | 0,057067                                  | 0,000573                               |
| 31              | 0,206667      | 2,475000          | 0,058282                                  | 0,000693                               |
| 32              | 0,213333      | 2,475000          | 0,058282                                  | 0,000827                               |
| 33              | 0,220000      | 2,808000          | 0,066237                                  | 0,000977                               |
| 34              | 0,226667      | 3,010000          | 0,071075                                  | 0,001144                               |
| 35              | 0,233333      | 3,253000          | 0,076909                                  | 0,001328                               |
| 36              | 0,240000      | 3,606000          | 0,085410                                  | 0,001533                               |
| 37              | 0,246667      | 3,960000          | 0,093966                                  | 0,001758                               |
| 38              | 0,253333      | 4,455000          | 0,105983                                  | 0,002007                               |
| 39              | 0,260000      | 4,818000          | 0,114836                                  | 0,002283                               |
| 40              | 0,266667      | 5,020000          | 0,119776                                  | 0,002587                               |
| ~               | ~             | ~                 | ~                                         | ~                                      |

Valores de opacidad N y valor k no filtrado y filtrado alrededor de  $Y_{\max 1, A}$  (valor pico, indicado con las cifras en negrita)

| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Opacidad N<br>[%] | Valor k no filtrado<br>[m <sup>-1</sup> ] | Valor k filtrado<br>[m <sup>-1</sup> ] |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| ~               | ~             | ~                 | ~                                         | ~                                      |
| 259             | 1,726667      | 17,182000         | 0,438429                                  | 0,538856                               |
| 260             | 1,733333      | 16,949000         | 0,431896                                  | 0,539423                               |
| 261             | 1,740000      | 16,788000         | 0,427392                                  | 0,539936                               |
| 262             | 1,746667      | 16,798000         | 0,427671                                  | 0,540396                               |
| 263             | 1,753333      | 16,788000         | 0,427392                                  | 0,540805                               |
| 264             | 1,760000      | 16,798000         | 0,427671                                  | 0,541163                               |
| 265             | 1,766667      | 16,798000         | 0,427671                                  | 0,541473                               |
| 266             | 1,773333      | 16,788000         | 0,427392                                  | 0,541735                               |
| 267             | 1,780000      | 16,788000         | 0,427392                                  | 0,541951                               |
| 268             | 1,786667      | 16,798000         | 0,427671                                  | 0,542123                               |
| 269             | 1,793333      | 16,798000         | 0,427671                                  | 0,542251                               |

| Índice i<br>[-] | Tiempo<br>[s] | Opacidad N<br>[%] | Valor k no filtrado<br>[m <sup>-1</sup> ] | Valor k filtrado<br>[m <sup>-1</sup> ] |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| 270             | 1,800000      | 16,793000         | 0,427532                                  | 0,542337                               |
| 271             | 1,806667      | 16,788000         | 0,427392                                  | 0,542383                               |
| 272             | 1,813333      | 16,783000         | 0,427252                                  | 0,542389                               |
| 273             | 1,820000      | 16,780000         | 0,427168                                  | 0,542357                               |
| 274             | 1,826667      | 16,798000         | 0,427671                                  | 0,542288                               |
| 275             | 1,833333      | 16,778000         | 0,427112                                  | 0,542183                               |
| 276             | 1,840000      | 16,808000         | 0,427951                                  | 0,542043                               |
| 277             | 1,846667      | 16,768000         | 0,426833                                  | 0,541870                               |
| 278             | 1,853333      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,541662                               |
| 279             | 1,860000      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,541418                               |
| 280             | 1,866667      | 16,000000         | 0,405473                                  | 0,541136                               |
| 281             | 1,873333      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,540819                               |
| 282             | 1,880000      | 16,000000         | 0,405473                                  | 0,540466                               |
| 283             | 1,886667      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,540080                               |
| 284             | 1,893333      | 16,394000         | 0,416406                                  | 0,539663                               |
| 285             | 1,900000      | 16,394000         | 0,416406                                  | 0,539216                               |
| 286             | 1,906667      | 16,404000         | 0,416685                                  | 0,538744                               |
| 287             | 1,913333      | 16,394000         | 0,416406                                  | 0,538245                               |
| 288             | 1,920000      | 16,394000         | 0,416406                                  | 0,537722                               |
| 289             | 1,926667      | 16,384000         | 0,416128                                  | 0,537175                               |
| 290             | 1,933333      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,536604                               |
| 291             | 1,940000      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,536009                               |
| 292             | 1,946667      | 16,000000         | 0,405473                                  | 0,535389                               |
| 293             | 1,953333      | 16,010000         | 0,405750                                  | 0,534745                               |
| 294             | 1,960000      | 16,212000         | 0,411349                                  | 0,534079                               |
| 295             | 1,966667      | 16,394000         | 0,416406                                  | 0,533394                               |
| 296             | 1,973333      | 16,394000         | 0,416406                                  | 0,532691                               |
| 297             | 1,980000      | 16,192000         | 0,410794                                  | 0,531971                               |
| 298             | 1,986667      | 16,000000         | 0,405473                                  | 0,531233                               |
| 299             | 1,993333      | 16,000000         | 0,405473                                  | 0,530477                               |
| 300             | 2,000000      | 16,000000         | 0,405473                                  | 0,529704                               |
| ~               | ~             | ~                 | ~                                         | ~                                      |

## 3. ENSAYO ETC

## 3.1. Emisiones gaseosas (motor diésel)

Se supondrán los resultados de ensayo siguientes para un sistema PDP-CVS:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| $V_0$ (m <sup>3</sup> /rev.) | 0,1776 |
| $N_p$ (rev.)                 | 23 073 |
| $p_B$ (kPa)                  | 98,0   |
| $p_1$ (kPa)                  | 2,3    |
| $T$ (K)                      | 322,5  |
| $H_a$ (g/kg)                 | 12,8   |
| $NO_{x\ conc}$ (ppm)         | 53,7   |
| $NO_{x\ concd}$ (ppm)        | 0,4    |
| $CO_{conc}$ (ppm)            | 38,9   |
| $CO_{concd}$ (ppm)           | 1,0    |
| $HC_{conc}$ (ppm)            | 9,00   |
| $HC_{concd}$ (ppm)           | 3,02   |
| $CO_{2,conc}$ (%)            | 0,723  |
| $W_{act}$ (kWh)              | 62,72  |

Cálculo del caudal de gas de escape diluido (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.1):

$$M_{TOTW} = 1,293 \times 0,1776 \times 23\,073 \times (98,0 - 2,3) \times 273 / (101,3 \times 322,5)$$

$$= 4\,237,2 \text{ kg}$$

Cálculo del factor de corrección de  $NO_x$  (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.2):

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.3.1.1):

Se considerará un combustible diésel de composición  $C_{11}H_{1,8}$

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{1,8}{2} + \left[ 3,76 \times \left( 1 + \frac{1,8}{4} \right) \right]} = 13,6$$

$$DF = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \times 10^{-4}} = 18,69$$

$$NO_{x\ conc} = 53,7 - 0,4 \times (1 - (1/18,69)) = 53,3 \text{ ppm}$$

$$CO_{conc} = 38,9 - 1,0 \times (1 - (1/18,69)) = 37,9 \text{ ppm}$$

$$HC_{conc} = 9,00 - 3,02 \times (1 - (1/18,69)) = 6,14 \text{ ppm}$$



Cálculo del caudal másico de las emisiones (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.3.1):

$$\text{NO}_{x\text{ mass}} = 0,001587 \times 53,3 \times 1,039 \times 4\,237,2 = 372,391 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times 37,9 \times 4\,237,2 = 155,129 \text{ g}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times 6,14 \times 4\,237,2 = 12,462 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}}_x = 372,391/62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129/62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462/62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

### 3.2. Emisiones de partículas (motor diésel)

Se considerarán los resultados de ensayo siguientes de un sistema PDP-CVS con doble dilución:

|                        |         |
|------------------------|---------|
| $M_{\text{TOTW}}$ (kg) | 4 237,2 |
| $M_{f, p}$ (mg)        | 3,030   |
| $M_{f, b}$ (mg)        | 0,044   |
| $M_{\text{TOT}}$ (kg)  | 2,159   |
| $M_{\text{SEC}}$ (kg)  | 0,909   |
| $M_d$ (mg)             | 0,341   |
| $M_{\text{DIL}}$ (kg)  | 1,245   |
| DF                     | 18,69   |
| $W_{\text{act}}$ (kWh) | 62,72   |

Cálculo de la emisión másica (anexo 4A, apéndice 2, punto 5.1):

$$M_f = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{\text{SAM}} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$\text{PT}_{\text{mass}} = \frac{3,074}{1,250} \times \frac{4\,237,2}{1000} = 10,42 \text{ g}$$

Cálculo de la emisión másica con corrección de fondo (anexo 4A, apéndice 2, punto 5.1):

$$\text{PT}_{\text{mass}} = \left[ \frac{3,074}{1,250} - \left( \frac{0,341}{1,245} \times \left( 1 + \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] \times \frac{4\,237,2}{1000} = 9,32 \text{ g}$$

Cálculo de la emisión específica (anexo 4A, apéndice 2, punto 5.2):

$$\overline{\text{PT}} = 10,42/62,72 = 0,166 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{PT}} = 9,32/62,72 = 0,149 \text{ g/kWh, si se ha efectuado la corrección de fondo.}$$

### 3.3. Emisiones gaseosas (motor de GNC)

Se considerarán los resultados de ensayo siguientes de un sistema PDP-CVS con doble dilución:

|                        |         |
|------------------------|---------|
| $M_{\text{TOTW}}$ (kg) | 4 237,2 |
| $H_a$ (g/kg)           | 12,8    |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| NO <sub>x conc</sub> (ppm)  | 17,2  |
| NO <sub>x concd</sub> (ppm) | 0,4   |
| CO <sub>conc</sub> (ppm)    | 44,3  |
| CO <sub>concd</sub> (ppm)   | 1,0   |
| HC <sub>conc</sub> (ppm)    | 27,0  |
| HC <sub>concd</sub> (ppm)   | 3,02  |
| CH <sub>4 conc</sub> (ppm)  | 18,0  |
| CH <sub>4 concd</sub> (ppm) | 1,7   |
| CO <sub>2,conc</sub> (%)    | 0,723 |
| W <sub>act</sub> (kWh)      | 62,72 |

Cálculo del factor de corrección de NO<sub>x</sub> (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.2):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Cálculo de la concentración de NMHC (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.3.1):

a) método GC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) método NMC

Se considerará una eficacia del metano de 0,04 y una eficacia del etano de 0,98 (véase el anexo 4A, apéndice 5, punto 1.8.4)

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \frac{27,0 \times (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.3.1.1):

Se considerará un carburante de referencia G<sub>20</sub> (100 % metano) de composición C<sub>1</sub>H<sub>4</sub>:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{4}{2} + \left( 3,76 \times \left( 1 + \frac{4}{4} \right) \right)} = 9,5$$

$$\text{DF} = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \times 10^{-4}} = 13,01$$

Para los NMHC, la concentración de fondo es la diferencia entre HC<sub>concd</sub> y CH<sub>4concd</sub>:

$$\text{NO}_{x \text{ conc}} = 17,2 - 0,4 \times (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 44,3 - 1,0 \times (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 8,4 - 1,32 \times (1 - (1/13,01)) = 7,2 \text{ ppm}$$

$$\text{CH}_{4 \text{ conc}} = 18,0 - 1,7 \times (1 - (1/13,01)) = 16,4 \text{ ppm}$$

Cálculo del caudal másico de las emisiones (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.3.1):

$$\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times 16,8 \times 1,074 \times 4\,237,2 = 121,330 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times 43,4 \times 4\,237,2 = 177,642 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000502 \times 7,2 \times 4\,237,2 = 15,315 \text{ g}$$

$$\text{CH}_4 \text{ mass} = 0,000554 \times 16,4 \times 4\,237,2 = 38,498 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4A, apéndice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}}_x = 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 177,642/62,72 = 2,83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 15,315/62,72 = 0,244 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CH}_4} = 38,498/62,72 = 0,614 \text{ g/kWh}$$

#### 4. FACTOR DE DESPLAZAMIENTO $\lambda$ ( $S_\lambda$ )

##### 4.1. Cálculo del factor de desplazamiento $\lambda$ ( $S_\lambda$ ) <sup>(1)</sup>

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert\%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

donde:

$S_\lambda$  = factor de desplazamiento  $\lambda$ ;

Gases inertes, en % = % en volumen de gases inertes en el combustible ( $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , He, etc.);

$\text{O}_2^*$  = % en volumen de oxígeno original en el carburante;

$n$  y  $m$  = se refieren al promedio de  $\text{C}_n\text{H}_m$  que representan los hidrocarburos del combustible, es decir:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{\text{C}_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{\text{C}_3\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_4\%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{\text{C}_5\%}{100}\right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6\%}{100}\right] + \dots + 8 \times \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8\%}{100}\right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent\%}}{100}}$$

donde:

$\text{CH}_4$  = % en volumen de metano en el combustible;

$\text{C}_2$  = % en volumen de todos los hidrocarburos  $\text{C}_2$  ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , etc.) en el combustible;

$\text{C}_3$  = % en volumen de todos los hidrocarburos  $\text{C}_3$  ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ , etc.) en el combustible;

$\text{C}_4$  = % en volumen de todos los hidrocarburos  $\text{C}_4$  ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ , etc.) en el combustible;

$\text{C}_5$  = % en volumen de todos los hidrocarburos  $\text{C}_5$  ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ , etc.) en el combustible;

diluyente = % en volumen de los gases de dilución ( $\text{O}_2^*$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , He, etc.) en el combustible.

<sup>(1)</sup> John B. Heywood: *Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels* — SAE J1829, junio de 1987; McGraw-Hill: *Internal Combustion Engine Fundamentals*, 1988, capítulo 3.4 «Combustion stoichiometry» (páginas 68 a 72).

4.2. Ejemplos para el cálculo del factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ):Ejemplo 1:  $G_{25}$ :  $CH_4 = 86 \%$ ,  $N_2 = 14 \%$  (en volumen)

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{C_2H_4\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Ejemplo 2:  $G_R$ :  $CH_4 = 87 \%$ ,  $C_2H_6 = 13 \%$  (en volumen)

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,87 + 2 \times 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{C_2H_4\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,87 + 6 \times 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Ejemplo 3: EE UU:  $CH_4 = 89 \%$ ,  $C_2H_6 = 4,5 \%$ ,  $C_3H_8 = 2,3 \%$ ,  $C_6H_{14} = 0,2 \%$ ,  $O_2 = 0,6 \%$ ,  $N_2 = 4 \%$ 

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,89 + 2 \times 0,045 + 3 \times 0,023 + 4 \times 0,002}{1 - \frac{0,64 + 4}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{C_2H_4\%}{100} \right] + 6 \times \left[ \frac{C_2H_6}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[ \frac{C_3H_8}{100} \right]}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,89 + 4 \times 0,045 + 8 \times 0,023 + 14 \times 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

## ANEXO 7

**Procedimientos para la realización del ensayo de durabilidad de los sistemas de control de emisiones****1. INTRODUCCIÓN**

En el presente anexo se detallan los procedimientos de selección de una familia de motores que se someterán a ensayo dentro de un programa de acumulación de funcionamiento para determinar los factores de deterioro. Dichos factores de deterioro se aplicarán a las emisiones medidas en motores que estén siendo objeto de un control periódico para garantizar que las emisiones de los motores en circulación no sobrepasan los límites aplicables, tal como se especifican en los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento, durante el periodo de durabilidad aplicable al vehículo en que está instalado el motor.

En el presente anexo se detallan asimismo las actividades de mantenimiento, relacionadas o no con las emisiones, a las que deberán someterse los motores que sigan un programa de acumulación de funcionamiento. Dicho mantenimiento se llevará a cabo en motores en circulación y se comunicará a los propietarios de motores de gran potencia nuevos.

**2. SELECCIÓN DE MOTORES CON VISTAS AL ESTABLECIMIENTO DE FACTORES DE DETERIORO DURANTE LA VIDA ÚTIL**

2.1. Los motores se seleccionarán dentro de la familia de motores definida en el punto 7.1 del presente Reglamento con vistas a la realización de ensayos de emisiones para establecer los factores de deterioro durante la vida útil.

2.2. 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. Con el fin de agrupar los motores que tengan distintos números y configuraciones de cilindros pero posean las mismas especificaciones técnicas y la misma instalación de los sistemas de postratamiento del gas de escape dentro de la misma familia de motores/sistemas de postratamiento, el fabricante facilitará al organismo de homologación los datos que acrediten que las emisiones de dichos motores son similares.

2.3. El fabricante del motor seleccionará un motor que represente a la familia de motores/sistemas de postratamiento para someterlo a ensayo durante el programa de acumulación de funcionamiento definido en el punto 3.2 del presente anexo, con arreglo a los criterios de selección de motores que figuran en el punto 7.2 del presente Reglamento, e informará al respecto al organismo de homologación antes de cualquier ensayo.

2.3.1. En el caso de que el organismo de homologación decida que otro motor caracteriza mejor el caso más desfavorable en cuanto a emisiones de la familia de motores/sistemas de postratamiento, seleccionará el motor de ensayo previa consulta al fabricante del motor.

**3. ESTABLECIMIENTO DE LOS FACTORES DE DETERIORO DURANTE LA VIDA ÚTIL****3.1. 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 procedimiento de acumulación de distancia y tiempo de funcionamiento que incluya ensayos periódicos de emisiones de gases y partículas durante los ensayos ESC y ETC.

**3.2. Programa de acumulación de funcionamiento**

Para la aplicación de los programas de acumulación de funcionamiento, el fabricante podrá optar por hacer funcionar un vehículo equipado con el motor de referencia seleccionado durante un programa de acumulación de funcionamiento en circulación o someterlo a un programa de acumulación de funcionamiento en dinamómetro.

3.2.1. Acumulación de tiempo de funcionamiento en circulación o dinamómetro

- 3.2.1.1. El fabricante determinará la forma y el alcance de la acumulación de distancia y funcionamiento de los motores, de conformidad con las buenas prácticas técnicas.
- 3.2.1.2. El fabricante determinará el momento en que se comprobarán las emisiones de gases y partículas del motor con los ensayos ESC y ETC.
- 3.2.1.3. Se utilizará un único programa de funcionamiento del motor para todos los motores pertenecientes a una misma familia de motores/sistemas de postratamiento.
- 3.2.1.4. A petición del fabricante y previo acuerdo del organismo de homologación, sólo será necesario un ciclo de ensayo (ensayo ESC o ETC) en cada punto de ensayo, y el otro ciclo sólo deberá aplicarse al principio y al final del programa de acumulación de funcionamiento.
- 3.2.1.5. Los programas de funcionamiento podrán ser diferentes para las distintas familias de motores/sistemas de postratamiento.
- 3.2.1.6. Los programas de funcionamiento podrán tener una duración más breve que el periodo de vida útil siempre que el número de puntos de ensayo permita una adecuada extrapolación de los resultados de ensayo, de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.5.2. En cualquier caso, las acumulaciones de funcionamiento no podrán ser inferiores a las indicadas en el punto 3.2.1.8.
- 3.2.1.7. El fabricante deberá facilitar la correlación aplicable entre la acumulación mínima de funcionamiento (distancia recorrida) y las horas de funcionamiento en dinamómetro (por ejemplo, la correlación de consumo de combustible, la correlación entre la velocidad del vehículo y las revoluciones del motor, etc.).
- 3.2.1.8. Funcionamiento mínimo acumulado

| Categoría de vehículos en que se instalará el motor                                                                                     | Funcionamiento mínimo acumulado | Vida útil (punto del presente Reglamento) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| Vehículos de categoría N <sub>1</sub>                                                                                                   | 100 000 km                      | Punto 5.3.1.1                             |
| Vehículos de categoría N <sub>2</sub>                                                                                                   | 125 000 km                      | Punto 5.3.1.2                             |
| Vehículos de categoría N <sub>3</sub> con una masa máxima técnicamente admisible no superior a 16 toneladas                             | 125 000 km                      | Punto 5.3.1.2                             |
| Vehículos de categoría N <sub>3</sub> con una masa máxima técnicamente admisible superior a 16 toneladas                                | 167 000 km                      | Punto 5.3.1.3                             |
| Vehículos de categoría M <sub>2</sub>                                                                                                   | 100 000 km                      | Punto 5.3.1.1                             |
| Vehículos de categoría M <sub>3</sub> de las clases I, II, A y B con una masa máxima técnicamente admisible no superior a 7,5 toneladas | 125 000 km                      | Punto 5.3.1.2                             |
| Vehículos de categoría M <sub>3</sub> de las clases III y B con una masa máxima técnicamente admisible superior a 7,5 toneladas         | 167 000 km                      | Punto 5.3.1.3                             |

- 3.2.1.9. El programa de acumulación de funcionamiento se describirá con todo detalle en la solicitud de homologación y se transmitirá al organismo de homologación antes de cualquier ensayo.
- 3.2.2. Si el organismo de homologación decidiera que es necesario efectuar mediciones adicionales en los ensayos ESC y ETC entre los puntos seleccionados por el fabricante, lo notificará a este último. El programa de acumulación de funcionamiento o el programa de acumulación de funcionamiento en dinamómetro serán preparados por el fabricante y aprobados por el organismo de homologación.

### 3.3. Ensayo del motor

- 3.3.1. Inicio del programa de acumulación de funcionamiento

- 3.3.1.1. El fabricante determinará, para cada familia de motores/sistemas de postratamiento, el número de horas que debe funcionar el motor para que se establezca el funcionamiento del motor/sistema de postratamiento. A petición del organismo de homologación, el fabricante pondrá a su disposición los datos y análisis utilizados para determinar dicho número de horas. Otra posibilidad es que el fabricante opte por hacer funcionar el motor durante 125 horas para estabilizar el motor/sistema de postratamiento.
- 3.3.1.2. El periodo de estabilización determinado en el punto 3.3.1.1 se considerará el inicio del programa de acumulación de funcionamiento.
- 3.3.2. Ensayo de acumulación de funcionamiento
- 3.3.2.1. Después de la estabilización, se hará funcionar el motor durante el programa de acumulación de funcionamiento seleccionado por el fabricante, tal como se describe en el punto 3.2. A intervalos periódicos durante el programa de acumulación de funcionamiento determinados por el fabricante y, en su caso, establecidos también por el organismo de homologación de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.2.2, el motor se someterá a ensayos de emisiones de gases y partículas durante los ciclos ESC y ETC. De acuerdo con lo dispuesto en punto 3.2, si se ha acordado realizar sólo un ciclo de ensayo (ESC o ETC) en cada punto de ensayo, el otro ciclo de ensayo se efectuará al principio y al final del programa de acumulación de funcionamiento.
- 3.3.2.2. Durante el programa de acumulación de funcionamiento, el mantenimiento del motor se llevará a cabo de conformidad con el punto 4.
- 3.3.2.3. Durante el programa de acumulación de funcionamiento, se podrán llevar a cabo operaciones de mantenimiento no programadas en el motor o en el vehículo, por ejemplo, si el sistema OBD detecta un problema específico que da lugar a la activación del indicador de mal funcionamiento (IMF).
- 3.4. **Notificación**
- 3.4.1. Los resultados de todos los ensayos de emisiones (ESC y ETC) realizados durante el programa de acumulación de funcionamiento se pondrán a disposición del organismo de homologación. En caso de que se declaren nulos los resultados de un ensayo de emisiones, el fabricante deberá explicar los motivos. En ese caso, se realizará otra serie de ensayos de emisiones durante los ciclos ESC y ETC en otras 100 horas de acumulación de funcionamiento.
- 3.4.2. Cada vez que un fabricante someta a ensayo un motor durante un programa de acumulación de funcionamiento para el establecimiento de los factores de deterioro, registrará toda la información relativa a todos los ensayos de emisión y todas las actividades de mantenimiento del motor que se efectúen durante dicho programa. Esta información se presentará al organismo de homologación junto con los resultados de los ensayos de emisión realizados durante el programa de acumulación de funcionamiento.
- 3.5. **Determinación de los factores de deterioro**
- 3.5.1. Para cada contaminante medido en los ciclos de ensayo ESC y ETC y en cada punto de ensayo durante el programa de acumulación de funcionamiento, se efectuará un análisis de regresión de «ajuste óptimo» basado en los resultados de todos los ensayos. Los resultados de cada ensayo de cada contaminante se expresarán con el mismo número de decimales, más uno, que el valor límite para dicho contaminante, tal como se indica en los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento. De conformidad con lo dispuesto en el punto 3.2, si se decide realizar un solo ciclo de ensayo (ESC o ETC) en cada punto de ensayo y realizar el otro ciclo (ESC o ETC) únicamente al principio y al final del programa de acumulación de funcionamiento, el análisis de regresión se efectuará atendiendo exclusivamente a los resultados del ciclo de ensayo efectuado en cada punto de ensayo.
- 3.5.2. A partir de los resultados del análisis de regresión, el fabricante calculará los valores de emisión proyectados de cada contaminante al principio del programa de acumulación de funcionamiento y durante la vida útil aplicable al motor sometido a ensayo por extrapolación de la ecuación de regresión, de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.5.1.
- 3.5.3. Para los motores no equipados con un sistema de postratamiento del gas de escape, el factor de deterioro para cada contaminante será la diferencia entre los valores de emisión proyectados en el periodo de vida útil y al inicio del programa de acumulación de funcionamiento.

Para los motores equipados con un sistema de postratamiento del gas de escape, el factor de deterioro para cada contaminante será la relación entre los valores de emisión proyectados en el periodo de vida útil y al inicio del programa de acumulación de funcionamiento.

De conformidad con lo dispuesto en el punto 3.2, si se ha acordado realizar un solo ciclo de ensayo (ESC o ETC) en cada punto de ensayo y realizar el otro ciclo (ESC o ETC) únicamente al principio y al final del programa de acumulación de funcionamiento, el factor de deterioro calculado para el ciclo de ensayo realizado en cada punto de ensayo será aplicable también al otro ciclo, siempre que, para ambos ciclos, sea similar la relación entre los valores medidos al principio y al final del programa de acumulación de funcionamiento.

- 3.5.4. Los factores de deterioro obtenidos para cada contaminante con los ciclos de ensayo adecuados se registrarán en el anexo 6, apéndice 1, punto 1.4, del presente Reglamento.

- 3.6. Como alternativa al uso de un programa de acumulación de funcionamiento para determinar los factores de deterioro, los fabricantes de motores podrán optar por utilizar los factores de deterioro siguientes:

| Tipo de motor | Ciclo de ensayo | CO  | HC   | NMHC | CH <sub>4</sub> | NO <sub>x</sub> | PM  |
|---------------|-----------------|-----|------|------|-----------------|-----------------|-----|
| Motor diésel  | ESC             | 1,1 | 1,05 | —    | —               | 1,05            | 1,1 |
|               | ETC             | 1,1 | 1,05 | —    | —               | 1,05            | 1,1 |
| Motor de gas  | ETC             | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,2             | 1,05            | —   |

- 3.6.1. El fabricante podrá optar por trasladar los factores de deterioro determinados para un motor o una combinación motor/sistema de postratamiento a motores o combinaciones motor/sistema de postratamiento que no entren dentro de la misma familia de motores determinada con arreglo a lo dispuesto en punto 2.1. En tales casos, el fabricante deberá acreditar ante el organismo de homologación que el motor o la combinación motor/sistema de postratamiento de base y el motor o la combinación motor/sistema de postratamiento a los cuales se están trasladando los factores de deterioro tienen las mismas especificaciones técnicas y las mismas prescripciones de instalación en el vehículo, y que las emisiones de dichos motores o combinaciones motor/sistema de postratamiento son similares.

### 3.7. Verificación de la conformidad de la producción

- 3.7.1. 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 punto 8 del presente Reglamento.

- 3.7.2. En el momento de la homologación, el fabricante podrá optar por medir simultáneamente las emisiones contaminantes antes de cualquier sistema de postratamiento del gas de escape. De esta manera, puede desarrollar un factor de deterioro informal separado para el motor y para el sistema de postratamiento que podrá ser utilizado como ayuda para el control del final de la línea de producción.

- 3.7.3. A efectos de la homologación, sólo se registrarán en el anexo 6, apéndice 1, punto 1.4, del presente Reglamento los factores de deterioro adoptados por el fabricante entre los del punto 3.6.1 o los factores de deterioro desarrollados de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.5.

## 4. MANTENIMIENTO

Durante el programa de acumulación de funcionamiento, el mantenimiento llevado a cabo en los motores y el consumo apropiado de cualquier reactivo requerido que se utilice para determinar factores de deterioro se clasificarán, en primer lugar, como relacionados o no con las emisiones y luego, a su vez, como programados o no programados. Algunas operaciones de mantenimiento relacionadas con las emisiones se clasificarán asimismo como críticas.

### 4.1. Mantenimiento programado relacionado con las emisiones

- 4.1.1. En el presente punto se especifica el mantenimiento relacionado con las emisiones programado con vistas a la aplicación de un programa de acumulación de funcionamiento y a su inclusión en las instrucciones de mantenimiento facilitadas a los propietarios de vehículos pesados y motores de gran potencia nuevos.

- 4.1.2. Todo mantenimiento relacionado con las emisiones programado con vistas a la puesta en práctica de un programa de acumulación de funcionamiento deberá efectuarse a intervalos de distancia recorrida idénticos o equivalentes, que se especificarán en las instrucciones de mantenimiento que el fabricante facilita al propietario



del vehículo pesado o motor de gran potencia. Este programa de mantenimiento podrá actualizarse, en su caso, a lo largo de todo el programa de acumulación de funcionamiento, siempre que no se suprima del programa de mantenimiento ninguna operación que haya sido realizada en el motor de ensayo.

- 4.1.3. Cualquier operación de mantenimiento relacionada con las emisiones que se efectúe en los motores deberá ser necesaria para garantizar la conformidad en circulación con las normas pertinentes en materia de emisiones. El fabricante facilitará al organismo de homologación los datos que acrediten que todo el mantenimiento programado en relación con las emisiones es técnicamente necesario.
- 4.1.4. El fabricante del motor deberá especificar el ajuste, la limpieza y el mantenimiento (en su caso) de los elementos siguientes:
- a) los filtros y refrigeradores en el sistema de recirculación del gas de escape;
  - b) la válvula de ventilación positiva del cárter;
  - c) las extremidades del inyector de combustible (sólo limpieza);
  - d) los inyectores de combustible;
  - e) el turbocompresor;
  - f) la unidad de control electrónico del motor y sus sensores y actuadores relacionados;
  - g) el sistema de filtro de partículas (incluidos los componentes relacionados);
  - h) el sistema de recirculación del gas de escape, incluidos todos los tubos y válvulas de control relacionados;
  - i) cualquier sistema de postratamiento del gas de escape.
- 4.1.5. A efectos de mantenimiento, se definen como componentes críticos relacionados con las emisiones los elementos siguientes:
- a) cualquier sistema de postratamiento del gas de escape;
  - b) la unidad de control electrónico del motor y sus sensores y actuadores relacionados;
  - c) el sistema de recirculación del gas de escape, incluidos todos los filtros, refrigeradores, válvulas de control y tubos relacionados;
  - d) la válvula de ventilación positiva del cárter.
- 4.1.6. Debe existir una probabilidad razonable de que todo el mantenimiento crítico programado en relación con las emisiones se realice durante el uso. El fabricante deberá demostrar al organismo de homologación la probabilidad razonable de que dicho mantenimiento se realice durante el uso y lo demostrará antes de que el mantenimiento se lleve a cabo durante el programa de acumulación de funcionamiento.
- 4.1.7. Se considerará que los elementos del mantenimiento crítico programado en relación con las emisiones que satisfagan cualquiera de las condiciones definidas en los puntos 4.1.7.1 a 4.1.7.4 tienen una probabilidad razonable de efectuarse durante el uso.
- 4.1.7.1. Se han presentado datos que establecen una conexión entre las emisiones y las prestaciones del vehículo de modo que, a medida que aumentan las emisiones por falta de mantenimiento, se deterioran las prestaciones del vehículo hasta un punto que resulta inaceptable para su conducción normal.
- 4.1.7.2. Se han presentado datos de investigaciones que demuestran que, a un nivel de confianza del 80 %, en el 80 % de dichos motores el elemento de mantenimiento crítico en cuestión ya se ha realizado durante el uso y a los intervalos recomendados.
- 4.1.7.3. En relación con los requisitos previstos en el anexo 9A, punto [3.6...], del presente Reglamento, en el salpicadero del vehículo se ha instalado un indicador claramente visible que alerta al conductor de la necesidad de mantenimiento. El indicador se activará tras recorrer la distancia adecuada o cuando falle un componente. El

citado indicador permanecerá activado mientras el motor esté en funcionamiento y no se suprimirá hasta que se haya efectuado el mantenimiento requerido. Uno de los pasos requeridos en el programa de mantenimiento será el reajuste de la señal. El sistema no estará diseñado para que se desactive al finalizar el periodo de vida útil del motor, ni posteriormente.

- 4.1.7.4. Cualquier otro método para el cual el organismo de homologación determine que da lugar a una probabilidad razonable de que el mantenimiento crítico se realice durante el uso.

4.2. **Modificaciones del mantenimiento programado**

- 4.2.1. El fabricante deberá someter a la aprobación del organismo de homologación cualquier nuevo mantenimiento programado que desee realizar durante el programa de acumulación de funcionamiento y, en consecuencia, recomendarlo a los propietarios de vehículos pesados y motores de gran potencia. El fabricante incluirá asimismo su recomendación acerca de la categoría (es decir, relacionada con las emisiones, no relacionada con las emisiones, crítica o no crítica) del nuevo mantenimiento programado que propone y, para el mantenimiento relacionado con las emisiones, el intervalo de mantenimiento máximo viable. La solicitud irá acompañada de datos que justifiquen la necesidad del nuevo mantenimiento programado y del intervalo de mantenimiento.

4.3. **Mantenimiento programado no relacionado con las emisiones**

- 4.3.1. Podrá realizarse un mantenimiento programado no relacionado con las emisiones 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, el regulador, el par de los pernos del motor, el juego de la válvula, el juego del inyector, el avance de la inyección, el ajuste de la tensión de las correas de transmisión, etc.) en motores o vehículos seleccionados para el programa de acumulación de funcionamiento, a los intervalos menos frecuentes que el fabricante recomiende al propietario (es decir, no a los intervalos recomendados para un mantenimiento general).

4.4. **Mantenimiento de los motores seleccionados para la realización de ensayos durante un programa de acumulación de funcionamiento**

- 4.4.1. Las reparaciones de los componentes de un motor seleccionado para la realización de ensayos durante un programa de acumulación de funcionamiento distintos del propio motor, el sistema de control de emisiones o el sistema de alimentación de combustible se efectuarán únicamente como resultado del fallo de una pieza o del mal funcionamiento del sistema de motor.

- 4.4.2. No podrá utilizarse ningún equipo, instrumento o herramienta para identificar los componentes del motor que funcionen mal, estén mal ajustados o sean defectuosos, salvo que también dispongan de ellos, o de otros equivalentes, los concesionarios y otros puntos de servicio y

- a) se utilicen en el marco del mantenimiento programado de esos componentes, y
- b) se utilicen a raíz de la detección de un mal funcionamiento del motor.

4.5. **Mantenimiento crítico no programado relacionado con las emisiones**

- 4.5.1. A efectos de la realización de un programa de acumulación de funcionamiento y de su inclusión en las instrucciones de mantenimiento facilitadas por los fabricantes a los propietarios de vehículos pesados y motores de gran potencia nuevos, el consumo de un reactivo requerido se define como un mantenimiento crítico no programado relacionado con las emisiones.
-

## ANEXO 8

**Conformidad de los vehículos/motores en circulación****1. GENERALIDADES**

- 1.1. Por lo que respecta a las homologaciones concedidas en relación con las emisiones, procede adoptar medidas para confirmar la funcionalidad de los dispositivos de control de emisiones durante la vida útil de un motor instalado en un vehículo en condiciones de uso normales (conformidad de los vehículos/motores en circulación debidamente mantenidos y utilizados).
- 1.2. A efectos del presente Reglamento, estas medidas deberán verificarse a lo largo de un periodo correspondiente al periodo de vida útil adecuado definido en el punto 5.3 del presente Reglamento para los vehículos o motores homologados con arreglo a las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.
- 1.3. La verificación de la conformidad de los vehículos/motores en circulación se basará en la información facilitada por el fabricante al organismo de homologación que efectúe un control de las prestaciones en materia emisiones de una serie representativa de vehículos o motores de cuya homologación sea titular el fabricante.

La figura 1 del presente anexo ilustra el procedimiento para la verificación de la conformidad en circulación.

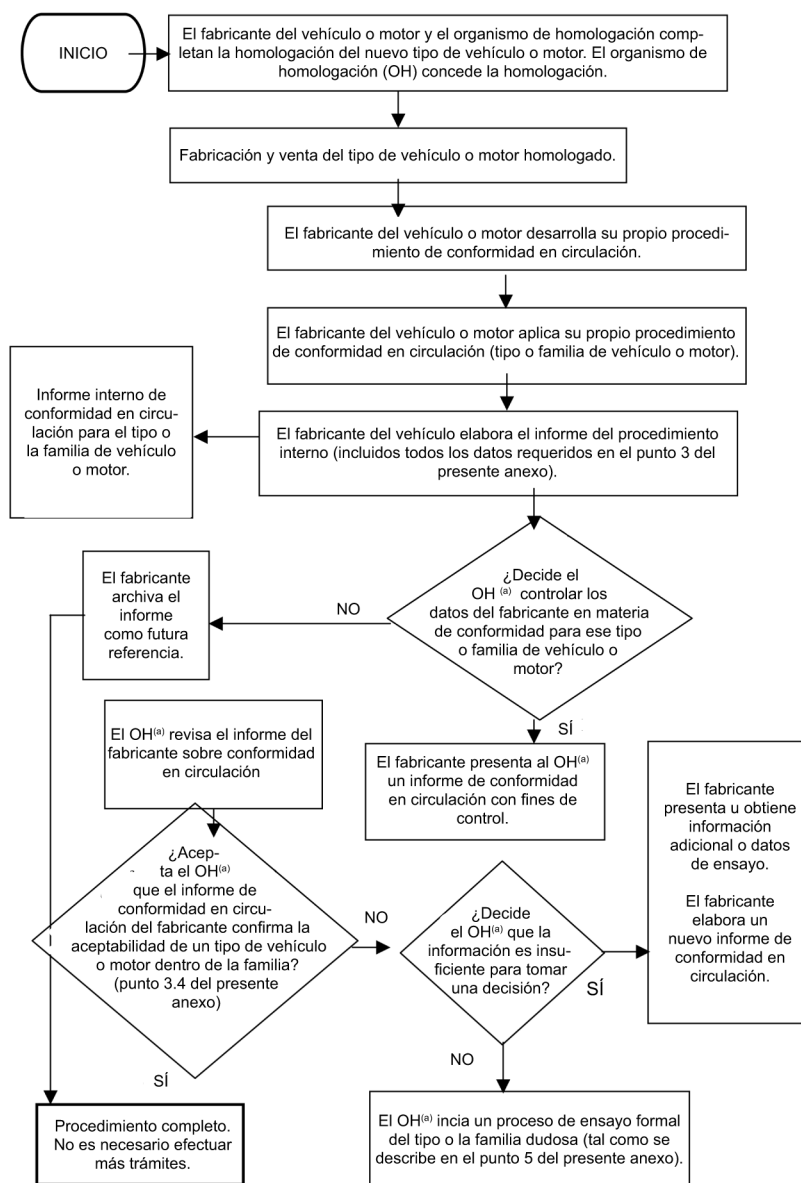
**2. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL**

- 2.1. El departamento administrativo procederá al control de la conformidad en circulación basándose en cualquier información pertinente de que disponga el fabricante, con arreglo a procedimientos similares a los definidos en el apéndice 2 del Acuerdo de 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2). También es posible utilizar informes de control en circulación facilitados por el fabricante, ensayos de vigilancia del organismo de homologación o información sobre ensayos de vigilancia de una Parte Contratante. En el punto 3 se describen los procedimientos que deberán aplicarse.

**3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CONTROL**

- 3.1. El organismo de homologación efectuará el control de conformidad en circulación basándose en la información que le facilite el fabricante. El informe de supervisión en circulación (ISM) del fabricante debería basarse en ensayos en circulación de motores o vehículos utilizando para ello protocolos de ensayo comprobados y pertinentes. Esta información (el informe ISM) deberá incluir, entre otras cosas, los siguientes elementos (véanse los puntos 3.1.1 a 3.1.13)
- 3.1.1. El nombre y la dirección del fabricante.
- 3.1.2. El nombre, la dirección, los números de teléfono y fax y la dirección de correo electrónico de su representante autorizado en las zonas a las que se refiere la información del fabricante.
- 3.1.3. La denominación o las denominaciones del modelo de los motores a los que se refiera la información del fabricante.
- 3.1.4. La lista de los tipos de motores a los que se refiere la información del fabricante, es decir la familia de motores/sistemas de postratamiento.
- 3.1.5. Los códigos del número de identificación del vehículo (VIN) aplicables a los vehículos equipados con un motor que forme parte del control.
- 3.1.6. Los números de las homologaciones correspondientes a los tipos de motores dentro de la familia de motores en circulación, incluidos, en su caso, los números de todas las extensiones y rectificaciones sobre el terreno/recuperaciones (modificaciones).

Figura 1.

**Verificación de la conformidad en circulación — procedimiento de control**

<sup>(a)</sup> En este caso, el OH significa el organismo de homologación que concedió la homologación.

- 3.1.7. Información sobre las extensiones y rectificaciones sobre el terreno/recuperaciones que afecten a las homologaciones de los motores a los que se refiera la información del fabricante (si así lo exige el organismo de homologación).
- 3.1.8. El periodo de tiempo durante el que se recogió la información del fabricante.
- 3.1.9. El periodo de fabricación del motor al que se refiera la información del fabricante (por ejemplo, «vehículos o motores fabricados durante el año civil 2005»).
- 3.1.10. El procedimiento de verificación de la conformidad en circulación del fabricante, incluidos:
- 3.1.10.1. el método de localización del vehículo o motor;
- 3.1.10.2. los criterios de selección y rechazo del vehículo o motor;

- 3.1.10.3. los tipos y procedimientos de ensayo utilizados en el programa;
- 3.1.10.4. los criterios del fabricante en relación con la aceptación/el rechazo para el grupo de familias en circulación;
- 3.1.10.5. las zonas geográficas en las que el fabricante recogió información;
- 3.1.10.6. el tamaño de la muestra y el plan de muestreo utilizados.
- 3.1.11. Los resultados del procedimiento de conformidad en circulación del fabricante, incluidos:
  - 3.1.11.1. la identificación de los motores incluidos en el programa (sometidos o no a ensayo), que incluirá:
    - a) la denominación del modelo,
    - b) el número de identificación del vehículo (VIN),
    - c) el número de identificación del motor,
    - d) el número de registro del vehículo equipado con un motor que forme parte del control,
    - e) la fecha de fabricación,
    - f) la región de utilización (si se conoce),
    - g) el tipo de uso del vehículo (si se conoce), por ejemplo, reparto urbano, largo recorrido, etc.;
  - 3.1.11.2. los motivos de rechazo de un vehículo o motor de una muestra (por ejemplo, tiempo de circulación del vehículo inferior a un año, mantenimiento inadecuado relacionado con las emisiones, evidencia de la utilización de un combustible con un contenido en azufre superior al requerido para el uso normal del vehículo, no conformidad del equipo de control de las emisiones con la homologación); los motivos de rechazo deberán concretarse (por ejemplo, la naturaleza del incumplimiento de las instrucciones de mantenimiento, etc.); un vehículo no debería quedar excluido únicamente porque se haya prolongado excesivamente el periodo de aplicación de la estrategia auxiliar de control de emisiones;
  - 3.1.11.3. el historial de revisión y mantenimiento relacionado con las emisiones de cada motor de la muestra (incluidas las modificaciones);
  - 3.1.11.4. el historial de reparaciones de cada motor de la muestra (si se conoce);
  - 3.1.11.5. los datos del ensayo, es decir:
    - a) la fecha del ensayo;
    - b) el lugar del ensayo;
    - c) la distancia indicada en el cuentakilómetros de un vehículo equipado con un motor sujeto al control;
    - d) las especificaciones del combustible de ensayo (por ejemplo, combustible de referencia para el ensayo o combustible de mercado);
    - e) las condiciones del ensayo (temperatura, humedad y masa inercial del dinamómetro);
    - f) los reglajes del dinamómetro (por ejemplo, el reglaje de la potencia);
    - g) los resultados de los ensayos de emisiones realizado en los ciclos ESC, ETC y ELR de conformidad con el punto 4 del presente anexo; se someterán a ensayo un mínimo de cinco motores;

- h) como alternativa a lo dispuesto en la letra g), los ensayos podrán realizarse siguiendo otro protocolo; el fabricante declarará y justificará la pertinencia de supervisar la funcionalidad en circulación con un ensayo de estas características durante el proceso de homologación (puntos 3 y 4 del presente Reglamento).
- 3.1.12. Registros de indicaciones del sistema OBD.
- 3.1.13. Registro de experiencias relativas al uso de reactivo consumible. En los informes deben detallarse, entre otras cosas, las experiencias del operador por lo que respecta al llenado, la reposición y el consumo de reactivo, así como al manejo de las instalaciones de llenado, y, específicamente, la frecuencia de activación en circulación del limitador temporal de prestaciones y otros ejemplos de deficiencias, la activación del IMF y el registro de un código de fallo relacionado con una falta del reactivo consumible.
- 3.1.13.1. El fabricante deberá presentar informes sobre el funcionamiento en circulación y sobre las deficiencias. Asimismo, deberá informar acerca de las alegaciones de garantía y su naturaleza, así como de las indicaciones sobre el terreno de activación/desactivación del IMF y el registro de un código de fallo relacionado con una falta del reactivo consumible y la activación/desactivación del limitador de prestaciones del motor (véase el punto 5.5.5 del presente Reglamento).
- 3.2. La información recogida por el fabricante deberá ser lo suficientemente completa como para garantizar la evaluación de las prestaciones en circulación en condiciones normales durante la durabilidad apropiada/el periodo de vida útil definido en el punto 6.3 del presente Reglamento y de una manera que sea representativa de la penetración geográfica del fabricante.
- 3.3. Es posible que el fabricante prefiera realizar la supervisión en circulación en un número de motores/vehículos inferior al que se indica en el punto 3.1.11.5, letra g), y utilizando un procedimiento definido con arreglo al punto 3.1.11.5, letra h). Ello podría deberse al escaso número de motores pertenecientes a la(s) familia(s) de motores a la(s) que se refiere el informe. El organismo de homologación deberá aprobar previamente las condiciones al respecto.
- 3.4. Sobre la base del informe de supervisión al que se hace referencia en el presente punto, el organismo de homologación deberá optar por:
- a) decidir que la conformidad en circulación de un tipo de motor o de una familia de motores es satisfactoria y no emprender ninguna otra medida;
  - b) decidir que los datos suministrados por el fabricante no bastan para tomar una decisión y solicitar más información o datos de ensayo al fabricante; cuando se soliciten, y dependiendo de la homologación del motor, estos datos de ensayo adicionales incluirán los resultados de los ensayos ESC, ELR y ETC, o de otros procedimientos de probada eficacia con arreglo a lo dispuesto en el punto 3.1.11.5, letra h);
  - c) decidir que la conformidad en circulación de una familia de motores es insatisfactoria y actuar con vistas a la realización de ensayos confirmatorios sobre una muestra de motores pertenecientes a la familia en cuestión, de conformidad con lo dispuesto en el punto 5 del presente anexo.
- 3.5. Una Parte Contratante podrá llevar a cabo ensayos de vigilancia, y comunicar sus resultados, basándose en el procedimiento de control contemplado en el presente punto. Podrá registrarse la información sobre la obtención, el mantenimiento y la participación del fabricante en las actividades. Asimismo, la Parte Contratante podrá utilizar protocolos de ensayo de emisiones alternativos, de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.1.11.5, letra h).
- 3.6. El organismo de homologación podrá aceptar los ensayos de vigilancia realizados y notificados por una Parte Contratante como base para las decisiones adoptadas con arreglo al punto 3.4.
- 3.7. Conviene que el fabricante informe al organismo de homologación y a la(s) Parte(s) Contratante(s) cuando los motores/vehículos en cuestión se mantengan en circulación porque esté prevista una medida correctora voluntaria. El fabricante presentará los informes cuando tome la decisión de emprender medidas —y periódicamente a partir del inicio de la campaña— especificando los pormenores de las mismas y describiendo los grupos de motores/vehículos que incluirán. Podrán utilizarse los detalles concretos aplicables del punto 7 del presente anexo.

#### 4. ENSAYOS DE EMISIONES

- 4.1. Un motor seleccionado dentro de la familia de motores será sometido a los ciclos de ensayo ESC y ETC, para las emisiones de gases y de partículas, y al ciclo de ensayo ELR, para las emisiones de humo. El motor deberá ser representativo del tipo de uso que se espera de ese tipo de motor y proceder de un vehículo objeto de un uso normal. La obtención, la inspección y el mantenimiento restaurativo del motor/vehículo se efectuarán siguiendo un protocolo como el especificado en el punto 3 y deberán documentarse.

Se respetará el calendario de mantenimiento apropiado del motor al que se hace referencia en el anexo 7, punto 4.

- 4.2. Los valores de las emisiones determinados en los ciclos de ensayo ESC, ETC y ELR se expresarán con el mismo número de decimales, más uno, que el valor límite para el contaminante de que se trate, tal como se indica en los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

#### 5. ENSAYOS CONFIRMATORIOS

- 5.1. Los ensayos confirmatorios se realizan para confirmar la funcionalidad de las emisiones en circulación de una familia de motores.

- 5.1.1. Si no está satisfecho con el informe de supervisión en circulación del fabricante, con arreglo a lo dispuesto en el punto 3.4, o se han aportado pruebas de la no conformidad en circulación, por ejemplo, respecto a lo dispuesto en el punto 3.5, el organismo de homologación podrá ordenar al fabricante que realice ensayos con fines de confirmación. El organismo de homologación examinará el informe de los ensayos confirmatorios facilitado por el fabricante.

- 5.1.2. El organismo de homologación podrá realizar ensayos confirmatorios.

- 5.2. Conviene que los ensayos confirmatorios consistan en ensayos ESC, ETC y ELR del motor, tal como se especifica en el punto 4. Los motores representativos que vayan a someterse a los ensayos deberían desmontarse de vehículos utilizados en condiciones normales antes de la realización de los ensayos. Como alternativa, con el acuerdo previo del organismo de homologación, el fabricante podrá someter a ensayo los componentes de control de las emisiones de vehículos en circulación, después de que hayan sido desmontados, transferidos y montados en motores adecuadamente utilizados y que sean representativos. Para cada serie de ensayos, se seleccionará el mismo conjunto de componentes de control de emisiones. Se explicará el motivo de la selección.

- 5.3. El resultado de un ensayo podrá considerarse no satisfactorio cuando, según los ensayos realizados en dos o más motores que representen a la misma familia de motores, se supere significativamente, para cualquier componente contaminante regulado, el valor límite indicado en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

#### 6. MEDIDAS QUE DEBERÁN ADOPTARSE

- 6.1. Si el organismo de homologación no queda satisfecho con la información o los datos de los ensayos facilitados por el fabricante y, tras realizar ensayos confirmatorios del motor de conformidad con el punto 5, o basándose en ensayos confirmatorios efectuados por una Parte Contratante (punto 5.3), tiene la certeza de que un tipo de motor no cumple los requisitos de dichas disposiciones, pedirá al fabricante que presente un plan de medidas correctoras para subsanar la falta de conformidad.

- 6.2. En tal caso, las medidas correctoras a las que se hace referencia en el apéndice 2 del Acuerdo de 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2) se extenderán, de conformidad con el punto 8, a los motores en circulación pertenecientes al mismo tipo de vehículo que probablemente adolecerán de los mismos defectos.

Para ser válido, el plan de medidas correctoras que presente el fabricante deberá ser aprobado por el organismo de homologación. El fabricante tendrá la responsabilidad de ejecutar el plan de medidas correctoras en los términos en que haya sido aprobado.

El organismo de homologación deberá notificar su decisión a todas las Partes Contratantes en el plazo de 30 días. Las Partes Contratantes podrán exigir que se aplique el mismo plan de medidas correctoras a todos los motores del mismo tipo matriculados en su territorio.

- 6.3. Cuando una Parte en el Acuerdo determine que un tipo de vehículo no es conforme a los requisitos aplicables del presente anexo, lo notificará sin demora a la Parte que concedió la homologación original con arreglo a los requisitos del Acuerdo.

A continuación, con arreglo a lo dispuesto en el Acuerdo, la autoridad competente de la Parte que concedió la homologación original informará al fabricante de que un tipo de vehículo no cumple los requisitos de la disposición mencionada y que se espera que el fabricante adopte determinadas medidas. El fabricante presentará a dicha autoridad, en un plazo de dos meses a partir de la notificación, un plan de medidas para poner remedio a los defectos observados, que deberá coincidir en sustancia con los requisitos del punto 7. En un plazo de dos meses, la autoridad competente que concedió la homologación original consultará al fabricante a fin de llegar a un acuerdo sobre el plan de medidas y sobre su ejecución. Si la autoridad competente que concedió la homologación original establece que no es posible llegar a un acuerdo, se iniciarán los procedimientos pertinentes del Acuerdo.

## 7. PLAN DE MEDIDAS CORRECTORAS

- 7.1. El plan de medidas correctoras, requeridas con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.1, se enviará al organismo de homologación en un plazo máximo de 60 días laborables a partir de la fecha de notificación a la que se refiere el punto 6.1. Dicho organismo dispondrá de un plazo de 30 días laborables para declarar si aprueba o rechaza el plan de medidas correctoras. No obstante, cuando el fabricante pueda demostrar, de manera satisfactoria para el organismo de homologación competente, que necesita más tiempo para investigar la falta de conformidad y presentar el plan de medidas correctoras, se concederá una prórroga.
- 7.2. Las medidas correctoras se aplicarán a todos los motores con probabilidades de presentar el mismo defecto. Se evaluará la necesidad de modificar los documentos de homologación.
- 7.3. El fabricante facilitará una copia de cualquier comunicación relacionada con el plan de medidas correctoras. Asimismo, llevará un registro de la campaña de recuperación y presentará informes de situación periódicos al organismo de homologación.
- 7.4. El plan de medidas correctoras incluirá los requisitos especificados en los puntos 7.4.1 a 7.4.11. El fabricante asignará un único número o nombre de identificación al plan de medidas correctoras.
  - 7.4.1. Una descripción de cada tipo de motor incluido en el plan de medidas correctoras.
  - 7.4.2. Una descripción de las modificaciones, alteraciones, reparaciones, correcciones, reglajes u otros cambios específicos que deban realizarse para que los vehículos sean conformes y un breve resumen de los datos y estudios técnicos en los que se apoya la decisión del fabricante en cuanto a las medidas concretas que vayan a adoptarse para corregir la falta de conformidad.
  - 7.4.3. Una descripción del modo en que el fabricante informará a los propietarios del motor o del vehículo sobre las medidas correctoras.
  - 7.4.4. Una descripción del mantenimiento o uso adecuado, en su caso, que establece el fabricante como condición de selección a efectos de reparación con arreglo al plan de medidas correctoras y explicación de los motivos del fabricante para imponer dicha condición. No podrán imponerse condiciones relativas al mantenimiento o al uso, salvo que se pueda demostrar su relación con la falta de conformidad y con las medidas correctoras.
  - 7.4.5. Una descripción del procedimiento que deberán seguir los propietarios de los motores para obtener la corrección de la falta de conformidad, que deberá incluir: la fecha a partir de la cual podrán adoptarse las medidas correctoras, el tiempo estimado para que el taller realice la reparación y el lugar en que ésta podrá llevarse a cabo. La reparación se efectuará convenientemente, en un plazo razonable a partir de la entrega del vehículo.
  - 7.4.6. Una copia de la información transmitida al propietario del vehículo.
  - 7.4.7. Una descripción sucinta del sistema que utilizará el fabricante para garantizar el suministro adecuado de componentes o sistemas a la hora de aplicar la medida correctora. Se indicará cuándo habrá un suministro adecuado de componentes o sistemas para poner en marcha la campaña.
  - 7.4.8. Una copia de todas las instrucciones que deban enviarse a las personas que intervienen en la reparación.
  - 7.4.9. Una descripción de las repercusiones que tienen las medidas correctoras propuestas en las emisiones, el consumo de combustible, la facilidad de conducción y la seguridad de cada tipo de motor, incluidas en el plan de medidas correctoras con los datos, los estudios técnicos, etc., en los que se apoyan tales conclusiones.



- 7.4.10. Cualquier otra información, informe o dato que el organismo de homologación pueda razonablemente considerar necesario para evaluar el plan de medidas correctoras.
  - 7.4.11. Cuando el plan de medidas correctoras incluya una recuperación, se enviará al organismo de homologación una descripción del método de registro de la reparación. En caso de que se utilice una etiqueta, se remitirá un ejemplar de la misma.
  - 7.5. Se podrá exigir al fabricante que realice ensayos diseñados razonablemente y necesarios de componentes y motores en los que se haya realizado un cambio, una reparación o una modificación que se haya propuesto para demostrar la eficacia de dicho cambio, reparación o modificación.
  - 7.6. El fabricante es responsable de llevar un registro de cada motor o vehículo recuperado y reparado y del taller que efectuó la reparación. El organismo de homologación tendrá acceso a dicho registro, previa petición, durante un plazo de 5 años a partir de la aplicación del plan de medidas correctoras.
  - 7.7. La reparación o modificación o la incorporación de nuevos equipos se harán constar en un certificado que el fabricante facilitará al propietario del motor.
-

## ANEXO 9A

**Sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)****1. INTRODUCCIÓN**

En el presente anexo se describen las disposiciones específicas aplicables a los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD) para los sistemas de control de emisiones de los vehículos de motor.

**2. DEFINICIONES**

A efectos del presente anexo, además de las definiciones que figuran en el punto 2 del presente Reglamento, se entenderá por:

«ciclo de calentamiento», el tiempo de funcionamiento del motor suficiente para que la temperatura del refrigerante aumente al menos 22 K desde la puesta en marcha del motor y alcance un valor mínimo de 343 K (70 °C);

«acceso», la disponibilidad de todos los datos del sistema OBD relativos a las emisiones, incluidos todos los códigos de fallo necesarios para la inspección, el diagnóstico, el mantenimiento o la reparación de las piezas del vehículo relacionadas con las emisiones, a través de la interfaz serial del conector de diagnóstico normalizado;

«deficiencia», en el campo de los sistemas OBD de los motores, el hecho de que hasta dos componentes o sistemas separados que estén siendo objeto de supervisión presenten características de funcionamiento temporales o permanentes que reduzcan la capacidad de supervisión del sistema OBD para dichos componentes o sistemas o no cumplan todos los demás requisitos detallados para el sistema OBD; podrán homologarse, matricularse y comercializarse motores, o vehículos en relación con su motor, que presenten tales deficiencias de acuerdo con los requisitos del punto 4.3 del presente anexo;

«componente/sistema deteriorado», un motor o componente/sistema de postratamiento de gas de escape que haya sido intencionadamente deteriorado de manera controlada por el fabricante con vistas a la realización de un ensayo de homologación del sistema OBD;

«ciclo de ensayo OBD», un ciclo de conducción que constituye una variante del ciclo ESC y que sigue el mismo orden de las trece fases individuales descritas en el anexo 4A, apéndice 1, punto 2.7.1, del presente Reglamento, pero en el que la duración de cada fase se reduce a sesenta segundos;

«secuencia de funcionamiento», la secuencia utilizada para determinar las condiciones para apagar el IMF, que comprende una puesta en marcha del motor, un periodo de funcionamiento, una parada del motor y el lapso de tiempo hasta la siguiente puesta en marcha, y en la que estará activado el sistema OBD y detectaría un posible caso de mal funcionamiento;

«ciclo de preacondicionamiento», la realización de al menos tres ciclos de ensayo del sistema OBD o ciclos de ensayo de emisiones consecutivos con vistas a alcanzar la estabilidad de funcionamiento del motor y a preparar el sistema de control de emisiones y la supervisión del sistema OBD;

«información sobre reparaciones», toda la información requerida para el diagnóstico, el mantenimiento, la inspección, la supervisión periódica o la reparación del vehículo, que los fabricantes ponen a disposición de los talleres/concesionarios autorizados; cuando sea necesario, esta información incluirá los manuales de servicio, las guías técnicas, las indicaciones de diagnóstico (por ejemplo, los valores teóricos mínimo y máximo requeridos para las mediciones), los diagramas de cableado, el número de identificación de calibración del software aplicable a un tipo de motor, la información necesaria para la actualización del software de los sistemas electrónicos de conformidad con las especificaciones del fabricante del vehículo, las instrucciones para casos concretos y específicos, la información facilitada acerca de herramientas y equipos, la información sobre registros de datos y los datos bidireccionales de supervisión y ensayo; el fabricante no estará obligado a hacer pública la información que esté protegida por derechos de propiedad intelectual o forme parte de los conocimientos técnicos específicos de los fabricantes o los proveedores del equipo original; en ese caso no será denegada de forma indebida la información técnica necesaria;

«normalizado», el hecho de que todos los datos del sistema OBD relacionados con las emisiones (es decir, flujo de datos en caso de que se utilice un equipo de diagnóstico), incluidos todos los códigos de fallo utilizados, únicamente se producirán de conformidad con normas del sector que, al estar claramente definidos su formato y las opciones autorizadas, ofrezcan un nivel máximo de armonización en la industria de los vehículos de motor y cuyo uso esté autorizado expresamente por el presente Reglamento;

«acceso libre»,

- a) acceso que no requiere un código de acceso o dispositivo similar que sólo pueda facilitar el fabricante, o
- b) acceso que permite evaluar los datos generados sin necesidad de una información decodificadora única, salvo que la propia información esté normalizada.

### 3. REQUISITOS Y ENSAYOS

#### 3.1. Requisitos generales

3.1.1. Los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD) estarán diseñados, fabricados e instalados en los vehículos de manera que puedan detectar distintos tipos de mal funcionamiento durante toda la vida del motor. Para cumplir este objetivo, el organismo de homologación aceptará que los motores que hayan sido utilizados más allá del periodo de durabilidad apropiado definido en el punto 5.3 del presente Reglamento, puedan presentar cierto deterioro en el funcionamiento del sistema OBD, de tal manera que puedan rebasarse los umbrales de dicho sistema indicados en el punto 5.4.4 del presente Reglamento antes de que el sistema indique un fallo al conductor del vehículo.

3.1.2. Cada vez que se ponga en marcha el motor se iniciará una secuencia de verificaciones diagnósticas, que se completará al menos una vez si se dan las condiciones de ensayo apropiadas. Las condiciones de ensayo deberán seleccionarse de forma que se produzcan todas en las condiciones de conducción representadas por el ensayo definido en el punto 2 del apéndice 1 del presente anexo.

3.1.2.1. Los fabricantes no estarán obligados a activar un componente/sistema únicamente con vistas a la supervisión funcional del sistema OBD en las condiciones de funcionamiento del vehículo si, en condiciones normales, el componente/sistema no habría estado activado (por ejemplo, activación de un calentador del depósito de reactivo o un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o de un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas cuando, en condiciones normales, dicho sistema no habría estado activado).

3.1.3. El sistema OBD podrá incluir dispositivos que midan, capten o respondan a variables de funcionamiento (por ejemplo, la velocidad del vehículo, el régimen del motor, la marcha utilizada, la temperatura, la presión de admisión o cualquier otro parámetro) con objeto de detectar posibles casos de mal funcionamiento y de reducir al mínimo el riesgo de indicación errónea de mal funcionamiento. Estos dispositivos no son dispositivos de manipulación.

3.1.4. El acceso al sistema OBD necesario para la inspección, el diagnóstico, el mantenimiento o la reparación del vehículo deberá ser libre y estar normalizado. Todos los códigos de fallo relacionados con las emisiones deberán ser coherentes con los descritos en el punto 6.8.5 del presente anexo.

#### 3.2. Requisitos de la fase I del sistema OBD

3.2.1. A partir de las fechas indicadas en el punto 5.4.1 del presente Reglamento, el sistema OBD de todos los motores diésel y de todos los vehículos equipados con un motor diésel deberán indicar el fallo de un componente o sistema relacionado con las emisiones cuando ese fallo tenga como consecuencia un incremento de las emisiones por encima de los umbrales apropiados del OBD indicados en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

3.2.2. Para cumplir los requisitos de la fase I, el sistema OBD deberá supervisar:

3.2.2.1. la retirada completa de un catalizador, cuando esté instalado como unidad separada, independientemente de que forme parte de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o de un filtro de partículas;

3.2.2.2. la reducción de la eficacia del sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, en caso de estar instalado, con respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub> únicamente;

3.2.2.3. la reducción de la eficacia del filtro de partículas, en caso de estar instalado, con respecto a las emisiones de partículas únicamente;

3.2.2.4. la reducción de la eficacia de un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas, en caso de estar instalado, con respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub> y de partículas.

### 3.2.3. Fallo de funcionamiento importante

3.2.3.1. Como alternativa a la supervisión del cumplimiento adecuado de los umbrales del sistema OBD con respecto a los puntos 3.2.2.1 a 3.2.2.4, los sistemas OBD de motores diésel podrán, de conformidad con el punto 5.4.1.1 del presente Reglamento, supervisar posibles fallos importantes de funcionamiento de los componentes siguientes:

- a) un catalizador, cuando esté instalado como unidad separada, independientemente de que forme parte de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o de un filtro de partículas;
- b) un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, si está instalado;
- c) un filtro de partículas, si está instalado;
- d) un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas.

3.2.3.2. En el caso de un motor equipado con un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, a continuación se presentan algunos ejemplos de supervisión de fallos importantes de funcionamiento: retirada completa del sistema o sustitución del mismo por un sistema falso (dos casos de importante fallo de funcionamiento intencionado), falta del reactivo requerido para un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, fallo de un componente eléctrico de reducción catalítica selectiva (SCR), cualquier fallo eléctrico de un componente (por ejemplo, sensores y actuadores, unidad de control de dosificación) de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, incluido, en su caso, el sistema de calentamiento del reactivo, o fallo del sistema de dosificación del reactivo (por ejemplo, falta de suministro de aire, obturación de la tobera o fallo de la bomba dosificadora).

3.2.3.3. En el caso de un motor equipado con un filtro de partículas, a continuación se presentan algunos ejemplos de supervisión de fallos importantes de funcionamiento: fusión importante del sustrato del purgador u obturación del purgador que dé lugar a una presión diferencial fuera del intervalo declarado por el fabricante, cualquier fallo eléctrico de un componente (por ejemplo, sensores y actuadores, unidad de control de la dosificación) de un filtro de partículas, o fallo, en su caso, de un sistema de dosificación del reactivo (por ejemplo, obturación de la tobera o fallo de la bomba dosificadora).

3.2.4. Los fabricantes podrán demostrar al organismo de homologación que algunos componentes o sistemas no requieren supervisión si, en caso de que fallen o se retiren por completo, las emisiones no rebasan los umbrales aplicables a la fase I del sistema OBD indicados en el punto 5.4.4 del presente Reglamento cuando se miden durante los ciclos indicados en el punto 1.1 del apéndice 1 del presente anexo. Esta disposición no será aplicable a los dispositivos de recirculación de gas de escape (EGR), los sistemas de reducción de NO<sub>x</sub>, los filtros de partículas o sistemas combinados de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas ni los componentes o sistemas que estén siendo supervisados para detectar posibles fallos importantes de funcionamiento.

### 3.3. Requisitos de la fase II del sistema OBD

3.3.1. A partir de las fechas indicadas en el punto 5.4.2 del presente Reglamento, el sistema de diagnóstico a bordo de todos los motores diésel o de gas y de todos los vehículos equipados con un motor diésel o de gas deberán indicar el fallo de un componente o sistema relacionado con las emisiones cuando ese fallo tenga como consecuencia un incremento de las emisiones por encima de los umbrales apropiados del sistema OBD indicados en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

El sistema OBD deberá considerar la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre la unidad de control electrónico del sistema de motor (EECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o vehículo cuando la información intercambiada repercuta en el buen funcionamiento del control de las emisiones. El sistema OBD deberá diagnosticar la integridad de la conexión entre la EECU y el medio que permite el contacto con estos otros componentes del vehículo (por ejemplo, el bus de comunicación).

3.3.2. Para cumplir los requisitos de la fase II, el sistema OBD deberá supervisar:

- 3.3.2.1. la reducción de la eficacia del catalizador, cuando esté instalado como unidad separada, independientemente de que forme parte de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o de un filtro de partículas;
- 3.3.2.2. la disminución de la eficacia del sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, en caso de estar instalado, con respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub> únicamente;
- 3.3.2.3. la disminución de la eficacia del filtro de partículas, en caso de estar instalado, con respecto a las emisiones de partículas únicamente;
- 3.3.2.4. la disminución de la eficacia de un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas, en caso de estar instalado, con respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub> y de partículas.

3.3.2.5. la desconexión eléctrica de la interfaz entre la unidad de control electrónico del motor (EECU) y cualquier otro sistema eléctrico o electrónico del grupo motopropulsor o vehículo (por ejemplo, la unidad de control electrónico de la transmisión [TECU]).

3.3.3. Los fabricantes podrán demostrar al organismo de homologación que algunos componentes o sistemas no requieren supervisión si, en caso de que fallen o se retiren por completo, las emisiones no rebasan los umbrales aplicables a la fase II del OBD indicados en el punto 5.4.4 del presente Reglamento cuando se miden durante los ciclos indicados en punto 1.1 del apéndice 1 del presente anexo. Esta disposición no será aplicable a los dispositivos de recirculación de gas de escape (EGR), a los sistemas de reducción de NO<sub>x</sub>, a los filtros de partículas o a los sistemas combinados de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas.

#### 3.4. Requisitos de las fases 1 y 2

3.4.1. Para cumplir los requisitos de la fase I o la fase II, el sistema OBD deberá supervisar los elementos siguientes.

3.4.1.1. La continuidad del circuito (esto es, circuito abierto o cortocircuito) y el fallo total del actuador o actuadores electrónicos de cantidad de combustible inyectada y de avance del sistema de inyección de combustible.

3.4.1.2. Todos los demás componentes o sistemas de motor o de postratamiento del gas de escape relacionados con las emisiones que estén conectados a un ordenador, cuyo fallo podría originar emisiones en el tubo de escape por encima de los umbrales del sistema OBD indicados en el punto 5.4.4 del presente Reglamento. Se trata, como mínimo, del sistema de recirculación del gas de escape (EGR), los sistemas o componentes destinados a la supervisión y el control del caudal másico del aire, el caudal volumétrico (y la temperatura) del aire, la presión de sobrealimentación y la presión en el colector de admisión (así como los sensores pertinentes necesarios para la ejecución de estas funciones), los sensores y actuadores de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> y los sensores y actuadores de un filtro de partículas de activación electrónica activo.

3.4.1.3. Cualquier otro componente o sistema de motor o de postratamiento del gas de escape relacionado con las emisiones y conectado a una unidad de control electrónico deberá ser objeto de supervisión para evitar que se produzcan desconexiones eléctricas, a menos que se supervise de otra manera.

3.4.1.4. En el caso de motores equipados con un sistema de postratamiento que utilice un reactivo consumible, el sistema OBD deberá supervisar los siguientes elementos:

- a) la falta de cualquier reactivo requerido;
- b) la conformidad de la calidad del reactivo requerido respecto a las especificaciones declaradas por el fabricante en el anexo 1 del presente Reglamento;
- c) el consumo y la dosificación del reactivo;

de acuerdo con el punto 5.5.4 del presente Reglamento.

#### 3.5. Funcionamiento del sistema OBD e inhabilitación temporal de algunas de sus funciones de supervisión

3.5.1. El sistema OBD deberá estar diseñado, fabricado e instalado en el vehículo de manera que, en las condiciones de uso definidas en el punto 5.1.5.4 del presente Reglamento, pueda cumplir los requisitos del presente anexo.

Fuera de estas condiciones de funcionamiento normales, el sistema de control de emisiones podrá presentar cierta degradación del funcionamiento del sistema OBD de manera que podrían superarse los umbrales indicados en el punto 5.4.4 del presente Reglamento antes de que el OBD señale un fallo al conductor del vehículo.

El sistema OBD no deberá inhabilitarse, salvo que se cumplan una o varias de las condiciones siguientes.

3.5.1.1. Los sistemas de supervisión del OBD afectados podrán inhabilitarse si su capacidad de supervisión se ve mermada por un escaso nivel de combustible. Por este motivo, se permitirá la inhabilitación cuando el nivel del depósito de combustible descienda por debajo del 20 % de su capacidad nominal.

3.5.1.2. Los sistemas de supervisión del OBD afectados podrán inhabilitarse temporalmente durante la aplicación de una estrategia auxiliar de control de emisiones, tal como se describe en el punto 5.1.5.1 del presente Reglamento.

- 3.5.1.3. Los sistemas de supervisión del OBD podrán inhabilitarse temporalmente cuando se activen estrategias de funcionamiento de seguridad o de funcionamiento en modo degradado.
- 3.5.1.4. Para los vehículos cuyo diseño permita la instalación de unidades de toma de fuerza, se permitirá inhabilitar los sistemas de supervisión del OBD afectados, siempre que la inhabilitación se produzca únicamente cuando esté activada la unidad de toma de fuerza y el vehículo no circule.
- 3.5.1.5. Los sistemas de supervisión del OBD afectados podrán inhabilitarse temporalmente durante la regeneración periódica de un sistema de control de emisiones situado después del motor (es decir, un filtro de partículas, un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas).
- 3.5.1.6. Los sistemas de supervisión del OBD afectados podrán inhabilitarse temporalmente aunque no se reúnan las condiciones de uso definidas en el punto 5.1.5.4 del presente Reglamento cuando dicha inhabilitación pueda justificarse por una limitación de la capacidad de supervisión (incluida la modelización) del OBD.
- 3.5.2. El sistema de supervisión del OBD no tiene que evaluar los componentes durante un mal funcionamiento si esta evaluación pudiera entrañar riesgos para la seguridad o provocar un fallo del componente en cuestión.

### 3.6. Activación del indicador de mal funcionamiento (IMF)

- 3.6.1. El sistema OBD deberá incluir un indicador de mal funcionamiento fácilmente visible por el conductor del vehículo. Salvo en el caso contemplado en el punto 3.6.2 del presente anexo, el IMF (símbolo o testigo luminoso) no podrá utilizarse para otro fin que no sea el de alertar de un mal funcionamiento relacionado con las emisiones, excepto para indicar al conductor una puesta en marcha de emergencia o rutinas de funcionamiento en modo degradado. Se podrá dar la máxima prioridad a los mensajes relativos a la seguridad. El indicador de mal funcionamiento será visible en todas las condiciones de iluminación razonables. Cuando esté activado, deberá mostrar un símbolo conforme a la norma ISO 2575 <sup>(1)</sup> / (testigo luminoso en el salpicadero o símbolo en una pantalla del salpicadero). Un vehículo no deberá estar equipado con más de un IMF de uso general para problemas relacionados con las emisiones. Se podrá mostrar información específica por separado (por ejemplo, información relativa al sistema de frenado, los cinturones de seguridad, la presión del aceite, los requisitos de revisión o la falta de un reactivo necesario para el funcionamiento del sistema de reducción de NO<sub>x</sub>). Se prohíbe el uso del color rojo para el IMF.
- 3.6.2. El indicador de mal funcionamiento podrá servir para indicar al conductor la necesidad de efectuar una operación de mantenimiento urgente. Esta indicación podrá ir acompañada asimismo de un mensaje apropiado en una pantalla del salpicadero que advierta de la necesidad de efectuar un mantenimiento urgente.
- 3.6.3. En relación con las estrategias que requieran más de un ciclo de preacondicionamiento para la activación del indicador de mal funcionamiento, el fabricante aportará datos o una evaluación técnica que demuestre adecuadamente que el sistema de supervisión es igualmente eficaz y oportuno en la detección del deterioro de componentes. No se aceptarán estrategias que requieran como promedio más de diez diagnósticos a bordo o ciclos de ensayo de emisiones para la activación del IMF.
- 3.6.4. El IMF deberá activarse también cada vez que el control del motor entre en un modo permanente de emisión por defecto y cuando el sistema OBD no esté en condiciones de cumplir los requisitos básicos de supervisión especificados en el presente Reglamento.
- 3.6.5. Cuando se haga referencia al presente punto, se activará el IMF y, además, un modo de advertencia clara, por ejemplo, un IMF intermitente o un símbolo conforme a la norma ISO 2575 <sup>(2)</sup>.
- 3.6.6. El indicador de mal funcionamiento se activará cuando en el encendido del vehículo la llave esté en posición «on», antes del arranque del motor o del giro del cigüeñal, y se desactivará en los 10 segundos posteriores al arranque del motor si previamente no se detecta un mal funcionamiento.

### 3.7. Almacenamiento de los códigos de fallo

El sistema OBD debe registrar todo código de fallo que indique la situación del sistema de control de emisiones. Para cualquier mal funcionamiento detectado y verificado que provoque la activación del IMF se almacenará un código de fallo que identifique el sistema o componente afectado de la forma más clara posible. Conviene almacenar un código separado que indique la situación de activación esperada del IMF (por ejemplo, IMF «ON», o IMF «OFF»).

<sup>(1)</sup> Símbolos F01 o F22.

<sup>(2)</sup> Símbolo F24.

Se utilizarán códigos de situación distintos para identificar los sistemas de control de emisiones que funcionen correctamente y los que necesiten un funcionamiento más prolongado del motor para completar su evaluación. Si el IMF se activa como consecuencia de un mal funcionamiento o de modos de funcionamiento de emisión por defecto, deberá almacenarse un código de fallo que identifique la zona probable del mal funcionamiento. Se almacenará asimismo un código de fallo en los casos indicados en los puntos 3.4.1.1 y 3.4.1.3 del presente anexo.

- 3.7.1. Si la supervisión ha sido desactivada durante 10 ciclos de conducción como consecuencia del funcionamiento continuo del vehículo en condiciones conformes a las especificadas en el punto 3.5.1.2 del presente anexo, el sistema de vigilancia podrá ponerse en posición «preparado» sin que se haya completado la supervisión.

- 3.7.2. El dato relativo a las horas de funcionamiento del motor con el IMF activado deberá estar disponible cada vez que se solicite, a través del puerto serial en el conector de enlace estándar, de conformidad con las especificaciones del punto 6.8 del presente anexo.

### 3.8. Apagado del indicador de mal funcionamiento

- 3.8.1. El IMF podrá desactivarse después de 3 secuencias de funcionamiento sucesivas o de 24 horas de funcionamiento del motor durante las cuales el sistema de supervisión responsable de la activación del IMF deje de detectar el mal funcionamiento en cuestión y no se haya detectado otro caso de mal funcionamiento que active independientemente el IMF.

- 3.8.2. En caso de activación del IMF como consecuencia de la falta de reactivo para el sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o el sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/postratamiento de partículas o del uso de un reactivo no conforme a las especificaciones declaradas por el fabricante, el IMF podrá volver a ajustarse al estado de activación anterior después de llenar el depósito o de sustituir el reactivo por otro que cumpla las especificaciones prescritas.

- 3.8.3. En caso de activación del IMF como consecuencia de un funcionamiento incorrecto del sistema de motor en relación con las medidas de control de NO<sub>x</sub>, o de un consumo o una dosificación incorrectos del reactivo, el IMF podrá volver a ajustarse al estado de activación anterior si dejan de darse las condiciones descritas en los puntos 5.5.3, 5.5.4 y 5.5.7 del presente Reglamento.

### 3.9. Borrado de un código de fallo

- 3.9.1. El sistema OBD podrá borrar un código de fallo, las horas de funcionamiento del motor y la información de «imagen fija» si no se registra de nuevo el mismo fallo durante al menos 40 ciclos de calentamiento o 100 horas de funcionamiento del motor (lo que ocurra antes), salvo en los casos a los que se hace referencia en el punto 3.9.2.

- 3.9.2. A partir del 9 de noviembre de 2006, para las nuevas homologaciones de tipo, y del 1 de octubre de 2007, para todas las matriculaciones, cuando se genere un código de fallo imborrable con arreglo a los puntos 5.5.3 o 5.5.4 del presente Reglamento, el sistema OBD conservará, durante al menos 400 días o 9 600 horas de funcionamiento del motor, un registro del código de fallo y de las horas de funcionamiento del motor con el IMF activado.

Estos códigos de fallo y las correspondientes horas de funcionamiento del motor con el IMF activado no se borrarán mediante la utilización de una herramienta externa de diagnóstico o de otro tipo a las que se hace referencia en el punto 6.8.3 del presente anexo.

## 4. REQUISITOS RELATIVOS A LA HOMOLOGACIÓN DE SISTEMAS OBD

- 4.1. A efectos de homologación, el sistema OBD se someterá a ensayo de conformidad con los procedimientos previstos en el apéndice 1 del presente anexo.

Para los ensayos de demostración del OBD se usará un motor representativo de su familia de motores (véase el punto 7 del presente Reglamento) o bien se facilitará el informe de ensayo del sistema OBD de referencia de la familia de motores-OBD al organismo de homologación.

- 4.1.1. En el caso de la fase I del sistema OBD a la que se hace referencia en el punto 3.2, el sistema OBD deberá:

- 4.1.1.1. indicar el fallo de un componente o sistema relacionado con las emisiones cuando dicho fallo genere un incremento de las emisiones por encima de los umbrales del sistema OBD correspondientes que figuran en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento; o bien

- 4.1.1.2. indicar, en su caso, cualquier fallo importante de funcionamiento de un sistema de postratamiento del gas escape.



4.1.2. En el caso de la fase II del sistema OBD a la que se hace referencia en el punto 3.3, el sistema OBD deberá indicar el fallo de un componente o sistema relacionado con las emisiones cuando dicho fallo provoque un incremento de las emisiones por encima de los umbrales del sistema OBD que figuran en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

4.1.3. Tanto para la fase I como para la fase II del sistema OBD, éste deberá indicar la falta de cualquier reactivo requerido que sea necesario para el funcionamiento de un sistema de postratamiento del gas de escape.

#### 4.2. Requisitos de instalación

4.2.1. La instalación en el vehículo de un motor equipado con un sistema OBD se hará con arreglo a las disposiciones del presente anexo que figuran a continuación en lo que respecta al equipo del vehículo:

- a) las disposiciones de los puntos 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.5 relativas al indicador de mal funcionamiento y, en su caso, a los modos de advertencia adicionales,
- b) en su caso, las disposiciones del punto 6.8.3.1 relativas al uso de un dispositivo de diagnóstico a bordo;
- c) las disposiciones del punto 6.8.6 relativas a la interfaz de conexión.

#### 4.3. Homologación de un sistema OBD que presente deficiencias

4.3.1. El fabricante podrá presentar ante el organismo de homologación una solicitud de homologación de un sistema OBD aunque éste tenga una o varias deficiencias que impidan el pleno cumplimiento de los requisitos específicos del presente anexo.

4.3.2. Al estudiar la solicitud, el organismo de homologación determinará si es posible el cumplimiento de los requisitos del presente anexo o si no es razonable.

El organismo de homologación tendrá en cuenta los datos procedentes del fabricante que detallen factores tales como la viabilidad técnica, los plazos y los ciclos de producción, incluidas la introducción o retirada paulatinas de diseños de motores o vehículos y las mejoras programadas de los ordenadores, la medida en que el sistema OBD resultante será eficaz para cumplir los requisitos del presente Reglamento y si el fabricante ha demostrado haber realizado un esfuerzo suficiente para cumplir dichos requisitos.

4.3.3. El organismo de homologación no aceptará ninguna solicitud con deficiencias que supongan la ausencia completa de la función de diagnóstico prescrita.

4.3.4. El organismo de homologación no aceptará ninguna solicitud de homologación de un sistema OBD con deficiencias que no respete los umbrales indicados en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

4.3.5. Al determinar el orden de identificación de las deficiencias, se especificarán en primer lugar las relacionadas con la fase I del sistema OBD respecto a los puntos 3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.2.2.3, 3.2.2.4 y 3.4.1.1, y las relacionadas con la fase II del sistema OBD respecto a los puntos 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4 y 3.4.1.1 del presente anexo.

4.3.6. Con anterioridad a la homologación, o en el momento de la misma, no se aceptará ninguna deficiencia en relación con los requisitos del punto 3.2.3 y del punto 6, salvo las del punto 6.8.5, del presente anexo.

4.3.7. Periodo de deficiencia

4.3.7.1. Podrá admitirse una deficiencia durante un periodo de dos años a partir de la fecha de homologación de un tipo de motor o vehículo, a menos que se pueda demostrar adecuadamente que, para corregir la deficiencia, sería necesario introducir cambios sustanciales en el motor y prolongar el plazo de realización más allá de los dos años. En ese caso, la deficiencia podrá mantenerse durante un plazo no superior a tres años.

4.3.7.2. Un fabricante puede solicitar que el organismo de homologación original autorice una deficiencia retrospectivamente cuando dicha deficiencia se descubra después de la homologación original. En ese caso, podrá mantenerse la deficiencia durante un periodo de dos años a partir de la fecha de notificación al organismo de homologación, a menos que se pueda demostrar adecuadamente que, para corregir la deficiencia, sería necesario introducir cambios sustanciales en el motor y prolongar el plazo de realización más allá de los dos años. En ese caso, la deficiencia podrá mantenerse durante un plazo no superior a tres años.

4.3.7.3. El organismo notificará su decisión sobre la solicitud con deficiencia a todas las Partes Contratantes.



## 5. ACCESO A LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA OBD

### 5.1. **Piezas de recambio, herramientas de diagnóstico y equipo de ensayo**

- 5.1.1. Las solicitudes de homologación o de modificación de una homologación irán acompañadas de la información pertinente relativa al sistema OBD. Dicha información permitirá a los fabricantes de componentes de recambio o de modernización hacer compatibles las piezas que fabrican con el sistema OBD a fin de permitir una utilización sin defectos que garantice al usuario del vehículo la ausencia de todo tipo de mal funcionamiento. De igual modo, dicha información permitirá a los fabricantes de herramientas de diagnóstico y de equipo de ensayo producir herramientas y equipo que garanticen un diagnóstico eficaz y preciso de los sistemas de control de emisiones.
- 5.1.2. El organismo de homologación pondrá a disposición de cualquier fabricante de componentes, herramientas de diagnóstico o equipo de ensayo que lo solicite, sin ningún tipo de discriminación, el anexo 2A, apéndice 1, que contiene la información relativa al sistema OBD tal como se especifica en el anexo 6, apéndice 2, del presente Reglamento.
- 5.1.2.1. En el caso de piezas de recambio o componentes de mantenimiento, sólo se podrá solicitar información sobre las piezas sujetas a homologación o sobre los componentes que forman parte de un sistema sujeto a homologación.
- 5.1.2.2. La solicitud de información deberá precisar la especificación exacta del tipo/modelo de motor dentro de una familia de motores para el que se solicita la información. Asimismo, confirmará que la información se solicita para la fabricación de piezas o componentes de recambio o de modernización, herramientas de diagnóstico o equipos de ensayo.

### 5.2. **Información sobre reparaciones**

- 5.2.1. El fabricante, a más tardar tres meses después de haber facilitado la información sobre reparaciones a cualquier concesionario o taller autorizado en las Partes Contratantes, transmitirá dicha información (incluidas todas las modificaciones y los añadidos posteriores), a cambio de un pago razonable y no discriminatorio.
- 5.2.2. El fabricante comunicará también, previo pago si procede, la información técnica necesaria para la reparación o el mantenimiento de los vehículos de motor, a menos que dicha información esté amparada por un derecho de propiedad intelectual o constituya un conjunto de conocimientos técnicos secretos y esenciales identificados de forma adecuada, en cuyo caso, la información técnica necesaria no deberá denegarse indebidamente.

Tendrá derecho a recibir esa información cualquier persona que realice actividades comerciales de mantenimiento o reparación, asistencia en carretera, inspección o ensayo de vehículos, o actividades de fabricación o venta de componentes de recambio o modernización, herramientas de diagnóstico y equipo de ensayo.

- 5.2.3. En caso de incumplimiento de estas disposiciones, el organismo de homologación adoptará las medidas adecuadas, de conformidad con los procedimientos relativos a la homologación y la revisión en circulación, para garantizar la disponibilidad de la información sobre reparaciones.

## 6. SEÑALES DE DIAGNÓSTICO

- 6.1. Cuando se determine el primer mal funcionamiento de cualquier componente o sistema, se almacenará en la memoria del ordenador una imagen fija de las condiciones del motor en ese momento. Los datos almacenados deberán incluir, entre otros, el valor calculado de la carga, el régimen del motor, la temperatura del refrigerante, la presión del colector de admisión (si está disponible) y el código de fallo que provocó el almacenamiento de los datos. Para el almacenamiento de la imagen fija, el fabricante deberá elegir el conjunto de condiciones más apropiado con vistas a facilitar una reparación eficaz.
- 6.2. Sólo es necesaria una imagen de datos. No obstante, los fabricantes podrán optar por almacenar imágenes adicionales, siempre y cuando al menos la imagen requerida pueda leerse utilizando un instrumento de exploración genérico que cumpla las especificaciones de los puntos 6.8.3 y 6.8.4. Si, de acuerdo con el punto 3.9 del presente anexo, se borra el código de fallo que ha dado lugar al almacenamiento de las condiciones, podrán borrarse también las condiciones del motor almacenadas.
- 6.3. Además de la información de imagen fija requerida, las siguientes señales, si están disponibles, se comunicarán cuando se soliciten a través del puerto serial del conector de enlace de datos estándar, siempre y cuando la información pueda facilitarse al ordenador de bordo o determinarse utilizando la información disponible para el ordenador de bordo: códigos de problema de diagnóstico, temperatura del refrigerante del motor, avance de la inyección, temperatura del aire de admisión, presión del aire del colector, caudal de aire, régimen del motor, valor de salida del sensor de posición del pedal, valor de carga calculado, velocidad del vehículo y presión del combustible.

Se suministrarán las señales en unidades estándar a partir de las especificaciones señaladas en el punto 6.8. Se identificarán claramente las señales reales, separándolas de las señales de valor por defecto o de modo degradado.

- 6.4. Para todos los sistemas de control de emisiones que sean objeto de ensayos específicos de evaluación a bordo, deberán almacenarse en la memoria de un ordenador códigos de situación separados, o códigos de preparación, para identificar los sistemas de control de emisiones que funcionan correctamente y los sistemas de control de emisiones que necesitan que el vehículo funcione más tiempo para poder completar una evaluación diagnóstica adecuada. No deberá almacenarse un código de preparación para aquellos monitores que puedan considerarse de funcionamiento continuo. Los códigos de preparación no deberían ponerse nunca en la posición «no preparado» con la llave «on» u «off». El reglaje intencionado de los códigos de preparación en la posición «no preparado» a través de los procedimientos de mantenimiento deberá aplicarse a todos estos códigos en lugar de aplicarse individualmente a cada código.
- 6.5. Los requisitos del sistema OBD con arreglo a los cuales se certifica el vehículo (es decir, los de la fase I del sistema OBD o los de la fase II del sistema OBD) y los principales sistemas de control de emisiones supervisados con el sistema OBD con arreglo al punto 6.8.4 deberán estar disponibles a través del puerto serial de datos en el conector de datos normalizados, conforme a las especificaciones del punto 6.8.
- 6.6. El número de identificación del calibrado del software, tal como se especifica en los anexos 1 y 2A del presente Reglamento, estará disponible a través del puerto serial del conector de diagnóstico normalizado y se facilitará en formato normalizado.
- 6.7. El número de identificación del vehículo (VIN) estará disponible a través del puerto serial del conector de diagnóstico normalizado y se facilitará en formato normalizado.
- 6.8. El sistema de diagnóstico del control de emisiones deberá permitir un acceso normalizado y sin restricciones y se ajustará a las normas ISO 15765 o SAE J1939, tal como se especifica en los puntos siguientes <sup>(1)</sup>.
- 6.8.1. El uso de la norma ISO 15765 o bien de la norma SAE J1939 será coherente en el conjunto de los puntos 6.8.2 a 6.8.5.
- 6.8.2. El enlace de comunicación entre el ordenador de bordo y el ordenador externo deberá ser conforme a la norma ISO 15765-4 o a disposiciones similares de la serie de normas SAE J1939.
- 6.8.3. El equipo de ensayo y las herramientas de diagnóstico necesarios para comunicar con los sistemas OBD deberán cumplir, como mínimo, la especificación funcional contenida en las normas ISO 15031-4 o SAE J1939-73, punto 5.2.2.1.
- 6.8.3.1. Se permitirá el uso de una función de diagnóstico a bordo, por ejemplo, una pantalla de vídeo instalada en el salpicadero para acceder a la información del sistema OBD, pero ésta deberá ser complementaria del acceso a dicha información por medio del conector de diagnóstico normalizado.
- 6.8.4. Los datos de diagnóstico (tal como se especifican en el presente punto) y la información de control bidireccional deberán facilitarse en el formato y las unidades que se describen en las normas ISO 15031-5 o SAE J1939-73, punto 5.2.2.1, y deberán ser accesibles por medio de una herramienta de diagnóstico que cumpla los requisitos de las normas ISO 15031-4 o SAE J1939-73, punto 5.2.2.1.

El fabricante del vehículo comunicará al organismo nacional de normalización información sobre cualquier diagnóstico relacionado con las emisiones, por ejemplo, los identificadores de procesos, los identificadores de los monitores del OBD y los identificadores de ensayo no especificados en la norma ISO 15031-5, pero relacionados con el presente Reglamento.

- 6.8.5. Cuando se registre un fallo, el fabricante deberá identificarlo utilizando el código de fallo más apropiado que sea coherente con los que figuran en el punto 6.3 de la norma ISO 15031-6 sobre los códigos de problema del diagnóstico del sistema relacionado con las emisiones. Si no fuera posible dicha identificación, el fabricante podrá utilizar los códigos de problema de diagnóstico de acuerdo con los puntos 5.3 y 5.6 de la norma ISO 15031-6. Los códigos de fallo deberán ser totalmente accesibles a través de un equipo de diagnóstico normalizado que se ajuste a lo dispuesto en el punto 6.8.3 del presente anexo.

El fabricante del vehículo comunicará al organismo nacional de normalización información sobre cualquier diagnóstico relacionado con las emisiones, por ejemplo, los identificadores de procesos, los identificadores de los monitores del OBD y los identificadores de ensayo no especificados en la norma ISO 15031-5, pero relacionados con el presente Reglamento.

<sup>(1)</sup> Se tomará en consideración el uso de la Norma de Protocolo Único ISO (ISO/PAS 27145) desarrollada para un Reglamento técnico mundial sobre sistemas OBD de vehículos pesados para satisfacer los requisitos apropiados del punto 6.

Una solución alternativa es que el fabricante identifique el fallo utilizando el código de fallo más apropiado que sea coherente con los indicados en las normas SAE J2012 o SAE J1939-73.

- 6.8.6. La interfaz de conexión entre el vehículo y el equipo de diagnóstico deberá estar normalizada y cumplir todos los requisitos de las normas ISO 15031-3 o SAE J1939-13.

En el caso de vehículos de las categorías N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>, en lugar de la posición descrita en las normas citadas y siempre que se cumplan todos los demás requisitos de la norma ISO 15031-3, el conector podrá situarse en un lugar adecuado al lado del asiento del conductor, por ejemplo en el suelo de la cabina. En ese caso, una persona que esté de pie fuera del vehículo deberá poder acceder al conector y éste no obstaculizará el acceso al asiento del conductor.

El lugar en el que se instale estará sujeto a la aprobación del organismo de homologación, de manera que el personal de servicio pueda acceder fácilmente a él, pero deberá estar protegido contra posibles daños ocasionados accidentalmente en condiciones normales de uso.

---

*Apéndice 1***Ensayos de homologación de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)****1. INTRODUCCIÓN**

En el presente apéndice se describe el procedimiento para verificar el funcionamiento del sistema de diagnóstico a bordo (OBD) instalado en el motor mediante la simulación de fallos de los sistemas pertinentes relacionados con las emisiones en el sistema de gestión del motor o el sistema de control de emisiones. Se establecen asimismo los procedimientos para determinar la durabilidad de los sistemas OBD.

**1.1. Componentes o sistemas deteriorados**

A fin de demostrar la eficacia de la supervisión de un sistema o componente de control de emisiones cuyo fallo pudiera generar emisiones de escape por encima de los umbrales adecuados del sistema OBD, el fabricante deberá presentar los componentes o dispositivos eléctricos deteriorados que se utilizarán en la simulación de los fallos.

Dichos componentes o dispositivos deteriorados no deberán generar emisiones que rebasen en más de un 20 % los umbrales del sistema OBD previstos en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

En caso de homologación de un sistema OBD con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.4.1 del presente Reglamento, las emisiones se medirán a lo largo del ciclo de ensayo ESC (véase el anexo 4A, apéndice 1, del presente Reglamento). En caso de homologación de un sistema OBD con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.4.2 del presente Reglamento, las emisiones se medirán a lo largo del ciclo de ensayo ETC (véase el anexo 4A, apéndice 2, del presente Reglamento).

- 1.1.1. Si se determinara que la instalación de un componente o dispositivo deteriorado en un motor impide la comparación con los umbrales del sistema OBD (por ejemplo, porque no se cumplen las condiciones estadísticas para la validación del ciclo de ensayo ETC), el fallo de dicho componente o dispositivo podrá considerarse aceptable previo acuerdo del organismo de homologación basado en la argumentación técnica facilitada por el fabricante.
- 1.1.2. En el caso de que la instalación de un componente o dispositivo deteriorado en un motor implique que durante el ensayo no se puede alcanzar (ni siquiera parcialmente) la curva de plena carga (determinada con un motor que funcione correctamente), el fallo de dicho componente o dispositivo se considerará aceptable previo acuerdo del organismo de homologación basado en la argumentación técnica facilitada por el fabricante.
- 1.1.3. En algunos casos muy específicos (por ejemplo, cuando se activa una estrategia de funcionamiento en modo degradado, cuando el motor no puede someterse a ningún ensayo, en caso de válvulas de la EGR pegajosas, etc.) podrá prescindirse del uso de componentes o dispositivos deteriorados que hagan que las emisiones del motor rebasen en no más de un 20 % los umbrales del sistema OBD a los que se hace referencia en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento. El fabricante deberá documentar esta excepción, que estará supeditada a la aprobación del servicio técnico.

**1.2. Principio de ensayo**

Cuando el motor sea sometido a ensayo equipado con el componente o dispositivo deteriorado, se homologará el sistema OBD si está activado el IMF. El sistema OBD se homologará también si el IMF se activa por debajo de los umbrales del citado sistema OBD.

En el caso específico de los modos de fallo descritos en los puntos 6.3.1.6 y 6.3.1.7 del presente apéndice, así como con respecto a la supervisión destinada a detectar importantes fallos de funcionamiento, podrá prescindirse del uso de componentes o dispositivos deteriorados que hagan que las emisiones del motor rebasen en no más de un 20 % los umbrales del sistema OBD a los que se hace referencia en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

- 1.2.1. En algunos casos muy específicos (por ejemplo, cuando se activa una estrategia de funcionamiento en modo degradado, cuando el motor no puede someterse a ningún ensayo, en caso de válvulas de la EGR pegajosas, etc.) podrá prescindirse del uso de componentes o dispositivos deteriorados que hagan que las emisiones del motor rebasen en no más de un 20 % los umbrales del sistema OBD a los que se hace referencia en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento. El fabricante deberá documentar esta excepción, que estará supeditada a la aprobación del servicio técnico.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

### 2.1. El ensayo de los sistemas OBD constará de las fases siguientes:

- a) simulación del mal funcionamiento de un componente del sistema de gestión del motor o de control de emisiones, tal como se describe en el punto 1.1 del presente apéndice;
- b) preconditionamiento del sistema OBD con un mal funcionamiento simulado durante el ciclo de preconditionamiento especificado en el punto 6.2;
- c) funcionamiento del motor con un mal funcionamiento simulado durante el ciclo de ensayo del sistema OBD al que se hace referencia en el punto 6.1;
- d) determinación de si el sistema OBD responde al mal funcionamiento simulado y lo indica debidamente.

#### 2.1.1. En caso de que las prestaciones del motor (por ejemplo, la curva de potencia) se vean afectadas por el mal funcionamiento, el ciclo de ensayo del sistema OBD seguirá siendo la variante abreviada del ciclo de ensayo ESC utilizado para evaluar las emisiones de escape del motor sin dicho mal funcionamiento.

### 2.2. A modo de alternativa y a petición del fabricante, podrá simularse electrónicamente el mal funcionamiento de uno o más componentes de conformidad con los requisitos del punto 6.

### 2.3. Los fabricantes podrán pedir que la supervisión tenga lugar fuera del ciclo de ensayo del sistema OBD indicado en el punto 6.1 cuando pueda demostrarse al organismo de homologación que la supervisión en las condiciones encontradas durante el ciclo de ensayo del sistema OBD impondría condiciones de supervisión restrictivas cuando el vehículo estuviera en circulación.

## 3. MOTOR Y COMBUSTIBLE DEL ENSAYO

### 3.1. **Motor**

El motor de ensayo será conforme a las especificaciones establecidas en el anexo 1 del presente Reglamento.

### 3.2. **Combustible**

Para el ensayo se utilizará el combustible de referencia apropiado, tal como se describe en el anexo 5 del presente Reglamento.

## 4. CONDICIONES DE ENSAYO

Las condiciones de ensayo deberán satisfacer los requisitos del ensayo de emisiones descritas en el presente Reglamento.

## 5. EQUIPO DE ENSAYO

El dinamómetro del motor deberá cumplir los requisitos del anexo 4A del presente Reglamento.

## 6. CICLO DE ENSAYO DEL SISTEMA OBD

### 6.1. El ciclo de ensayo del sistema OBD consiste en un único ciclo de ensayo ESC abreviado. Las fases individuales se ejecutarán en el mismo orden que el ciclo de ensayo ESC, tal como se define en el anexo 4A, apéndice 1, punto 2.7.1, del presente Reglamento.

El motor se hará funcionar durante un máximo de 60 segundos en cada fase, y los cambios de régimen y de carga del motor se completarán en los primeros 20 segundos. El régimen especificado deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 50 \text{ min}^{-1}$  y el par especificado se mantendrá dentro de un margen de  $\pm 2 \%$  respecto al par máximo a cada régimen.

Durante el ciclo de ensayo del sistema OBD no será necesario medir las emisiones de escape.

## 6.2. Ciclo de preacondicionamiento

- 6.2.1. Tras la introducción de uno de los modos de fallo descritos en el punto 6.3, se procederá al preacondicionamiento del motor y de su sistema OBD mediante un ciclo de preacondicionamiento.
- 6.2.2. A petición del fabricante y con el acuerdo del organismo de homologación, podrá utilizarse un número alternativo de ciclos de ensayo consecutivos del sistema OBD hasta un máximo de nueve.

## 6.3. Ensayo del sistema OBD

### 6.3.1. Motores diésel y vehículos equipados con motores diésel

- 6.3.1.1. Tras un preacondicionamiento de conformidad con lo dispuesto en el punto 6.2, el motor de ensayo se hará funcionar durante el ciclo de ensayo del sistema OBD descrito en el punto 6.1 del presente apéndice. El indicador de mal funcionamiento se activará antes del final de este ensayo, en cualquiera de las condiciones señaladas en los puntos 6.3.1.2 a 6.3.1.7. El servicio técnico podrá sustituir dichas condiciones por otras que se ajusten a lo dispuesto en el punto 6.3.1.7. A efectos de homologación, el número total de fallos sometidos a ensayo, en caso de sistemas o componentes diferentes, no deberá ser superior a cuatro.

Si la realización del ensayo tiene como objetivo la homologación de una familia de motores-OBD compuesta de motores que no pertenecen a la misma familia, el organismo de homologación aumentará el número de fallos que se someterán a ensayo hasta un máximo de cuatro veces el número de familias de motores presentes en la familia de motores-OBD. El organismo de homologación podrá decidir poner fin al ensayo en cualquier momento antes de que se alcance ese número máximo de ensayos de fallo.

- 6.3.1.2. Se sustituirá cualquier catalizador por uno deteriorado o defectuoso, cuando esté instalado como unidad separada, independientemente de que forme parte de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> o de un filtro de partículas diésel, o se simulará el fallo electrónicamente.
- 6.3.1.3. Si está instalado, el sistema de reducción de NO<sub>x</sub> (incluidos los sensores que formen parte integral del sistema) se sustituirá por uno deteriorado o defectuoso, o se simulará electrónicamente un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> deteriorado o defectuoso que dé lugar a emisiones que superen los umbrales de NO<sub>x</sub> del sistema OBD a los que se hace referencia en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

En caso de que se esté procediendo a la homologación del motor con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.4.1 del presente Reglamento en relación con la supervisión para la detección de importantes fallos de funcionamiento, el ensayo del sistema de reducción de NO<sub>x</sub> determinará que el IMF se encienda cuando se dé alguna de las condiciones siguientes:

- a) la retirada completa del sistema o su sustitución por un sistema simulado;
  - b) la falta de cualquier reactivo requerido para un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>;
  - c) cualquier fallo eléctrico de un componente (por ejemplo, los sensores y actuadores o la unidad de control de la dosificación) de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>, incluido, en su caso, el sistema de calentamiento del reactivo;
  - d) el fallo de un sistema de dosificación del reactivo (por ejemplo, la falta de suministro de aire, la obturación de la tobera o el fallo de la bomba dosificadora) de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>;
  - e) avería grave del sistema.
- 6.3.1.4. Si está instalado el filtro de partículas se retirará totalmente o se sustituirá por un filtro defectuoso que dé lugar a emisiones que rebasen los umbrales de partículas del sistema OBD establecidos en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

En caso de que se esté procediendo a la homologación del motor con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.4.1 del presente Reglamento en relación con la supervisión para la detección de importantes fallos de funcionamiento, el ensayo del filtro de partículas determinará que el IMF se encienda cuando se dé alguna de las condiciones siguientes:

- a) la eliminación completa del filtro de partículas o su sustitución por un sistema falso;
- b) una fusión importante del sustrato del filtro de partículas;

- c) una rotura importante del sustrato del filtro de partículas;
- d) cualquier fallo eléctrico de un componente (por ejemplo, los sensores y actuadores o la unidad de control de la dosificación) de un filtro de partículas;
- e) el fallo, en su caso, del sistema de dosificación del reactivo (por ejemplo, la obturación de la tobera o el fallo de la bomba de dosificación) de un filtro de partículas;
- f) una obturación del filtro de partículas que dé lugar a una presión diferencial que no esté dentro del intervalo declarado por el fabricante.

6.3.1.5. Si está instalado, el sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas (incluido cualquier sensor que forme parte integral del dispositivo) se sustituirá por un sistema deteriorado o defectuoso o se simulará electrónicamente un sistema deteriorado o defectuoso que dé lugar a emisiones superiores a los umbrales de NO<sub>x</sub> y partículas del sistema OBD establecidos en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

En caso de que se esté procediendo a la homologación del motor con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.4.1 del presente Reglamento en relación con la supervisión para la detección de importantes fallos de funcionamiento, el ensayo del sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas determinará que el IMF se encienda cuando se dé alguna de las condiciones siguientes:

- a) la retirada completa del sistema o su sustitución por un sistema simulado;
- b) la falta de cualquier reactivo requerido para un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas;
- c) cualquier fallo eléctrico de un componente (por ejemplo, los sensores y actuadores o la unidad de control de la dosificación) de un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas, incluido, en su caso, el sistema de calentamiento del reactivo;
- d) el fallo de un sistema de dosificación del reactivo (por ejemplo, la falta de suministro de aire, la obturación de la tobera o el fallo de la bomba dosificadora) de un sistema combinado de reducción de NO<sub>x</sub>/filtro de partículas;
- e) una avería grave de un sistema de reducción de NO<sub>x</sub>;
- f) una fusión importante del sustrato del filtro de partículas;
- g) una rotura importante del sustrato del filtro de partículas;
- h) una obturación del filtro de partículas que dé lugar a una presión diferencial que no esté dentro del intervalo declarado por el fabricante.

6.3.1.6. Se desconectará cualquier actuador electrónico de control de la cantidad de combustible y de regulación del encendido del sistema de alimentación de combustible que dé lugar a emisiones que superen los umbrales del sistema OBD a los que se hace referencia en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

6.3.1.7. Se desconectará cualquier otro componente del motor relacionado con las emisiones que dé lugar a emisiones que superen los umbrales del sistema OBD a los que se hace referencia en el cuadro del punto 5.4.4 del presente Reglamento.

6.3.1.8. Para demostrar el cumplimiento de los requisitos de los puntos 6.3.1.6 y 6.3.1.7, con el acuerdo del organismo de homologación, el fabricante podrá adoptar las medidas adecuadas para demostrar que el sistema OBD indicará un fallo si se produce una desconexión.

---

## ANEXO 9B

**Requisitos técnicos de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD) para motores diésel de los vehículos de carretera (WWH-OBD, Reglamento técnico mundial nº 5)**

## 1. APLICABILIDAD

El presente anexo no es aplicable, por el momento, con fines de homologación con arreglo al presente Reglamento. Será aplicable en el futuro.

2. Reservado <sup>(1)</sup>.

## 3. DEFINICIONES

- 3.1. «Sistema de alerta»: sistema a bordo del vehículo que informa al conductor o a cualquier otra parte interesada de que el sistema OBD ha detectado un mal funcionamiento.
- 3.2. «Organismo de homologación»: la autoridad que homologa un sistema OBD considerado en el presente anexo. Por extensión, es también el servicio técnico que ha sido acreditado para evaluar la conformidad técnica del sistema OBD.
- 3.3. «Número de verificación de la calibración»: el número que calcula y notifica el sistema de motor para validar la calibración/integridad del software.
- 3.4. «Supervisión de los componentes»: supervisión de los componentes de entrada para detectar fallos en los circuitos y fallos de racionalidad y supervisión de los componentes de salida para detectar fallos en los circuitos y fallos de funcionalidad. Hace referencia a los componentes que están conectados eléctricamente a los controladores del sistema de motor.
- 3.5. «Código de problema de diagnóstico (DTC) confirmado y activo»: DTC almacenado en el tiempo en que el sistema OBD concluye que existe un mal funcionamiento.
- 3.6. «Indicador de mal funcionamiento (IMF) continuo»: indicador de mal funcionamiento que permanece activo todo el tiempo que la llave esté en posición «on» (en funcionamiento) con el motor funcionando (encendido «on»; motor «on»).
- 3.7. «Deficiencia»: estrategia de supervisión del sistema OBD o cualquier otra característica del sistema OBD que no cumpla los requisitos detallados en el presente anexo.
- 3.8. «Código de problema de diagnóstico (DTC)»: identificador numérico o alfanumérico que identifica o describe un mal funcionamiento.
- 3.9. «Fallo del circuito eléctrico»: mal funcionamiento (por ejemplo, circuito abierto o cortocircuito) que suponga que la señal medida (tensiones, corrientes, frecuencias, etc.) no se encuentre dentro del intervalo en que está previsto que actúe la función de transferencia del sensor.
- 3.10. «Familia de sistemas OBD sobre emisiones»: agrupación por parte de un fabricante de sistemas de motor que utilicen métodos comunes de supervisión/diagnóstico de los casos de mal funcionamiento relacionados con las emisiones.
- 3.11. «Supervisión del umbral de emisiones»: supervisión de un mal funcionamiento que dé lugar a un rebasamiento de los umbrales del sistema OBD. Consiste en:
- a) la medición de las emisiones directas mediante uno o varios sensores de emisiones en el tubo de escape y un modelo para correlacionar las emisiones directas con las emisiones específicas del ciclo de ensayo, y/o
  - b) la indicación de un aumento de las emisiones mediante la correlación de los datos informáticos de entrada/salida con las emisiones específicas del ciclo de ensayo.

<sup>(1)</sup> La numeración del presente anexo es coherente con la del Reglamento técnico mundial WWH-OBD. No obstante, algunas secciones de este último no son necesarias en el presente anexo.



- 3.12. «Sistema de motor»: el motor tal como se haya configurado para el ensayo en relación con las emisiones de escape en un banco de pruebas, lo que incluye:
- a) los controladores de la gestión electrónica del motor;
  - b) los sistemas de postratamiento del gas de escape;
  - c) cualquier componente del motor o sistema de escape relacionado con las emisiones que envíe información a los controladores de gestión electrónica del motor, o la reciba de ellos;
  - d) la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre los controladores de gestión electrónica del motor y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o vehículo si la información intercambiada influye en el buen funcionamiento del control de las emisiones.
- 3.13. «Fallo de funcionalidad»: un mal funcionamiento en el que el componente de salida no responde de la forma esperada a un comando informático.
- 3.14. «Estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones (MECS)»: estrategia dentro del sistema de motor que se activa como consecuencia de un mal funcionamiento relacionado con las emisiones.
- 3.15. «Indicador de mal funcionamiento (IMF)»: indicador que informa claramente al conductor del vehículo en caso de mal funcionamiento. El IMF forma parte del sistema de alerta (véase «IMF continuo», «IMF a petición» e «IMF corto»).
- 3.16. «Mal funcionamiento»: fallo o deterioro del sistema de motor, con inclusión del sistema OBD, que puede dar lugar a un aumento de cualquiera de los contaminantes regulados que emite el sistema de motor o a una reducción de la eficacia del sistema OBD.
- 3.17. «Situación del IMF»: situación del comando del IMF, es decir, «IMF continuo», «IMF a petición», «IMF corto» o apagado.
- 3.18. «Supervisión» (véase «supervisión del umbral de emisiones», «supervisión de las prestaciones» y «supervisión de fallo funcional total»).
- 3.19. «Ciclo de ensayo del sistema OBD»: ciclo durante el cual se hace funcionar un sistema de motor en un banco de pruebas para evaluar la respuesta de un sistema OBD ante la presencia de un componente deteriorado aceptado.
- 3.20. «Sistema de motor de referencia-OBD»: sistema de motor que ha sido seleccionado dentro de una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones al ser la mayoría de sus elementos de diseño representativos de la citada familia.
- 3.21. «Sistema de diagnóstico a bordo (OBD)»: sistema a bordo de un vehículo o en un motor que tiene la capacidad de:
- a) detectar casos de mal funcionamiento que afecten a las emisiones del sistema de motor;
  - b) indicar su aparición mediante un sistema de alerta;
  - c) identificar la posible zona del mal funcionamiento mediante información almacenada en una memoria informática o comunicar dicha información a un sistema exterior.
- 3.22. «Indicador de mal funcionamiento (IMF) a petición»: indicador de mal funcionamiento que da una indicación continua en respuesta a una demanda desde el puesto de conducción cuando la llave se encuentre en posición «on» (en funcionamiento) con el motor parado (encendido «on»; motor «off»).
- 3.23. «Secuencia de funcionamiento»: secuencia que consta de una puesta en marcha del motor, un periodo de funcionamiento, una parada del motor y el periodo hasta la siguiente puesta en marcha, y en la que funciona hasta el final un monitor específico del OBD que detecte los posibles casos de mal funcionamiento.
- 3.24. «Código de problema de diagnóstico (DTC) pendiente»: DTC almacenado por un sistema OBD porque un monitor ha detectado una situación en la que puede haberse producido un mal funcionamiento durante la secuencia en curso o la última secuencia completada.

- 3.25. «Supervisión de funcionamiento»: supervisión de los casos de mal funcionamiento consistente en comprobaciones funcionales y parámetros de supervisión que no están correlacionados con los umbrales de las emisiones. Esta supervisión se hace generalmente sobre los componentes o los sistemas para verificar que funcionan dentro del intervalo adecuado (por ejemplo, la diferencia de presión en el caso del filtro de partículas diésel).
- 3.26. «Código de problema de diagnóstico (DTC) potencial»: DTC almacenado por un sistema OBD porque un monitor ha detectado una situación en la que puede haberse producido un mal funcionamiento pero requiere más análisis para confirmarlo. Un DTC potencial es un DTC pendiente que no ha sido confirmado por un DTC activo.
- 3.27. «DTC previamente activo»: DTC que ha sido previamente confirmado y activo y sigue almacenado después de que un sistema OBD haya concluido que ya ha cesado el mal funcionamiento que lo ha causado.
- 3.28. «Componente o sistema deteriorado aceptado»: componente o sistema que ha sido deteriorado intencionalmente (por ejemplo, un envejecimiento acelerado) o manipulado de manera controlada y que ha sido aceptado por las autoridades con arreglo a las disposiciones establecidas en el presente anexo.
- 3.29. «Fallo de racionalidad»: mal funcionamiento en el que la señal de un sensor o componente individual difiere de la esperada cuando se evalúa respecto a las señales disponibles de otros sensores o componentes del sistema de control. Los fallos de racionalidad incluyen los casos de mal funcionamiento responsables de que la señal medida (tensiones, corrientes, frecuencias, etc.) no se encuentre dentro del intervalo en que está previsto que actúe la función de transferencia del sensor.
- 3.30. «Preparación»: situación que indica si uno o varios monitores han funcionado desde el último borrado a petición de una herramienta externa de exploración del sistema OBD.
- 3.31. «Herramienta de exploración»: equipo de ensayo externo utilizado para establecer una comunicación externa normalizada con el sistema OBD con arreglo a los requisitos del presente anexo.
- 3.32. «Indicador de mal funcionamiento (IMF) corto»: indicador de mal funcionamiento que muestra una indicación continua, desde el momento en que la llave se pone en posición «on» (en funcionamiento) y se arranca el motor (encendido «on»; motor «on»), durante 15 segundos o hasta que la llave se ponga en posición «off» (lo que ocurra antes).
- 3.33. «Identificación de la calibración del software»: serie de caracteres alfanuméricos que identifica la calibración/versión o versiones del software instalado en el sistema de motor en relación con las emisiones.
- 3.34. «Supervisión de fallo funcional total»: supervisión de un mal funcionamiento que dé lugar a una pérdida total de la función deseada de un sistema.
- 3.35. «Ciclo de calentamiento»: tiempo de funcionamiento del motor suficiente para que la temperatura del refrigerante aumente al menos 22 K (22 °C/40 °F) desde la puesta en marcha del motor y alcance un valor mínimo de 333 K (60 °C/140 °F) <sup>(1)</sup>.

3.36. **Abreviaturas**

|                 |                                                                                                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CV              | Ventilación del cárter                                                                                         |
| DOC             | Catalizador de oxidación diésel                                                                                |
| DPF             | Filtro o trampa de partículas diésel, incluidos el DPF catalizado y las trampas de regeneración continua (CRT) |
| DTC             | Código de problema de diagnóstico                                                                              |
| EGR             | Recirculación del gas de escape                                                                                |
| HC              | Hidrocarburo                                                                                                   |
| LNT             | Trampa de NO <sub>x</sub> pobre (o absorbedor de NO <sub>x</sub> )                                             |
| MECS            | Estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones                                      |
| NO <sub>x</sub> | Óxidos de nitrógeno                                                                                            |
| OTL             | Umbrales del sistema OBD                                                                                       |
| PM              | Partículas                                                                                                     |

<sup>(1)</sup> Esta definición no implica que sea necesario un sensor de temperatura para medir la temperatura del refrigerante.

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| SCR | Reducción catalítica selectiva       |
| TFF | Supervisión de fallo funcional total |
| VGT | Turbocompresor de geometría variable |
| VVT | Regulación de válvula variable       |

#### 4. REQUISITOS GENERALES

En el contexto del presente anexo, el sistema OBD tendrá la capacidad de detectar casos de mal funcionamiento, de indicar su aparición por medio de un indicador de mal funcionamiento, de determinar la zona probable de mal funcionamiento por medio de información almacenada en la memoria del ordenador y de comunicar la información a un ordenador exterior.

El sistema OBD estará diseñado y fabricado de manera que pueda detectar distintos tipos de mal funcionamiento durante toda la vida del vehículo o motor. Para cumplir este objetivo, el departamento administrativo aceptará que los motores que hayan sido utilizados más allá de la vida útil reglamentaria pueden presentar cierto deterioro en el funcionamiento y la sensibilidad del sistema OBD, de tal manera que puedan rebasarse los umbrales de dicho sistema antes de que indique un mal funcionamiento al conductor del vehículo.

El punto anterior no extiende la responsabilidad del fabricante más allá de la vida útil reglamentada del motor (a saber, el tiempo o la distancia en que siguen aplicándose las normas o los límites de emisiones).

##### 4.1. **Solicitud de homologación de un sistema OBD**

###### 4.1.1. Homologación primaria

El fabricante de un sistema de motor podrá solicitar la homologación de su sistema OBD de una de las tres maneras siguientes:

- a) El fabricante de un sistema de motor solicita la homologación de un sistema OBD individual demostrando que cumple todas las disposiciones expuestas en el presente anexo.
- b) El fabricante de un sistema de motor solicita la homologación de una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones demostrando que cumple todas las disposiciones expuestas en el presente anexo.
- c) El fabricante de un sistema de motor solicita la homologación de un sistema OBD individual demostrando que cumple los criterios para pertenecer a una familia ya certificada de sistemas OBD en relación con las emisiones.

###### 4.1.2. Extensión/modificación de un certificado existente

###### 4.1.2.1. Extensión para incluir un nuevo sistema de motor dentro de una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones

A petición de un fabricante, y previa aprobación por el departamento administrativo, podrá admitirse un nuevo sistema de motor como miembro de una familia certificada de sistemas OBD en relación con las emisiones si todos los sistemas de motor de la familia ampliada siguen teniendo métodos comunes de supervisión/diagnóstico de los casos de mal funcionamiento relacionados con las emisiones.

Si todos los elementos de diseño del OBD del sistema de motor de referencia-OBD son representativos del nuevo sistema de motor, no se modificará el citado sistema de motor de referencia-OBD y el fabricante modificará el expediente documental en función del punto 8 del presente anexo.

Si el nuevo sistema de motor contiene elementos de diseño que no están representados en el sistema de motor de referencia-OBD, pero dicho nuevo sistema es representativo de toda la familia, se convertirá en el nuevo sistema motor de referencia-OBD. En ese caso, se demostrará que los nuevos elementos de diseño del sistema OBD son conformes a las disposiciones del presente anexo y el expediente documental se modificará con arreglo a lo dispuesto en el punto 8 del presente anexo.

###### 4.1.2.2. Extensión para incorporar un cambio de diseño que afecta al sistema OBD

A petición del fabricante, y previa aprobación por el departamento administrativo, podrá concederse una extensión del certificado existente en caso de cambio de diseño del sistema OBD si el fabricante demuestra que los cambios de diseño son conformes a las disposiciones del presente anexo.

El expediente documental se modificará con arreglo al punto 8 del presente anexo.

Si el certificado existente se aplica a una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones, el fabricante justificará ante el departamento administrativo que los métodos de supervisión/diagnóstico de los casos de mal funcionamiento relacionados con las emisiones siguen siendo comunes dentro de la familia y que el sistema motor de referencia-OBD sigue siendo representativo de la citada familia.

#### 4.1.2.3. Modificación del certificado para tomar en consideración la reclasificación de un mal funcionamiento

El presente punto se aplica cuando, a raíz de una petición del organismo que concedió la homologación, o por iniciativa propia, el fabricante solicita una modificación de un certificado existente para reclasificar uno o varios casos de mal funcionamiento.

La conformidad de la nueva clasificación se demostrará con arreglo a las disposiciones del presente anexo y el expediente documental se modificará con arreglo a lo dispuesto en el punto 8 del presente anexo.

### 4.2. Requisitos de supervisión

Todos los componentes y sistemas relacionados con las emisiones que forman parte de un sistema de motor serán supervisados por el sistema OBD con arreglo a los requisitos establecidos en el apéndice 3. No obstante, no es obligatorio que el sistema OBD utilice un único monitor para detectar cada mal funcionamiento indicado en el apéndice 3.

El sistema OBD supervisará también sus propios componentes.

En los puntos del apéndice 3 se enumeran los sistemas y componentes que debe supervisar el sistema OBD y se describen los tipos de supervisión esperados para cada uno de esos componentes o sistemas (es decir, la supervisión de los umbrales de emisión, del funcionamiento, del fallo funcional total o de los componentes).

El fabricante podrá decidir supervisar sistemas y componentes adicionales.

#### 4.2.1. Selección de la técnica de supervisión

El organismo de homologación podrá autorizar al fabricante a utilizar un tipo de técnica de supervisión distinto del mencionado en el apéndice 3. El fabricante demostrará que el tipo de supervisión elegido es fiable, oportuno y eficaz (mediante consideraciones técnicas, resultados de ensayos, acuerdos anteriores, etc.).

En caso de que un sistema o componente no esté contemplado en el apéndice 3, el fabricante someterá un planteamiento sobre supervisión a la aprobación del departamento administrativo. Éste aprobará el tipo y la técnica de supervisión que se elijan (a saber, la supervisión del umbral de emisiones, del funcionamiento, del fallo funcional total o de los componentes) si el fabricante demuestra que, respecto a los detallados en el apéndice 3, son fiables, oportunos y eficaces (mediante consideraciones técnicas, resultados de ensayo, acuerdos anteriores, etc.).

##### 4.2.1.1. Correlación con las emisiones reales

En caso de supervisión del umbral de emisiones, se exigirá una correlación con las emisiones específicas del ciclo de ensayo. Esta correlación se demuestra generalmente con un motor de ensayo en condiciones de laboratorio.

En todos los demás casos de supervisión (supervisión del umbral de emisiones, del funcionamiento, del fallo funcional total o de los componentes) no es necesario efectuar una correlación con las emisiones reales. No obstante, el departamento administrativo podrá pedir los datos de ensayo para verificar la clasificación de los efectos del mal funcionamiento, tal como se describe en el punto 6.2 del presente anexo.

Ejemplos:

Es posible que un mal funcionamiento eléctrico no requiera una correlación si se trata de un mal funcionamiento de tipo sí/no. Un mal funcionamiento de un filtro de partículas diésel detectado mediante diferencia de presión no exige una correlación porque anticipa un mal funcionamiento.

Si el fabricante demuestra, con arreglo a los requisitos de demostración establecidos en el presente anexo, que las emisiones no superarían los umbrales del sistema OBD si se produjera un fallo total o la retirada de un componente o sistema, se aceptará una supervisión del funcionamiento de ese componente o sistema.

Cuando se utiliza un sensor de emisiones del tubo de escape para supervisar las emisiones de un contaminante específico, podrá eximirse de la realización de nuevas correlaciones con las emisiones reales de dicho contaminante para todos los demás monitores. No obstante, esta exención no impide que deban incluirse dichos monitores, mediante otras técnicas de supervisión, como parte del sistema OBD, puesto que siguen necesiéndose los monitores para aislar los casos de mal funcionamiento.

Un mal funcionamiento se clasificará siempre con arreglo al punto 4.5 en función de su impacto en las emisiones e independientemente del tipo de supervisión utilizado para detectarlo.

#### 4.2.2. Supervisión de los componentes (componentes/sistemas de entrada/salida)

En el caso de los componentes de entrada que pertenecen al sistema de motor, el sistema OBD detectará como mínimo los fallos de circuito eléctrico y, en la medida de lo posible, los fallos de racionalidad.

Los diagnósticos de fallo de racionalidad verificarán, entonces, que la salida de un sensor de salida esté inadecuadamente alta o baja (habrá diagnósticos «bilaterales»).

En la medida de lo posible, y con el acuerdo del departamento administrativo, el sistema OBD detectará por separado los fallos de racionalidad (por ejemplo, inadecuadamente alto o bajo) y los fallos del circuito eléctrico (por ejemplo, fuera del intervalo por arriba o por abajo). Además, se almacenarán códigos de problema de diagnóstico únicos para cada mal funcionamiento (por ejemplo, fuera del intervalo por abajo, fuera del intervalo por arriba y fallo de racionalidad).

En el caso de los componentes de salida que pertenecen al sistema de motor, el sistema OBD detectará como mínimo los fallos de circuito eléctrico y, en la medida de lo posible, los casos en que no se produzca la respuesta funcional adecuada a los comandos informáticos.

En la medida de lo posible, y con el acuerdo del departamento administrativo, el sistema OBD detectará por separado los fallos de racionalidad, los fallos de circuito eléctrico (por ejemplo, fuera del intervalo por arriba o por abajo) y almacenará códigos de problema de diagnóstico únicos para cada mal funcionamiento distinto (por ejemplo, fuera del intervalo por abajo, fuera del intervalo por arriba y fallo de racionalidad).

El sistema OBD supervisará también la racionalidad de la información procedente de componentes que no pertenezcan al sistema de motor, o suministrada a los mismos, cuando dicha información comprometa el buen funcionamiento del sistema de control de emisiones o del sistema de motor.

##### 4.2.2.1. Excepción relativa a la supervisión de los componentes

La supervisión de los fallos de circuito eléctrico y, en la medida de lo posible, de los fallos de racionalidad y de funcionalidad del sistema de motor no será necesaria si se cumplen las condiciones siguientes:

- a) el fallo da lugar a un aumento de la emisión de cualquier contaminante inferior a un 50 % del límite de emisión regulado;
- b) ninguna emisión rebasa, a raíz del fallo, el límite de emisión regulado <sup>(1)</sup>;
- c) el fallo no afecta a un componente o sistema necesario para el buen funcionamiento del sistema OBD.

La determinación del impacto de las emisiones se llevará a cabo en un sistema de motor estabilizado, en una celda de ensayo con dinamómetro de motor, con arreglo a los procedimientos de demostración del presente anexo.

##### 4.2.3. Frecuencia de supervisión

Los monitores funcionarán continuamente cuando se satisfagan las condiciones de supervisión o una vez por secuencia de funcionamiento (por ejemplo, para los monitores que dan lugar a un aumento de las emisiones cuando están funcionando).

<sup>(1)</sup> Se considerará que en el valor leído se tiene en cuenta la tolerancia de precisión adecuada del sistema de celda de ensayo y el aumento de la variabilidad de los resultados de ensayo como consecuencia del mal funcionamiento.

Cuando un monitor no funciona continuamente, el fabricante informará claramente al departamento administrativo al respecto y describirá en qué condiciones funciona el monitor.

Los monitores funcionarán durante el ciclo de ensayo del sistema OBD, tal como se especifica en el punto 7.2.2.

Se considerará que un monitor funciona continuamente si lo hace a un ritmo no inferior a una vez por segundo. Si a efectos de control del motor un componente informático de entrada o de salida se muestrea con una frecuencia inferior a una muestra por segundo, se considerará que el monitor funciona continuamente si la señal del componente se evalúa cada vez que se produce el muestreo.

Para los componentes o sistemas supervisados de manera continua, no es necesario activar un componente/sistema de salida con la única finalidad de supervisar dicho componente/sistema de salida.

#### 4.3. **Requisitos del registro de la información del sistema OBD**

Cuando se detecte un mal funcionamiento pero aún no se haya confirmado, se considerará un «código de problema de diagnóstico (DTC) potencial» y, en consecuencia, se registrará un «DTC pendiente». Un «DTC potencial» no dará lugar a la activación de un sistema de alerta con arreglo al punto 4.6.

En la primera secuencia de funcionamiento, un mal funcionamiento podrá considerarse directamente «confirmado y activo» sin que se haya considerado «DTC potencial». Se catalogará como «DTC pendiente» y «DTC confirmado y activo».

Si se produce de nuevo un mal funcionamiento con el DTC anterior activo, el fabricante tiene la opción de catalogarlo directamente como «DTC pendiente» y «DTC confirmado y activo» sin pasar por la categoría de «DTC potencial». Si ese mal funcionamiento recibe la categoría de «DTC potencial», conservará también la categoría de «activo» anterior hasta que se catalogue como «confirmado» o «activo».

El sistema de supervisión determinará si existe un mal funcionamiento antes del final de la próxima secuencia de funcionamiento tras su primera detección. Se almacenará entonces un DTC «confirmado y activo» y se activará el sistema de alerta con arreglo al punto 4.6.

En caso de estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones (MECS) recuperable (el funcionamiento recupera automáticamente la normalidad y la MECS se desactiva en el siguiente encendido del motor), no es necesario almacenar un DTC «confirmado y activo» salvo que la MECS vuelva a activarse antes de que finalice la siguiente secuencia de funcionamiento. En caso de MECS no recuperable, se almacenará un DTC «confirmado y activo» tan pronto como se active la MECS.

En algunos casos específicos en los que los monitores necesiten más de dos secuencias de funcionamiento para detectar y confirmar un mal funcionamiento (por ejemplo, monitores que utilicen modelos estadísticos o actúen respecto al consumo de fluido en el vehículo), el departamento administrativo podrá autorizar el uso de más de dos secuencias de funcionamiento con fines de supervisión si el fabricante justifica la necesidad de un periodo más largo (por ejemplo, motivos técnicos, resultados experimentales, experiencia interna, etc.).

Cuando el sistema deje de detectar un mal funcionamiento confirmado y activo durante una secuencia de funcionamiento completa, éste se catalogará como «activo» al inicio de la siguiente secuencia de funcionamiento y mantendrá dicha categoría hasta que lo borre una herramienta de exploración o sea borrado de la memoria del ordenador con arreglo al punto 4.4.

*Nota:* Los requisitos establecidos en el presente punto se ilustran en el apéndice 2.

#### 4.4. **Requisitos del borrado de la información del sistema OBD**

El propio sistema OBD no borrará el DTC y la información pertinente (incluida la imagen fija correspondiente) de la memoria del ordenador hasta que ese DTC haya estado en la categoría «activo» anterior durante un mínimo de 40 ciclos de calentamiento o 200 horas de funcionamiento del motor (lo que se produzca antes). El sistema OBD borrará todos los DTC y la información aplicable (incluida la imagen fija correspondiente) a petición de una herramienta de exploración o de mantenimiento.

#### 4.5. Requisitos de clasificación de los casos de mal funcionamiento

La clasificación de casos de mal funcionamiento especifica la categoría que se asigna a un mal funcionamiento cuando se detecta con arreglo a los requisitos establecidos en el punto 4.2 del presente anexo.

Un mal funcionamiento se clasificará en una categoría durante la vida real del vehículo, salvo que la autoridad que concedió el certificado y el fabricante determinen que es necesario proceder a una reclasificación de ese mal funcionamiento.

Si un mal funcionamiento está clasificado diferentemente en función de distintas emisiones contaminantes reguladas o de su impacto en otra capacidad de supervisión, se clasificará en la categoría que tenga prioridad en la estrategia de visualización discriminatoria.

Si se activa una estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones (MECS) como consecuencia de la detección de un mal funcionamiento, éste se clasificará en función del impacto de la MECS activada en las emisiones, o bien de su impacto en otra capacidad de supervisión. El mal funcionamiento se clasificará, pues, en la categoría que tenga prioridad en la estrategia de visualización discriminatoria.

##### 4.5.1. Mal funcionamiento de categoría A

Un mal funcionamiento se clasificará en la categoría A cuando se consideren superados los límites del sistema OBD.

Se acepta que las emisiones pueden no haber superado los límites del sistema OBD cuando se produce este mal funcionamiento.

##### 4.5.2. Mal funcionamiento de categoría B1

Un mal funcionamiento se clasificará en la categoría B1 cuando se den circunstancias que puedan dar lugar a un rebasamiento de los límites del sistema OBD pero cuya influencia exacta en las emisiones no pueda estimarse y, por lo tanto, las emisiones reales en función de las circunstancias puedan encontrarse por encima o por debajo de los límites del sistema OBD.

Entre los casos de mal funcionamiento de categoría B1 cabe citar los detectados por monitores que deducen los niveles de emisiones a partir de lecturas de monitores o una capacidad de supervisión restringida.

La categoría B1 incluirá los casos de mal funcionamiento que restrinjan la capacidad del sistema OBD de supervisar los casos de mal funcionamiento de las categorías A o B1.

##### 4.5.3. Mal funcionamiento de categoría B2

Un mal funcionamiento se clasificará en la categoría B2 cuando se den las circunstancias que se suponga que influyen en las emisiones pero no hasta un nivel que supere los límites del sistema OBD.

Los casos de mal funcionamiento que restringen la capacidad del sistema OBD de supervisar los casos de mal funcionamiento de la categoría B2 se clasificarán en las categorías B1 o B2.

##### 4.5.4. Mal funcionamiento de categoría C

Un mal funcionamiento se clasificará en la categoría C cuando se den las circunstancias, en caso de que se supervisen, que se supone que influyen en las emisiones pero hasta un nivel que no supere los límites de emisión regulados.

Los casos de mal funcionamiento que restringen la capacidad del sistema OBD de supervisar los casos de mal funcionamiento de la categoría C se clasificarán en las categorías B1 o B2.

#### 4.6. Sistema de alerta

El fallo de un componente del sistema de alerta no hará que deje de funcionar el sistema OBD.

##### 4.6.1. Especificación relativa al indicador de mal funcionamiento

El indicador de mal funcionamiento será perceptible para el conductor desde su asiento, con independencia de las condiciones de iluminación. El indicador de mal funcionamiento incluirá una señal de advertencia amarilla (tal como se define en el anexo 5 del Reglamento nº 7) o ámbar (tal como se define en el anexo 5 del Reglamento nº 6), identificada mediante el símbolo F01, con arreglo a la norma ISO 2575:2004.



4.6.2. Sistemas de iluminación del indicador de mal funcionamiento

En función del caso o los casos de mal funcionamiento detectados por el sistema OBD, el indicador de mal funcionamiento se iluminará según uno de los modos de activación descritos en el cuadro siguiente.

|                           | Modo de activación 1                   | Modo de activación 2                        | Modo de activación 3                                      | Modo de activación 4                                    |
|---------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Condiciones de activación | Sin mal funcionamiento                 | Mal funcionamiento de categoría C           | Mal funcionamiento de categoría B y contadores B1 < 200 h | Mal funcionamiento de categoría A o contador B1 > 200 h |
| Llave «on» Motor «on»     | Sin visualización                      | Estrategia de visualización discriminatoria | Estrategia de visualización discriminatoria               | Estrategia de visualización discriminatoria             |
| Llave «on» Motor «off»    | Estrategia de visualización armonizada | Estrategia de visualización armonizada      | Estrategia de visualización armonizada                    | Estrategia de visualización armonizada                  |

La estrategia de visualización exige que el indicador de mal funcionamiento se active en función de la categoría en que se ha clasificado el mal funcionamiento. Esta estrategia se bloqueará mediante una codificación del software que no estará disponible sistemáticamente a través de la herramienta de exploración.

La estrategia de activación del indicador de mal funcionamiento con la llave «on» y el motor «off» se describe en el punto 4.6.4.

Las figuras B1 y B2 ilustran las estrategias de activación prescritas con la llave «on» y el motor «on» u «off».

Figura B1

Ensayo de bombilla e indicador de preparación

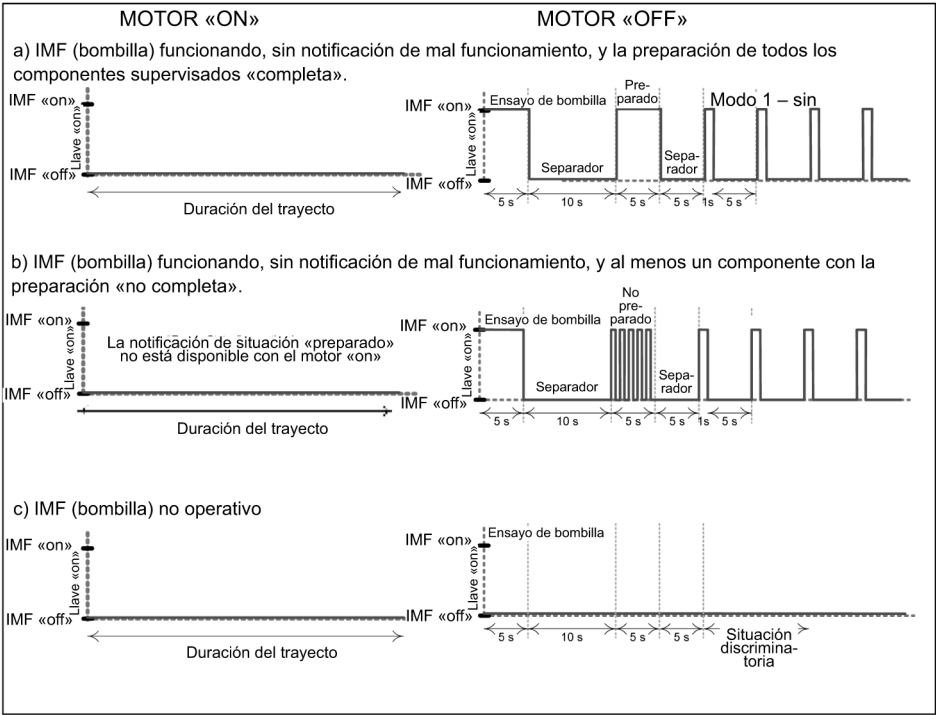
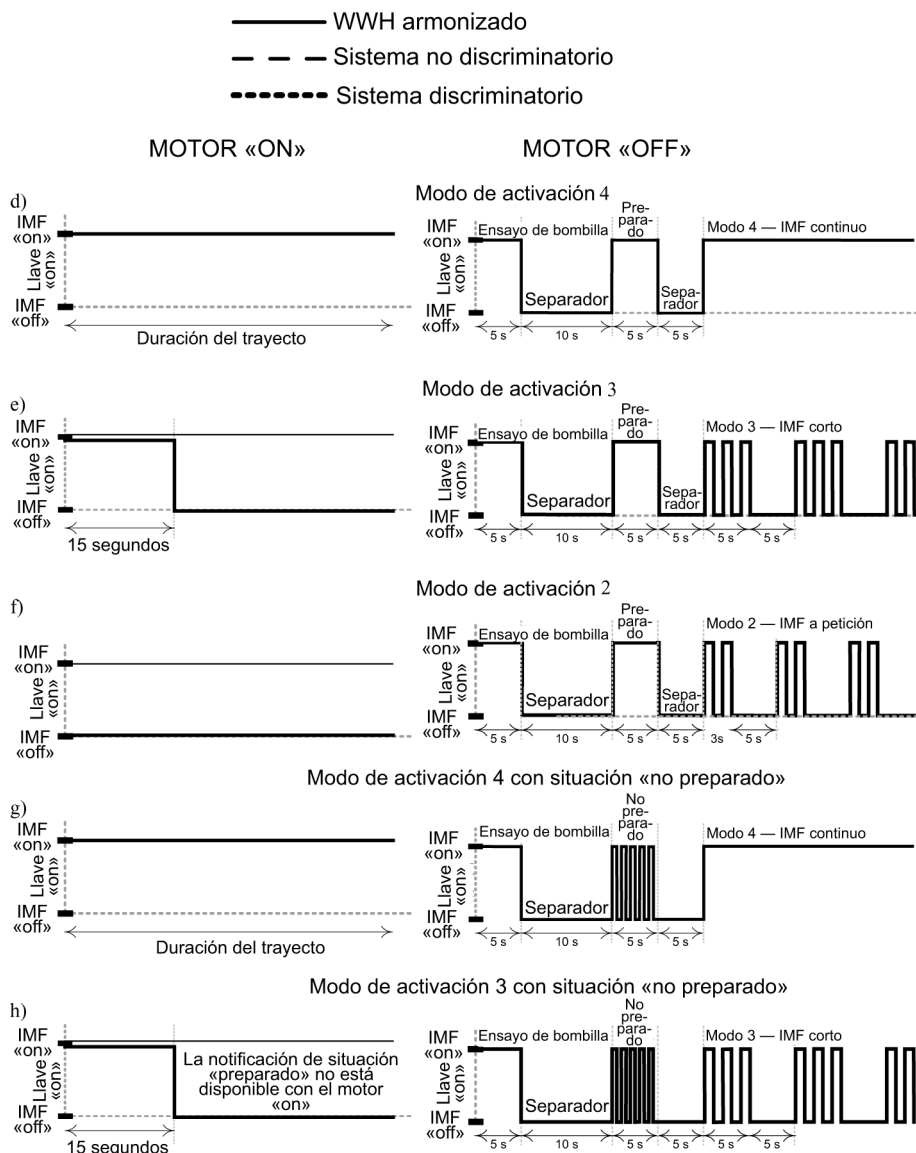




Figura B2

Estrategia de visualización de mal funcionamiento: sólo es aplicable la estrategia discriminatoria



#### 4.6.3. Activación del IMF con el motor «on»

Cuando la llave se pone en posición «on» y se arranca el motor (motor «on»), el IMF se pondrá en posición «off», salvo que se hayan satisfecho las disposiciones del punto 4.6.3.1 o el punto 4.6.3.2.

##### 4.6.3.1. Estrategia de visualización del IMF

A efectos de la activación del IMF, el IMF continuo tendrá prioridad sobre el IMF corto y éste tendrá prioridad sobre el IMF a petición.

##### 4.6.3.1.1. Casos de mal funcionamiento de categoría A

El sistema OBD activará un IMF continuo al almacenar un DTC confirmado asociado a un mal funcionamiento de categoría A.

##### 4.6.3.1.2. Casos de mal funcionamiento de categoría B

El sistema OBD activará un IMF corto la próxima vez que se ponga la llave en posición «on» después del almacenamiento de un DTC activo asociado a un mal funcionamiento de categoría B.

Cada vez que un contador B1 alcance 200 horas, el sistema OBD activará un IMF continuo.

#### 4.6.3.1.3. Casos de mal funcionamiento de categoría C

El fabricante podrá facilitar información sobre los casos de mal funcionamiento de categoría C mediante el uso de un IMF a petición que estará disponible hasta que se arranque el motor.

#### 4.6.3.1.4. Sistema de desactivación del indicador de mal funcionamiento

El «IMF continuo» se transformará en «IMF corto» si se produce un solo caso de seguimiento, no se detecta el mal funcionamiento que activó inicialmente el IMF continuo durante la secuencia de funcionamiento en curso y no se activa un IMF continuo a raíz de otro mal funcionamiento.

El IMF corto se desactivará si no se detecta el mal funcionamiento durante tres secuencias de funcionamiento seguidas y el IMF no se activa como consecuencia de otro mal funcionamiento de categoría A o B.

#### 4.6.4. Activación del IMF con la llave «on» y el motor «off»

La activación del IMF con la llave «on» y el motor «off» consistirá en dos secuencias separadas por cinco segundos con el IMF «off».

- a) la primera secuencia está diseñada para facilitar una indicación de la funcionalidad del IMF y la preparación de los componentes supervisados;
- b) la segunda secuencia está diseñada para facilitar una indicación de la presencia de un mal funcionamiento.

La segunda secuencia se repetirá hasta que se encienda el motor (motor «on») o se ponga la llave en la posición «off».

##### 4.6.4.1. Funcionalidad/preparación del IMF

El IMF dará una señal estable durante cinco segundos para indicar que es funcional.

El IMF permanecerá en la posición «off» durante diez segundos.

El IMF permanecerá a continuación en posición «on» durante cinco segundos para indicar que está completa la preparación para todos los componentes supervisados.

El IMF parpadeará una vez por segundo durante cinco segundos para indicar que no está completa la preparación para uno o varios de los componentes supervisados.

El IMF permanecerá entonces en la posición «off» durante cinco segundos.

##### 4.6.4.2. Presencia/ausencia de un mal funcionamiento

Tras la secuencia descrita en el punto 4.6.4.1, el IMF indicará la presencia de un mal funcionamiento mediante una serie de destellos o iluminándose de manera permanente, en función del modo de activación aplicable, tal como se describe en los puntos siguientes, o la ausencia de mal funcionamiento mediante una serie de destellos únicos. En su caso, cada destello durará un segundo con el IMF «on» seguido de un lapso de un segundo con el IMF «off», y a la serie de destellos seguirá un periodo de cinco segundos con el IMF «off».

Se consideran cuatro modos de activación. El modo de activación 4 tendrá prioridad sobre los modos de activación 1, 2 y 3, el modo de activación 3 tendrá prioridad sobre los modos de activación 1 y 2, y el modo de activación 2 tendrá prioridad sobre el modo de activación 1.

#### 4.6.4.2.1. Modo de activación 1: ausencia de mal funcionamiento

El IMF parpadea.

#### 4.6.4.2.2. Modo de activación 2: «IMF a petición»

El IMF parpadea dos veces si el sistema OBD activa un «IMF a petición» de acuerdo con la estrategia de visualización discriminatoria descrita en el punto 4.6.3.1.

#### 4.6.4.2.3. Modo de activación 3: «IMF corto»

El IMF emitirá tres parpadeos si el sistema OBD activa un «IMF corto» de acuerdo con la estrategia de visualización discriminatoria descrita en el punto 4.6.3.1.

#### 4.6.4.2.4. Modo de activación 4: «IMF continuo»

El IMF permanece «on» de manera continua si el sistema OBD activa un «IMF continuo» de acuerdo con la estrategia de visualización discriminatoria descrita en el punto 4.6.3.1.

#### 4.6.5. Contadores asociados a los casos de mal funcionamiento

##### 4.6.5.1. Contadores del IMF

##### 4.6.5.1.1. Contador del IMF continuo

El sistema OBD incluirá un contador del IMF continuo para registrar el número de horas que el motor ha funcionado con el IMF continuo activado.

El contador del IMF continuo contará hasta un valor máximo previsto en un contador de dos bytes con una hora de resolución y mantendrá ese valor salvo que se den las condiciones para una puesta a cero del contador.

El contador del IMF continuo funcionará de la manera siguiente:

- a) si empieza desde cero, el contador del IMF continuo empezará a contar tan pronto como se active el IMF continuo;
- b) el contador del IMF continuo se parará y conservará el valor alcanzado cuando el IMF continuo deje de estar activo;
- c) el contador del IMF continuo seguirá contando desde el punto en que se había mantenido si, en el transcurso de tres secuencias de funcionamiento, se detecta un mal funcionamiento que dé lugar a un IMF continuo;
- d) el contador del IMF continuo volverá a contar desde cero si, en el transcurso de tres secuencias de funcionamiento, se detecta un mal funcionamiento que dé lugar a un IMF continuo desde la última parada del contador sin puesta a cero;
- e) el contador del IMF continuo se pondrá a cero cuando:
  - i) no se detecte ningún mal funcionamiento que dé lugar a un IMF continuo durante 40 ciclos de calentamiento o 200 horas de funcionamiento del motor desde la última parada del contador sin puesta a cero (lo que se produzca antes); o bien
  - ii) la herramienta de exploración del sistema OBD ordene a este último borrar la información que contiene.

Figura C1

## Ilustración de los principios de activación de los contadores del IMF

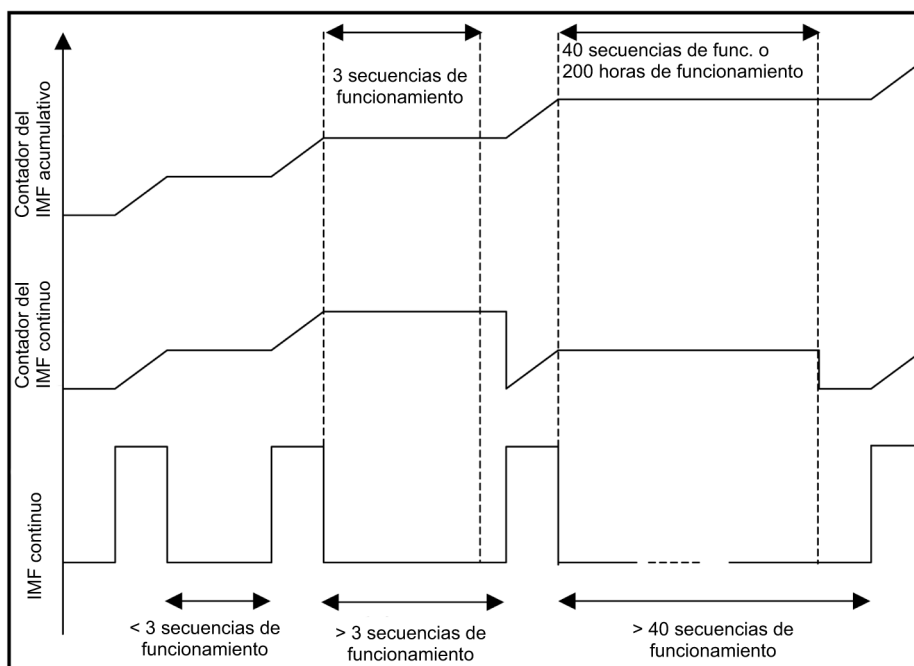
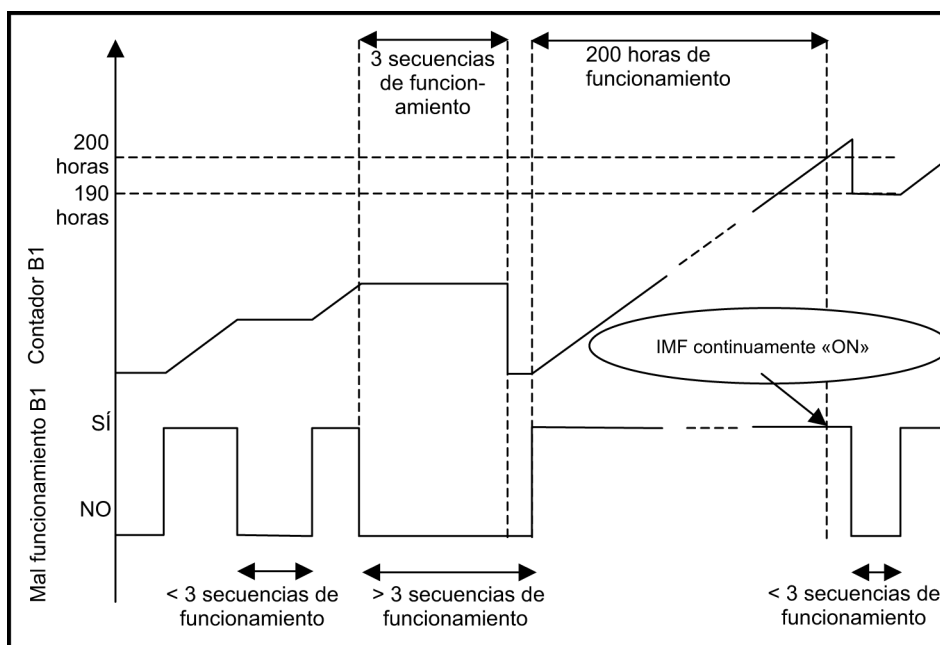


Figura C2

## Ilustración de los principios de activación del contador B1



## 4.6.5.1.2. Contador acumulativo del IMF continuo

El sistema OBD incluirá un contador acumulativo del IMF continuo para registrar el número acumulado de horas en las que el motor ha funcionado con el IMF continuo activado a lo largo de su vida.

El contador acumulativo del IMF continuo contará hasta un valor máximo previsto en un contador de dos bytes con una hora de resolución y mantendrá ese valor.

El sistema de motor, una herramienta de exploración o la desconexión de la batería no pondrán a cero el contador acumulativo del IMF continuo.

El contador acumulativo del IMF continuo funcionará de la manera siguiente:

- a) el contador acumulativo del IMF continuo empezará a contar cuando se active el IMF continuo;
- b) el contador acumulativo del IMF continuo se parará y conservará el valor alcanzado cuando el IMF continuo deje de estar activo;
- c) el contador acumulativo del IMF continuo seguirá contando cuando se active un IMF continuo desde el punto en que se detuvo.

La figura C1 ilustra el principio del contador acumulativo del IMF continuo y el apéndice 2 ofrece ejemplos que ilustran esa lógica.

#### 4.6.5.2. Contadores asociados a los casos de mal funcionamiento de categoría B1

##### 4.6.5.2.1. Contador único B1

El sistema OBD incluirá un contador B1 para registrar el número de horas que el motor ha funcionado afectado por un mal funcionamiento de categoría B1.

El contador B1 funcionará de la manera siguiente:

- a) el contador B1 empezará a contar tan pronto como se detecte un mal funcionamiento de categoría B1 y se haya almacenado un código de problema de diagnóstico (DTC) activo;
- b) el contador B1 se parará y conservará el valor alcanzado si no hay ningún mal funcionamiento de categoría B1 confirmado y activo, o cuando una herramienta de exploración haya borrado todos los casos de mal funcionamiento de categoría B1;
- c) el contador B1 seguirá contando desde el punto en que se había parado si, en el transcurso de tres secuencias de funcionamiento, se detecta un mal funcionamiento posterior de categoría B1.

Cuando el contador B1 haya superado 200 horas de funcionamiento del motor, el sistema OBD pondrá el contador a 190 horas de funcionamiento del motor si dicho sistema determina que ya no hay ningún mal funcionamiento de categoría B1 confirmado y activo, o cuando una herramienta de exploración haya borrado todos los casos de mal funcionamiento de categoría B1. El contador B1 empezará a contar desde las 190 horas de funcionamiento del motor si, en el transcurso de tres secuencias de funcionamiento, hay un mal funcionamiento posterior de categoría B1.

El contador B1 se pondrá a cero tras tres secuencias de funcionamiento consecutivas sin que se detecte ningún mal funcionamiento de categoría B1.

**Nota:** El contador B1 no indica el número de horas de funcionamiento de un motor con presencia de un único mal funcionamiento de categoría B1.

El contador B1 puede acumular el número de horas de dos o varios casos de mal funcionamiento de categoría B1 distintos, sin que ninguno de ellos haya alcanzado el tiempo indicado por el contador.

El contador B1 tiene por única finalidad determinar cuándo debe activarse el IMF continuo.

La figura C2 ilustra el principio del contador B1 y el apéndice 2 ofrece ejemplos que ilustran esa lógica.

##### 4.6.5.2.2. Múltiples contadores B1

Un fabricante podrá utilizar múltiples contadores B1. En ese caso, el sistema será capaz de asignar un contador B1 específico a cada mal funcionamiento de categoría B1.

El control del contador B1 específico estará sujeto a las mismas reglas que el contador B1 único, y cada contador B1 específico empezará a contar cuando se detecte un mal funcionamiento de categoría B1.

#### 4.7. Información del sistema OBD

##### 4.7.1. Información registrada

La información registrada por el sistema OBD estará disponible cuando la solicite un ordenador externo, estructurada en los tres paquetes siguientes:

- a) información sobre el estado del motor;
- b) información sobre los casos de mal funcionamiento relacionados con las emisiones;
- c) información para la reparación.

##### 4.7.1.1. Información sobre el estado del motor

Esta información indicará a los responsables del cumplimiento de las normas <sup>(1)</sup> la situación del indicador de mal funcionamiento y los datos asociados (por ejemplo, contador del IMF continuo, preparación).

El sistema OBD facilitará toda la información necesaria (de acuerdo con la norma aplicable establecida en el apéndice 6) para que el equipo externo de verificación en carretera asimile los datos y ofrezca al agente encargado de velar por el cumplimiento de las normas la información siguiente:

- a) la estrategia de visualización no discriminatoria/discriminatoria;
- b) el número de identificación del vehículo (VIN);
- c) la presencia de un IMF continuo;
- d) la preparación del sistema OBD;
- e) el número de horas de funcionamiento del motor desde que se activara por última vez un IMF continuo (contador del IMF continuo).

El acceso a esta información se limitará a su lectura (no podrá borrarse).

##### 4.7.1.2. Información sobre los casos de mal funcionamiento relacionados con las emisiones

Esta información facilitará a cualquier centro de inspección <sup>(2)</sup> un subconjunto de datos relacionados con el sistema OBD, incluida la situación del indicador de mal funcionamiento y los datos conexos (contadores del IMF) y una lista de los casos de mal funcionamiento de las categorías A y B activos/confirmados y los datos conexos (por ejemplo, contador B1).

El sistema OBD facilitará toda la información necesaria (de acuerdo con la norma aplicable establecida en el apéndice 6) para que el equipo externo de inspección asimile los datos y ofrezca al inspector la información siguiente:

- a) el número de Reglamento técnico mundial (y de la revisión) que se integrará en el marcado de homologación del Reglamento nº 49;
- b) la estrategia de visualización no discriminatoria/discriminatoria;
- c) el número de identificación del vehículo (VIN);
- d) la situación del indicador de mal funcionamiento;
- e) la preparación del sistema OBD;
- f) el número de ciclos de calentamiento y el número de horas de funcionamiento del motor desde que se borrara por última vez la información del sistema OBD;

<sup>(1)</sup> Un uso típico de este paquete informativo puede ser una inspección técnica básica de la aptitud para circular del sistema de motor por lo que respecta a las emisiones.

<sup>(2)</sup> Un uso típico de este paquete informativo puede ser el establecimiento de una interpretación detallada de la aptitud para circular del sistema de motor por lo que respecta a las emisiones.

- g) el número de horas de funcionamiento del motor desde que se activara por última vez un IMF continuo (contador del IMF continuo).
- h) el número de horas de acumulación de funcionamiento con un IMF continuo (contador del IMF continuo acumulativo);
- i) el valor del contador B1 que indique el mayor número de horas de funcionamiento del motor;
- j) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría A;
- k) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría B (B1 y B2);
- l) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría B1;
- m) la identificación de la calibración del software;
- n) los números de verificación de la calibración.

El acceso a esta información se limitará a su lectura (no podrá borrarse).

#### 4.7.1.3. Información para la reparación

Esta información ofrecerá a los técnicos encargados de la reparación todos los datos del sistema OBD especificados en el presente anexo (por ejemplo, la información de imagen fija).

El sistema OBD facilitará toda la información necesaria (de acuerdo con la norma aplicable establecida en el apéndice 6) para que el equipo de reparación externo asimile los datos y ofrezca al técnico de reparación la información siguiente:

- a) el número de Reglamento técnico mundial (y de la revisión) que se integrará en el marcado de homologación del Reglamento n° 49;
- b) el número de identificación del vehículo (VIN);
- c) la situación del indicador de mal funcionamiento;
- d) la preparación del sistema OBD;
- e) el número de ciclos del calentamiento y el número de horas de funcionamiento del motor desde que se borrara por última vez la información del sistema OBD;
- f) situación del monitor (deshabilitado para el resto del ciclo de conducción, conclusión del ciclo de conducción o no conclusión del ciclo de conducción) desde la última parada del motor para cada monitor utilizado para determinar el estado de preparación;
- g) el número de horas de funcionamiento del motor desde que se activara el indicador de mal funcionamiento (contador del IMF continuo);
- h) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría A;
- i) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría B (B1 y B2);
- j) el número de horas de acumulación de funcionamiento con un IMF continuo (contador del IMF continuo acumulativo);
- k) el valor del contador B1 que indique el mayor número de horas de funcionamiento del motor;
- l) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría B1 y, a partir de los contadores B1, el número de horas de funcionamiento del motor;
- m) los DTC confirmados y activos de casos de mal funcionamiento de categoría C;

- n) los DTC pendientes y su correspondiente categoría;
- o) los DTC activos previamente y su correspondiente categoría;
- p) la información en tiempo real sobre las señales de sensores seleccionadas y recomendadas por el fabricante de material original y las señales internas y de salida (véase el punto 4.7.2 y el apéndice 5);
- q) la información de imagen fija requerida en el presente anexo (véase el punto 4.7.1.4 y el apéndice 5);
- r) la identificación de la calibración del software;
- s) los números de verificación de la calibración.

El sistema OBD borrará todos los casos registrados de mal funcionamiento del sistema de motor, así como los datos conexos (información sobre el tiempo de funcionamiento, imagen fija, etc.) de acuerdo con las disposiciones del presente anexo, cuando ese comando se haga a través del equipo de reparación externo con arreglo a la norma aplicable establecida en el apéndice 6.

#### 4.7.1.4. Información de imagen fija

En función de la decisión del fabricante, se almacenará al menos una «imagen fija» de la información en el momento del almacenamiento de un DTC potencial o de un DTC confirmado y activo. El fabricante podrá actualizar la información de imagen fija siempre que vuelva a detectarse el DTC pendiente.

La imagen fija indicará las condiciones de funcionamiento del vehículo en el momento de la detección del mal funcionamiento y el DTC asociado a los datos almacenados. La imagen fija incluirá la información indicada en el cuadro 1 del apéndice 5 del presente anexo. Incluirá también toda la información indicada en los cuadros 2 y 3 del apéndice 5 del presente anexo que se utiliza con fines de supervisión o control en la unidad de control específica que almacenó el DTC.

El almacenamiento de la información de imagen fija asociada a un mal funcionamiento de categoría A tendrá prioridad sobre la información asociada a un mal funcionamiento de categoría B1; este último tendrá prioridad sobre la información asociada a un mal funcionamiento de categoría B2 que, a su vez, tendrá prioridad sobre un mal funcionamiento de categoría C. El primer mal funcionamiento detectado tendrá prioridad sobre el mal funcionamiento más reciente, salvo que este último sea de categoría superior.

En caso de que el sistema OBD supervise un dispositivo que no esté contemplado en el apéndice 5, la información de imagen fija incluirá elementos de información sobre los sensores y actuadores de dicho dispositivo de una forma similar a la descrita en el apéndice 5. Este aspecto se someterá a la aprobación del departamento administrativo en el momento de la homologación.

#### 4.7.1.5. Preparación

La preparación se pondrá en posición «completa» cuando uno o varios monitores a los que afecte esa situación hayan funcionado desde el último borrado a petición de una herramienta externa de exploración del sistema OBD. La preparación se pondrá en situación «incompleta» borrando la memoria del código de fallo de uno o varios monitores a petición de una herramienta de exploración externa.

La parada normal del motor no hará cambiar el estado de preparación.

Previo autorización por parte del departamento administrativo, el fabricante podrá solicitar que un monitor pueda indicar que la preparación está «completa» sin que haya concluido la supervisión si se desactiva la supervisión de múltiples secuencias de funcionamiento debido a la presencia continua de condiciones de funcionamiento extremas (por ejemplo, temperaturas ambientes frías o altitudes elevadas). En este tipo de solicitud deben especificarse las condiciones de desactivación del sistema de supervisión y el número de secuencias de funcionamiento que se efectuarían sin completar la supervisión antes de que se indique que la preparación está «completa»

#### 4.7.2. Información sobre el flujo de datos

Cuando se le solicite, el sistema OBD proporcionará en tiempo real la información indicada en los cuadros 1 a 4 del apéndice 5 del presente anexo a una herramienta de exploración (se utilizarán preferentemente los valores de las señales reales en lugar de valores sustitutivos).



A efectos de los parámetros de la carga y el par calculados, el sistema OBD indicará los valores más precisos que se calculen en la unidad de control electrónico aplicable (por ejemplo, el ordenador de control del motor).

El cuadro 1 del apéndice 5 ofrece una lista de información obligatoria del sistema OBD relacionada con la carga y el régimen del motor.

El cuadro 2 del apéndice 5 muestra qué otra información del sistema OBD debe incluirse si es utilizada por éste o por el sistema de emisiones para activar o desactivar cualquier monitor del sistema OBD.

El cuadro 3 del apéndice 5 muestra la información que debe incluirse si el motor está equipado para ello o si detecta o calcula la información <sup>(1)</sup>. Si así lo decide el fabricante, podrá incluirse otra información de imagen fija o flujo de datos.

En caso de que el sistema OBD supervise un dispositivo que no esté contemplado en el apéndice 5 (por ejemplo, la reducción catalítica selectiva), el flujo de datos incluirá elementos de información sobre los sensores y actuadores de dicho dispositivo de una forma similar a la descrita en el apéndice 5. Este aspecto se someterá a la aprobación del departamento administrativo en el momento de la homologación.

#### 4.7.3. Acceso a la información del sistema OBD

El acceso a la información del sistema OBD se dará únicamente de acuerdo con las normas mencionadas en el apéndice 6 del presente anexo y en los párrafos siguientes <sup>(2)</sup>.

El acceso a la información del sistema OBD no estará sujeto a ningún tipo de contraseña, dispositivo o método que sólo puedan facilitar el fabricante o sus proveedores. La interpretación de la información del sistema OBD no precisará de ninguna información de decodificación única, salvo que dicha información esté a disposición del público.

Deberá poder utilizarse un único método de acceso (por ejemplo, un único punto/nudo de acceso) a toda la información del sistema OBD. Este método permitirá acceder a toda la información del sistema OBD requerida en el presente anexo. Asimismo, permitirá acceder a paquetes de información específicos más pequeños, tal como se definen en el presente anexo (por ejemplo, paquetes de información sobre la aptitud para circular en el caso de un sistema OBD relacionado con las emisiones).

El acceso a la información del sistema OBD se facilitará con arreglo, como mínimo, a una de las siguientes series de normas mencionadas en el apéndice 6:

- a) ISO/PAS 27145 (basada en CAN)
- b) ISO 27145 (basada en TCP/IP)
- c) SAE J1939-71

Deberá poder accederse a la información del sistema OBD mediante una conexión por cable.

El sistema OBD facilitará los datos de diagnóstico a bordo cuando se le soliciten mediante una herramienta de exploración que cumpla los requisitos de las normas aplicables mencionadas en el apéndice 6 (comunicación con una herramienta de ensayo externa).

##### 4.7.3.1. Comunicación por cable basada en CAN

La velocidad de comunicación de la conexión de datos por cable del sistema OBD será de 250 o 500 kbps.

Es responsabilidad del fabricante seleccionar la velocidad de transmisión y diseñar el sistema OBD con arreglo a los requisitos especificados en las normas mencionadas en el apéndice 6 y en el presente anexo. El sistema OBD tolerará la detección automática entre estas dos velocidades de transmisión por parte del equipo de ensayo externo.

<sup>(1)</sup> No es necesario equipar el motor con el único fin de facilitar los datos indicados en los cuadros 2 y 3 del anexo 5.

<sup>(2)</sup> El fabricante puede utilizar un modo de visualización adicional del diagnóstico a bordo, como la instalación de un dispositivo de videopantalla en el salpicadero, para acceder a la información del sistema OBD. Este dispositivo adicional no estará sujeto a los requisitos del presente anexo.

La interfaz de conexión entre el vehículo y el equipo de ensayo diagnóstico (por ejemplo, una herramienta de exploración) será estándar y cumplirá todos los requisitos de la norma ISO 15031-3, tipo A (alimentación eléctrica de 12 VCC), tipo B (alimentación eléctrica de 24 VCC) o SAE J1939-13 (alimentación eléctrica de 12 o 24 VCC).

4.7.3.2. (reservado para la comunicación por cable basada en TPC/IP [Ethernet]).

4.7.3.3. Ubicación del conector

El conector estará situado dentro del vehículo, en el hueco de las piernas del conductor, dentro del espacio delimitado por el lateral del vehículo del lado del conductor y el borde de la consola central del lado del conductor (o de la línea central del vehículo si éste carece de consola central), en un lugar no más alto que la parte inferior del volante en su posición más baja. El conector no podrá situarse en la consola central (esto es, ni en las superficies horizontales cerca del selector de marchas montado en el suelo, el freno de mano o los sujetavaso, ni en las superficies verticales a proximidad de los mandos de la radio, la climatización o el sistema de navegación). La ubicación del conector deberá ser fácilmente identificable y accesible (por ejemplo, para conectar una herramienta externa). Para los vehículos dotados de una puerta en el lado del conductor, el conector deberá ser fácilmente identificable y accesible para una persona que esté de pie (o agachada) fuera del vehículo, del lado del conductor, con la puerta abierta.

A petición del fabricante, el departamento administrativo podrá autorizar una ubicación alternativa a condición de que sea fácilmente accesible y esté protegida contra daños accidentales en condiciones de uso normales (por ejemplo, la ubicación descrita en la serie de normas ISO 15031).

Si el conector está cubierto o se encuentra dentro de una caja específica, la tapa o la puerta del compartimento deberán poder abrirse con la mano sin herramienta alguna y estar claramente etiquetada con la inscripción «OBD» para identificar la ubicación del conector.

Los vehículos podrán estar equipados con conectores de diagnóstico y enlaces de datos adicionales para fines específicos del fabricante distintos de las funciones del sistema OBD requeridas. Si el conector adicional es conforme a uno de los conectores de diagnóstico estándar autorizados en el apéndice 6, sólo se etiquetará con la inscripción «OBD» el conector requerido en el presente anexo para diferenciarlo de otros conectores similares.

4.7.4. Borrado/reinicialización de la información del OBD por 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 anexo a partir de la memoria del ordenador.

| Datos de información del sistema OBD                                                                                                  | Borrable | Reinicializable <sup>(1)</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|
| Situación del indicador de mal funcionamiento                                                                                         |          | X                              |
| Preparación del sistema OBD                                                                                                           |          | X                              |
| Número de horas de funcionamiento del motor desde que se haya activado el indicador de mal funcionamiento (contador del IMF continuo) | X        |                                |
| Todos los DTC                                                                                                                         | X        |                                |
| Valor del contador B1 que indique el mayor número de horas de funcionamiento del motor                                                |          | X                              |
| Número de horas de funcionamiento del motor a partir de los contadores B1                                                             |          | X                              |
| Información de imagen fija requerida en el presente anexo                                                                             | X        |                                |

La información del sistema OBD no se borrará si se desconectan las baterías del vehículo.

<sup>(1)</sup> Reinicializable al valor especificado en la sección pertinente del presente anexo.

#### 4.8. Seguridad electrónica

Todo vehículo equipado con una unidad de control de emisiones deberá tener características que impidan cualquier modificación no autorizada por el fabricante. El fabricante autorizará la introducción de modificaciones siempre que sean necesarias para fines de diagnóstico, mantenimiento, inspección, equipamiento o reparación del vehículo.

Todo parámetro de funcionamiento o código informático reprogramable deberá ser resistente a las manipulaciones y ofrecer un nivel de protección al menos igual al previsto en las disposiciones de la norma ISO 15031-7 (SAE J2186) o J1939-73, siempre y cuando el intercambio de seguridad se lleve a cabo utilizando los protocolos y el conector de diagnóstico prescritos en el presente anexo. Todos los chips de memoria de calibración extraíbles deberán ir encapsulados, alojados en una caja sellada o protegidos mediante algoritmos electrónicos y no podrán sustituirse sin herramientas o procedimientos especializados.

Los parámetros de funcionamiento del motor con codificación informática no podrán modificarse sin utilizar herramientas y procedimientos especializados (por ejemplo, componentes de ordenador soldados o encapsulados o carcasas de ordenador selladas o soldadas).

Los fabricantes adoptarán las medidas adecuadas para proteger el ajuste de máximo suministro de combustible contra cualquier manipulación mientras un vehículo esté en circulación.

Los fabricantes podrán solicitar al departamento administrativo una exención respecto a cualquiera de estos requisitos para los vehículos en los que sea improbable la necesidad de protección. Los criterios que tendrá en cuenta el departamento administrativo al estudiar la exención serán, entre otros, la presencia en ese momento de chips de modificación de las prestaciones, la capacidad del vehículo de alcanzar altas prestaciones y el volumen de ventas previsto.

Los fabricantes que utilicen sistemas de códigos informáticos programables (por ejemplo, una memoria sólo de lectura, programable y borrrable eléctricamente, EEPROM) deberán impedir cualquier reprogramación no autorizada. Incluirán estrategias avanzadas de protección contra manipulaciones y medidas de protección contra escritura que requieran el acceso electrónico a un ordenador externo mantenido por ellos. El departamento administrativo podrá aprobar métodos alternativos que ofrezcan un nivel equivalente de protección contra las manipulaciones.

#### 4.9. Durabilidad del sistema OBD

El sistema OBD estará diseñado y fabricado de manera que pueda detectar distintos tipos de mal funcionamiento durante toda la vida del vehículo o sistema de motor.

Toda disposición adicional sobre la durabilidad de los sistemas OBD figura en el presente anexo.

Un sistema OBD no estará programado ni diseñado para que se desactive parcial o totalmente en función de la edad o del kilometraje durante la vida real del vehículo, ni contendrá ningún algoritmo o estrategia destinada a reducir su eficacia en el transcurso del tiempo.

### 5. RESULTADOS REQUERIDOS

#### 5.1. Umbrales

En la parte principal del presente Reglamento se establecen los umbrales del sistema OBD para los criterios de supervisión aplicables que se definen en el apéndice 3.

#### 5.2. Desactivación temporal del sistema OBD

El organismo de homologación podrá permitir la desactivación temporal de un sistema OBD en las condiciones especificadas en los párrafos siguientes.

En el momento de la homologación y de la homologación de tipo, el fabricante facilitará al departamento administrativo la descripción detallada de las estrategias de desactivación temporal del sistema OBD, así como los datos o la evaluación técnica que demuestre que la supervisión que se efectuaría en las condiciones aplicables no resultaría fiable ni práctica.

En cualquier caso, la supervisión se reanudará cuando dejen de darse las condiciones que justificaron la desactivación temporal.

5.2.1. Seguridad de funcionamiento del motor/vehículo

Los fabricantes podrán solicitar la autorización de desactivar los sistemas de supervisión OBD cuando se activen estrategias de seguridad de funcionamiento.

El sistema de supervisión OBD no tiene que evaluar los componentes durante un mal funcionamiento si esta evaluación pudiera afectar a la seguridad de uso del vehículo.

5.2.2. Temperatura ambiente y condiciones de altitud

Los fabricantes podrán solicitar la autorización de desactivar los monitores del sistema OBD a temperaturas ambiente de arranque del motor inferiores a 266 K (−7 °C o 20 °F) o superiores a 308 K (35 °C o 95 °F), o en altitudes superiores a 2 500 metros (8 202 pies) sobre el nivel del mar.

Asimismo, podrán solicitar la autorización de desactivar un monitor del sistema OBD a otras temperaturas ambiente de arranque del motor si demuestran con datos o una evaluación técnica que se obtendría un diagnóstico erróneo a esas temperaturas ambiente debido a su efecto en el propio componente (por ejemplo, debido a la congelación del componente).

*Nota:* Las condiciones ambientales pueden estimarse por métodos indirectos. Por ejemplo, las condiciones de temperatura ambiente pueden determinarse en función de la temperatura del aire de admisión.

5.2.3. Nivel de combustible bajo

Los fabricantes podrán solicitar la autorización de desactivar los sistemas de supervisión afectados por un nivel de combustible bajo o cuyo combustible se agote (por ejemplo, diagnóstico de un mal funcionamiento del sistema de alimentación de combustible o fallo de encendido). El nivel bajo de combustible considerado para dicha desactivación no excederá de 100 litros, o 20 % de la capacidad nominal del depósito (el valor que sea inferior).

5.2.4. Batería del vehículo o niveles de tensión del sistema

Los fabricantes podrán solicitar la autorización de desactivar los sistemas de supervisión que puedan verse afectados por la batería del vehículo o los niveles de tensión del sistema.

5.2.4.1. Baja tensión

Para los sistemas de supervisión afectados por baterías o sistemas con poca tensión, los fabricantes podrán solicitar la autorización de desconectar los sistemas de supervisión cuando la tensión de la batería o el sistema sea inferior a un 90 % de la tensión nominal (u 11 voltios para una batería de 12 voltios y 22 voltios para una batería de 24 voltios). Los fabricantes podrán solicitar la autorización de utilizar un umbral de tensión más alto que el valor indicado para desactivar la supervisión del sistema.

El fabricante demostrará que, a esas tensiones, la supervisión no sería fiable y sería improbable el funcionamiento durante largos periodos de tiempo de un vehículo que incumpla los criterios de desactivación, o el sistema OBD supervisaría la tensión de la batería o sistema y detectaría un mal funcionamiento a la tensión utilizada para desactivar otros monitores.

5.2.4.2. Tensión alta

Para los sistemas de supervisión relacionados con las emisiones que se vean afectados por altas tensiones de la batería o el sistema, los fabricantes podrán solicitar la autorización de desactivar los sistemas de supervisión cuando la tensión de la batería o el sistema supere la establecida por el fabricante.

El fabricante demostrará que la supervisión a una tensión superior a la establecida por él no sería fiable y que o bien se iluminaría la luz de advertencia del sistema de carga eléctrica/alternador (o el indicador de carga se encontraría en la «zona roja») o bien el sistema OBD supervisaría la tensión de la batería o el sistema y detectaría un mal funcionamiento a la tensión utilizada para desactivar otros monitores.

5.2.5. Toma de fuerza activa

El fabricante podrá solicitar la autorización de desactivar temporalmente los sistemas de supervisión afectados en vehículos equipados con una unidad de toma de fuerza, a condición de que dicha unidad esté temporalmente activa.

#### 5.2.6. Regeneración forzada

El fabricante podrá solicitar la autorización de desactivar los sistemas de supervisión OBD afectados durante la regeneración forzada de un sistema de control de emisiones situado después del motor (por ejemplo, un filtro de partículas).

#### 5.2.7. Estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS)

El fabricante podrá solicitar la autorización de desactivar los monitores del sistema OBD durante una AECS, incluida la estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones, en condiciones que aún no contemple el punto 5.2 si la capacidad de supervisión de un monitor se ve afectada por una AECS.

### 6. REQUISITOS DE DEMOSTRACIÓN

Los elementos básicos para demostrar que un sistema OBD cumple los requisitos del presente anexo son los siguientes:

- a) Procedimiento de selección del sistema de motor de referencia-OBD. El sistema de motor de referencia-OBD será seleccionado por el fabricante en acuerdo con el departamento administrativo.
- b) Procedimiento para demostrar la clasificación de un mal funcionamiento. El fabricante someterá al departamento administrativo la clasificación de cada mal funcionamiento del sistema de motor de referencia-OBD y los datos necesarios para justificar cada clasificación.
- c) Procedimiento para aceptar un componente deteriorado. A petición del departamento administrativo, el fabricante facilitará componentes deteriorados para someter a ensayo el sistema OBD. Estos componentes se aceptan en función de los datos de apoyo que aporte el fabricante.

#### 6.1. Familia de sistemas OBD en relación con las emisiones

El fabricante es responsable de determinar la composición de una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones. El agrupamiento de sistemas de motor dentro de una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones se basará en criterios técnicos adecuados y estará sujeto a la autorización del departamento administrativo.

Motores que no pertenezcan a la misma familia de motores pueden pertenecer a la misma familia de sistemas OBD en relación con las emisiones.

##### 6.1.1. Parámetros para definir una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones

Una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones se caracteriza por parámetros básicos de diseño que deberán ser comunes a los sistemas de motor de la familia.

Para que los sistemas de motores se consideren de la misma familia de motores-OBD, deberán tener en común los parámetros básicos siguientes:

- a) sistema de control de emisiones;
- b) métodos de supervisión del sistema OBD;
- c) criterios de funcionamiento y supervisión de los componentes;
- d) parámetros de supervisión (por ejemplo, la frecuencia).

El fabricante demostrará estas similitudes por medio de las demostraciones técnicas pertinentes u otros procedimientos apropiados y se someterán a la aprobación del departamento administrativo.

El fabricante podrá solicitar la aprobación por parte del departamento administrativo de diferencias menores en los métodos de supervisión/diagnóstico del sistema de control de las emisiones del motor, debido a la variación de la configuración del sistema de motor, cuando el fabricante considere que esos métodos son similares y que:

- a) difieren sólo para satisfacer las especificidades de los componentes considerados (por ejemplo, el tamaño, el flujo de escape, etc.); o bien

- b) sus similitudes se basan en criterios técnicos adecuados.

6.1.2. Sistema de motor de referencia-OBD

El cumplimiento por parte de una familia de OBD en relación con las emisiones de los requisitos del presente anexo se probará demostrando su cumplimiento por parte del sistema de motor de referencia-OBD de dicha familia.

El sistema de motor de referencia-OBD será seleccionado por el fabricante y se someterá al acuerdo del departamento administrativo.

Antes del ensayo, el departamento administrativo puede pedir al fabricante que seleccione un motor adicional con fines de demostración.

El fabricante también podrá proponer al departamento administrativo el ensayo de motores adicionales para abarcar a toda la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones.

6.2. **Procedimientos para demostrar la clasificación de un mal funcionamiento.**

El fabricante facilitará al departamento administrativo la documentación que acredite la clasificación adecuada de cada caso de mal funcionamiento. Esta documentación comprenderá un análisis de fallo (por ejemplo, los elementos de un «análisis de los tipos de fallo y de sus efectos») y podrá incluir:

- a) resultados de simulación;
- b) resultados de ensayo;
- c) referencias a clasificaciones aprobadas anteriormente.

En los párrafos siguientes, se enumeran los requisitos para demostrar que la clasificación es correcta, lo que incluye los requisitos de ensayo. Se hará un mínimo de cuatro ensayos y un máximo de cuatro veces el número de familias de motores consideradas dentro de la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones. El departamento administrativo podrá decidir poner fin al ensayo en cualquier momento antes de que se alcance ese número máximo de ensayos de fallo.

En algunos casos específicos en que no sea posible realizar ensayos de clasificación (por ejemplo, si está activada una estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones y el motor no puede someterse al ensayo aplicable, etc.), el mal funcionamiento podrá clasificarse en función de una justificación técnica. El fabricante deberá documentar esta excepción, que estará supeditada a la aprobación del departamento administrativo.

6.2.1. Demostración de la clasificación en la categoría A

La clasificación de un mal funcionamiento en la categoría A por parte del fabricante no estará sujeta a un ensayo de demostración.

Si el departamento administrativo no está de acuerdo con la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría A por parte del fabricante, pedirá que se clasifique en las categorías B1, B2 o C, según proceda.

En ese caso, el documento de homologación indicará que la clasificación del mal funcionamiento corresponde a una petición del departamento administrativo.

6.2.2. Demostración de la clasificación en la categoría B1 (distinción entre A y B1)

Para justificar la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B1, la documentación demostrará claramente que, en determinadas circunstancias <sup>(1)</sup>, el mal funcionamiento da lugar a emisiones inferiores a los umbrales del sistema OBD.

En el caso de que el departamento administrativo requiera un ensayo de emisiones para acreditar la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B1, el fabricante demostrará que las emisiones debidas a ese mal funcionamiento particular son, en las circunstancias elegidas, inferiores a los umbrales del sistema OBD:

- a) el fabricante seleccionará las circunstancias del ensayo de acuerdo con el departamento administrativo;

<sup>(1)</sup> Entre las circunstancias que pueden influir si se superan los umbrales del sistema OBD figuran, por ejemplo, la edad del sistema de motor o la realización del ensayo con un componente nuevo o viejo.

- b) no se exigirá al fabricante que demuestre que en otras circunstancias las emisiones debidas al mal funcionamiento superan en realidad los umbrales del sistema OBD.

Si el fabricante no consigue demostrar la clasificación del mal funcionamiento en la categoría B1, se clasificará en la categoría A.

6.2.3. Demostración de la clasificación en la categoría B1 (distinción entre B2 y B1)

Si el departamento administrativo no está de acuerdo con la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B1 porque considera que no se superan los umbrales del sistema OBD, exigirá su reclasificación en las categorías B2 o C. En ese caso, los documentos de homologación indicarán que la clasificación del mal funcionamiento corresponde a una petición del departamento administrativo.

6.2.4. Demostración de la clasificación en la categoría B2 (distinción entre B2 y B1)

Para justificar la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B2, el fabricante demostrará que las emisiones son inferiores a los umbrales del sistema OBD.

Si el departamento administrativo no está de acuerdo con la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B2 porque considera que no se superan los umbrales del sistema OBD, podrá exigirse al fabricante que demuestre, mediante ensayo, que las emisiones debidas al mal funcionamiento son inferiores a dichos umbrales. Si el ensayo fracasa, el departamento administrativo exigirá la reclasificación del mal funcionamiento en las categorías A o B1 y, en consecuencia, el fabricante demostrará que la clasificación es adecuada y actualizará la documentación.

6.2.5. Demostración de la clasificación en la categoría B2 (distinción entre B2 y C)

Si el departamento administrativo no está de acuerdo con la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B2 porque considera que no se superan los límites de emisión reglamentados, el departamento administrativo exigirá su reclasificación en la categoría C. En ese caso, los documentos de homologación indicarán que la clasificación del mal funcionamiento corresponde a una petición del departamento administrativo.

6.2.6. Demostración de la clasificación en la categoría C

Para justificar la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría C, el fabricante demostrará que las emisiones son inferiores a los límites de emisión reglamentados.

Si el departamento administrativo no está de acuerdo con la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría C, podrá exigirse al fabricante que demuestre, mediante ensayo, que las emisiones debidas al mal funcionamiento son inferiores a los límites reglamentados.

Si el ensayo fracasa, el departamento administrativo exigirá la reclasificación del mal funcionamiento y, en consecuencia, el fabricante demostrará que la reclasificación es adecuada y actualizará la documentación.

6.3. **Procedimientos para demostrar el funcionamiento del sistema OBD**

El fabricante presentará al departamento administrativo un expediente documental completo que acredite la conformidad del sistema OBD por lo que respecta a su capacidad de supervisión, que podrá incluir:

- a) algoritmos y gráficos de decisión
- b) resultados de ensayos o simulaciones
- c) referencias a sistemas de supervisión homologados anteriormente, etc.

En los párrafos siguientes se enumeran los requisitos para demostrar el funcionamiento del sistema OBD, con inclusión de los requisitos de ensayo. Se hará un mínimo de cuatro ensayos y un máximo de cuatro veces el número de familias de motores consideradas dentro de la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones. El departamento administrativo podrá decidir poner fin al ensayo en cualquier momento antes de que se alcance ese número máximo de ensayos de fallo.



#### 6.3.1. Procedimientos para demostrar el funcionamiento del sistema OBD mediante ensayo

Además del expediente documental a que se hace referencia en el punto 6.3, el fabricante demostrará que es adecuada la supervisión que ejercen los sistemas o componentes de control de emisiones específicos sometidos a ensayo en un banco de pruebas de un motor con arreglo a los procedimientos de ensayo especificados en el punto 7.2 del presente anexo.

En ese caso, el fabricante comunicará los componentes deteriorados aceptados o el dispositivo eléctrico que se habrían utilizado para simular un mal funcionamiento.

La detección adecuada del mal funcionamiento por el sistema OBD y su respuesta adecuada a dicha detección (véanse la indicación del IMF, el almacenamiento de un DTC, etc.) se demostrarán con arreglo al punto 7.2.

#### 6.3.2. Procedimientos para aceptar un componente (o sistema) deteriorado

El presente punto se aplica a los casos en que el mal funcionamiento seleccionando para un ensayo de demostración del sistema OBD se supervise respecto a las emisiones del tubo de escape <sup>(1)</sup> (supervisión del límite de emisiones, véase el punto 4.2), mediante un ensayo de emisiones, para la aceptación del componente deteriorado.

En casos muy específicos, puede que no sea posible la aceptación de componentes o sistemas deteriorados mediante ensayo (por ejemplo, si está activada una estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones y el motor no puede someterse al ensayo aplicable, etc.). En esos casos, el componente deteriorado se aceptará sin ensayo. El fabricante deberá documentar esta excepción, que estará supeditada a la aprobación del departamento administrativo.

##### 6.3.2.1. Procedimiento de aceptación de un componente deteriorado utilizado para demostrar la detección de casos de mal funcionamiento de las categorías A y B1

En caso de que el mal funcionamiento seleccionando por el departamento administrativo dé lugar a emisiones de escape que puedan superar un umbral del sistema OBD, el fabricante demostrará, mediante un ensayo de emisiones con arreglo al punto 7, que el componente o dispositivo deteriorado no da lugar a que las emisiones pertinentes superen el citado umbral del sistema OBD en más de un 20 %.

##### 6.3.2.2. Aceptación de los componentes deteriorados utilizados para demostrar la detección de casos de mal funcionamiento de la categoría B2.

Para los casos de mal funcionamiento de la categoría B2, y a petición del departamento administrativo, el fabricante demostrará, mediante un ensayo de emisiones con arreglo al punto 7, que el componente o dispositivo deteriorado no da lugar a que las emisiones pertinentes superen los umbrales aplicables del sistema OBD.

##### 6.3.2.3. Aceptación de los componentes deteriorados utilizados para demostrar la detección de casos de mal funcionamiento de la categoría C.

Para los casos de mal funcionamiento de la categoría C, y a petición del departamento administrativo, el fabricante demostrará, mediante un ensayo de emisiones con arreglo al punto 7, que el componente o dispositivo deteriorado no da lugar a que las emisiones pertinentes superen los límites de emisiones reglamentados aplicables.

#### 6.3.3. Informe de ensayo

El informe de ensayo incluirá, como mínimo, la información indicada en el apéndice 4.

#### 6.4. Homologación de un sistema OBD con deficiencias

##### 6.4.1. A petición del fabricante, el organismo de homologación podrá homologar un sistema OBD aunque tenga una o varias deficiencias.

Al estudiar la solicitud, el organismo determinará si es posible el cumplimiento de los requisitos del presente anexo o si no es razonable.

El organismo de homologación tendrá en cuenta los datos procedentes del fabricante que detallen, entre otros, factores como la viabilidad técnica, los plazos y los ciclos de producción, incluidas la introducción o retirada paulatina de diseños de motores o vehículos y las mejoras programadas de los ordenadores, la medida en que el sistema OBD resultante será eficaz para cumplir los requisitos del presente anexo y si el fabricante ha demostrado haber realizado un esfuerzo suficiente para cumplir dichos requisitos.

El organismo de homologación no aceptará ninguna solicitud sobre deficiencias que suponga la ausencia completa de un monitor de diagnóstico prescrito (la ausencia total de los monitores prescritos en el apéndice 3).

<sup>(1)</sup> Este punto se extenderá posteriormente a otros monitores distintos del relativo al límite de emisiones.



#### 6.4.2. Periodo de deficiencia

Se autorizará una deficiencia durante un periodo de un año a partir de la fecha de homologación del sistema de motor.

Si el fabricante puede demostrar adecuadamente al departamento administrativo que serán necesarias modificaciones sustanciales del motor y un plazo de producción adicional para corregir la deficiencia, podrá permitirse dicha deficiencia durante un año adicional, a condición de que el periodo de deficiencia total no exceda de tres años (esto es, se permite la concesión de tres periodos de deficiencia de un año).

El fabricante no podrá solicitar la renovación del periodo de deficiencia.

### 7. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

#### 7.1. Procesos de ensayo

La demostración mediante ensayo de la correcta clasificación del mal funcionamiento y la demostración mediante ensayo de la adecuada capacidad de supervisión de un sistema OBD son cuestiones que se abordarán por separado durante el proceso de ensayo. Por ejemplo, un mal funcionamiento de categoría A no precisará un ensayo de clasificación, pero sí puede ser objeto de un ensayo de funcionamiento del sistema OBD.

Cuando proceda, podrá utilizarse el mismo ensayo para demostrar la correcta clasificación de un mal funcionamiento, la aceptación de un componente deteriorado facilitado por el fabricante y la correcta supervisión por parte del sistema OBD.

El sistema de motor en el que se ensaya el sistema OBD deberá cumplir los requisitos sobre emisiones establecidos en el presente Reglamento.

##### 7.1.1. Proceso de ensayo para demostrar la clasificación de un mal funcionamiento.

Cuando, con arreglo al punto 6.2, el departamento administrativo exija al fabricante que acredite mediante ensayo la clasificación de un mal funcionamiento específico, la demostración del cumplimiento consistirá en una serie de ensayos de emisiones.

De acuerdo con el punto 6.2.2, cuando el departamento administrativo requiera un ensayo para acreditar la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B1 en lugar de la categoría A, el fabricante demostrará que las emisiones resultantes de ese mal funcionamiento particular son, en las circunstancias elegidas, inferiores a los umbrales del sistema OBD:

- a) el fabricante seleccionará las circunstancias del ensayo de acuerdo con el departamento administrativo;
- b) no se exigirá al fabricante que demuestre que en otras circunstancias las emisiones resultantes del mal funcionamiento superan en realidad los umbrales del sistema OBD.

El ensayo de emisiones podrá repetirse hasta tres veces a petición del fabricante.

Si ninguno de estos ensayos concluye con emisiones inferiores a los umbrales del sistema OBD, se aprobará la clasificación del mal funcionamiento en la categoría B1.

Cuando el departamento administrativo requiera un ensayo para acreditar la clasificación de un mal funcionamiento en la categoría B2 en lugar de la categoría B1, o en la categoría C en lugar de la categoría B2, no se repetirá el ensayo de emisiones. Si las emisiones medidas en el ensayo superan los umbrales del sistema OBD o el límite de emisión, el mal funcionamiento deberá reclasificarse.

*Nota:* De acuerdo con el punto 6.2.1, este punto no se aplica a los casos de mal funcionamiento clasificados en la categoría A.

##### 7.1.2. Proceso de ensayo para demostrar el funcionamiento del sistema OBD

Cuando, con arreglo al punto 6.3, el departamento administrativo exija someter a ensayo el funcionamiento del sistema OBD, la demostración del cumplimiento constará de las fases siguientes:

- a) el departamento administrativo seleccionará un mal funcionamiento y el fabricante presentará un componente o sistema deteriorado correspondiente;

- b) cuando proceda y se le solicite, el fabricante demostrará mediante un ensayo de emisiones que el componente deteriorado es válido para una demostración sobre supervisión;
- c) el fabricante demostrará que la respuesta del sistema OBD es conforme a las disposiciones del presente anexo (a saber, iniciación del IMF, almacenamiento del DTC, etc.), como muy tarde al final de una serie de ciclos de ensayo del sistema OBD.

#### 7.1.2.1. Validez del componente deteriorado

Cuando el departamento administrativo exija al fabricante que valide un componente deteriorado mediante el ensayo descrito en el punto 6.3.2, la demostración se llevará a cabo con un ensayo de emisiones.

Si se determina que la instalación de un componente o dispositivo deteriorado en un sistema de motor hace imposible la comparación con los umbrales del sistema OBD (por ejemplo, porque no se cumplen las condiciones estadísticas para la validación del ciclo de ensayo de emisiones aplicable), el mal funcionamiento de dicho componente o dispositivo podrá considerarse validado previo acuerdo del departamento administrativo a tenor de la argumentación técnica del fabricante.

Si la instalación de un componente o dispositivo deteriorado en un motor implica que durante el ensayo no se puede alcanzar la curva de plena carga (determinada con un motor que funcione correctamente), el componente o dispositivo deteriorado podrá considerarse validado con el acuerdo del departamento administrativo a tenor de la argumentación técnica facilitada por el fabricante.

#### 7.1.2.2. Detección de un mal funcionamiento

Cada monitor seleccionado por el departamento administrativo para someterlo a ensayo en un banco de pruebas del motor deberá responder a la introducción de un componente deteriorado validado de manera que se cumplan los requisitos del presente anexo en dos ciclos de ensayo del sistema OBD consecutivos con arreglo a lo dispuesto en el punto 7.2.2 del presente anexo.

Cuando en la descripción de la supervisión se haya especificado, y el departamento administrativo lo haya aceptado, que un monitor específico necesita más de dos secuencias de funcionamiento para completar su supervisión, podrá aumentarse el número de ciclos de ensayo del OBD en función de la solicitud del fabricante.

Cada ciclo de ensayo particular del sistema OBD dentro del ensayo de demostración estará 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.

El ensayo se considerará completo cuando la respuesta del sistema OBD satisfaga los requisitos del presente anexo.

### 7.2. Ensayos aplicables

El ensayo de emisiones es el ciclo de ensayo utilizado para medir las emisiones reglamentadas.

El ciclo de ensayo del sistema OBD es el utilizado para evaluar el funcionamiento del monitor del sistema OBD. En numerosos casos, estos ciclos de ensayo son equivalentes.

#### 7.2.1. Ciclo de ensayo de emisiones

El ciclo de ensayo considerado en el presente anexo para la medición de las emisiones es el WHTC descrito en el anexo 10.

#### 7.2.2. Ciclo de ensayo del sistema OBD

El ciclo de ensayo mundial armonizado del sistema OBD considerado en el presente anexo constituye la parte caliente del ciclo WHTC descrito en el anexo 10.

A petición del fabricante, y tras la aprobación del departamento administrativo, la parte fría del ciclo WHTC puede utilizarse como alternativa al ciclo de ensayo del sistema OBD. 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 aplicable del OBD, armonizado mundialmente o aceptado regionalmente, es menos adecuado para la supervisión considerada (por ejemplo, la supervisión del consumo de fluido).

#### 7.2.3. Condiciones de funcionamiento del ensayo

Las condiciones (la temperatura, la altitud, la calidad del combustible, etc.) para la realización de los ensayos considerados en los puntos 7.2.1 y 7.2.2 serán los exigidos para el ciclo de ensayo WHTC descrito en el anexo 10.

En el caso de un ensayo de emisiones destinado a justificar la clasificación de un mal funcionamiento específico en la categoría B1, las condiciones de funcionamiento del ensayo podrán diferir, si así lo decide el fabricante, de las descritas en los puntos anteriores, con arreglo al punto 6.2.2.

### 7.3. Informes de ensayo

El informe de ensayo incluirá, como mínimo, la información indicada en el apéndice 4.

## 8. REQUISITOS DE DOCUMENTACIÓN

### 8.1. Documentación para la homologación

El fabricante facilitará un expediente documental que incluya una descripción completa del sistema OBD. El mencionado expediente se pondrá a disposición en dos partes.

- a) Una primera parte, que podrá ser breve, a condición de que incluya pruebas relativas a las relaciones entre monitores, sensores/actuadores y condiciones de funcionamiento (esto es, que describa todas las condiciones de activación del funcionamiento de los monitores y de desactivación de dicho funcionamiento). La documentación describirá el comportamiento funcional del sistema OBD, lo que incluye la clasificación de los casos de mal funcionamiento en función de una clasificación jerárquica. Este material permanecerá en poder del departamento administrativo. También podrá ponerse a disposición de las partes interesadas que lo soliciten.
- b) Una segunda parte que contenga cualquier dato, incluidos los detalles de los componentes o sistemas deteriorados validados y los resultados de ensayo correspondientes, que se utilice como prueba de apoyo del proceso de decisión indicado anteriormente, así como un listado de todas las señales de entrada y salida que estén disponibles para el sistema de motor y que supervise el sistema OBD. En esta segunda parte se describirá brevemente cada estrategia de supervisión y el proceso de decisión.

Esta segunda parte será estrictamente confidencial. Podrá conservarla el departamento administrativo o, a discreción de este último, el fabricante, pero deberá estar disponible a efectos de inspección por parte del departamento administrativo en el momento de la homologación o en cualquier momento durante el periodo de validez de la homologación.

#### 8.1.1. Documentación asociada a cada componente o sistema supervisado

El expediente documental incluido en la segunda parte comprenderá, entre otras cosas, la información siguiente para cada componente o sistema supervisado:

- a) los casos de mal funcionamiento y los DTC asociados;
- b) el método de supervisión utilizado para la detección de los casos de mal funcionamiento;
- c) los parámetros utilizados y las condiciones necesarias para la detección de los casos de mal funcionamiento y, en su caso, los límites de los criterios de fallo (funcionamiento y supervisión de los componentes);
- d) los criterios de almacenamiento de los DTC;
- e) la duración de la supervisión (a saber, el tiempo de funcionamiento/procedimiento necesario para completar la supervisión) y la frecuencia de supervisión (por ejemplo, continuo, una vez por trayecto, etc.).

#### 8.1.2. Documentación asociada a la clasificación del mal funcionamiento

El expediente documental incluido en la segunda parte comprenderá, entre otras cosas, la información siguiente para la clasificación de los casos de mal funcionamiento.

Se documentará la clasificación de los casos de mal funcionamiento de cada DTC. Esta clasificación podrá ser diferente para distintos tipos de motor (por ejemplo, diferentes clasificaciones de motores) de la misma familia de sistemas OBD en relación con las emisiones.

Esta información incluirá la justificación técnica indicada en el punto 4.2 del presente anexo para la clasificación en las categorías A, B1 o B2.

#### 8.1.3. Documentación asociada a la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones

El expediente documental incluido en la segunda parte comprenderá, entre otras cosas, la información siguiente sobre la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones:

Se facilitará una descripción de la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones que incluirá una lista y una descripción de los tipos de motor de la familia, la descripción del sistema de motor de referencia-OBD y todos los elementos que caracterizan a la familia con arreglo al punto 6.1.1 del presente anexo.

En caso de que la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones incluya motores que pertenezcan a distintas familias de motores, se facilitará una descripción resumida de dichas familias de motores.

Además, el fabricante proporcionará una lista de todas las entradas y salidas electrónicas y la identificación del protocolo de comunicación utilizado por cada familia de sistemas OBD en relación con las emisiones.

#### 8.2. Documentación para la instalación en el vehículo de un sistema de motor equipado con un OBD

El fabricante del motor especificará en los documentos sobre la instalación de su sistema de motor los requisitos que garanticen que el vehículo, cuando se utilice en la carretera o en cualquier otro lugar, según proceda, cumpla los requisitos del presente anexo. Esta documentación comprenderá, entre otras cosas, los aspectos siguientes:

- a) los requisitos técnicos detallados, incluidas las disposiciones que garanticen la compatibilidad con el sistema OBD del sistema de motor;
- b) el procedimiento de verificación que deberá llevarse a cabo.

Durante el proceso de homologación del sistema de motor podrá comprobarse si existen requisitos para esta instalación y si son adecuados.

*Nota:* En caso de que el fabricante del vehículo solicite una homologación directa de la instalación del sistema OBD en el vehículo, no será necesaria esta documentación.

#### 8.3. Documentación relativa a la información relacionada con el sistema OBD

Deben cumplirse los requisitos del apéndice 7

#### 9. APÉNDICES

- Apéndice 1: Autorización de la instalación de los sistemas OBD
  - Apéndice 2: Casos de mal funcionamiento — ilustración de la situación de los DTC — ilustración del IMF y los sistemas de activación de los contadores
  - Apéndice 3: Requisitos de supervisión
  - Apéndice 4: Informe de conformidad técnica
  - Apéndice 5: Información de imagen fija y de flujo de datos
  - Apéndice 6: Documentos normativos de referencia
  - Apéndice 7: Documentación relativa a la información sobre el sistema OBD
-

*Apéndice 1***Autorización de la instalación de sistemas OBD**

En el presente apéndice se considera el caso en que el fabricante del vehículo solicita la autorización de instalar en un vehículo uno o varios sistemas OBD de una familia de sistemas OBD en relación con las emisiones que hayan sido certificados con arreglo a los requisitos del presente anexo.

En este caso, además de los requisitos generales del presente anexo, se exigirá una demostración de la correcta instalación del sistema. Esta demostración se hará sobre la base del elemento de diseño adecuado, los resultados de los ensayos de verificación, etc. e incluirá la conformidad de los elementos siguientes respecto a los requisitos del presente anexo:

- a) la instalación en el vehículo por lo que respecta a su compatibilidad con el sistema OBD del sistema de motor;
- b) el IMF (pictograma, sistemas de activación, etc.);
- c) la interfaz de comunicación por cable.

Se comprobarán la correcta iluminación del IMF, el almacenamiento de información y la comunicación del sistema OBD entre el vehículo y el exterior. Pero ninguna comprobación obligará a desmontar el sistema de motor (por ejemplo, podrá seleccionarse una desconexión eléctrica).

---

Apéndice 2

Casos de mal funcionamiento

Ilustración de la situación de los DTC

Ilustración del IMF y los sistemas de activación de los contadores

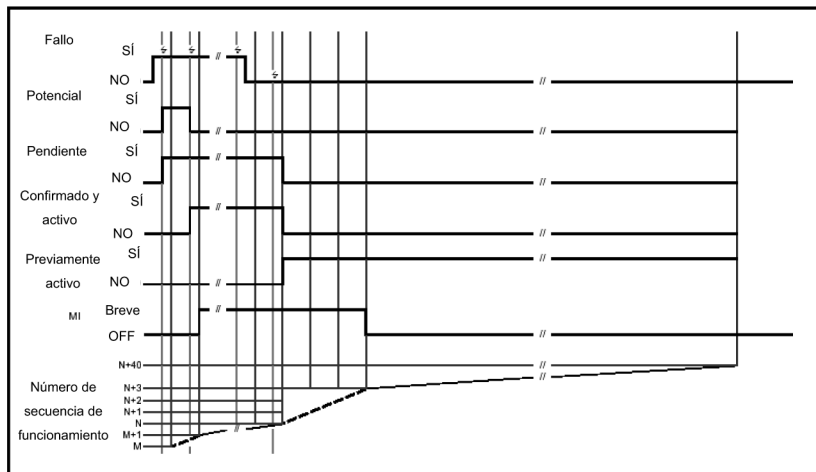
El presente apéndice tiene por objeto ilustrar los requisitos establecidos en los puntos 4.3 y 4.6.6 del presente anexo.

Contiene las figuras siguientes:

- Figura 1: situación de los DTC en caso de mal funcionamiento de categoría B1  
 Figura 2: situación de los DTC si se producen dos casos sucesivos de mal funcionamiento de categoría B1  
 Figura 3: situación de los DTC si vuelve a plantearse un caso de mal funcionamiento de categoría B1  
 Figura 4: mal funcionamiento de categoría A — activación del IMF y de los contadores del IMF  
 Figura 5: mal funcionamiento de categoría B1 — activación del contador B1 en cinco casos de uso

Figura 1

Situación de los DTC en caso de mal funcionamiento de categoría B1



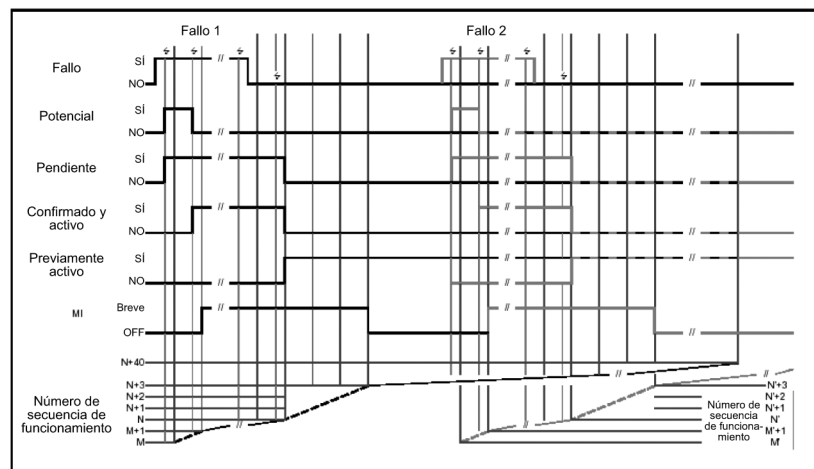
Notas:

- ⚡ — Indica el punto en que se produce el mal funcionamiento en cuestión.  
 N, M — El anexo requiere la identificación de secuencias de funcionamiento clave durante las cuales se producen algunos acontecimientos, y el cómputo de las secuencias de funcionamiento siguientes. A efectos de ilustrar este requisito, las secuencias de funcionamiento clave han recibido los valores de N y M.

Por ejemplo, M equivale a la primera secuencia de funcionamiento que permite detectar un posible mal funcionamiento, y N equivale a la secuencia de funcionamiento durante la cual se apaga el IMF.

Figura 2

### Situación de los DTC si se producen dos casos sucesivos de mal funcionamiento de categoría B1



Notas:



— Indica el punto en que se produce el mal funcionamiento en cuestión.

N, M, N', M'

— El anexo requiere la identificación de secuencias de funcionamiento clave durante las cuales se producen algunos acontecimientos, y el cómputo de las secuencias de funcionamiento siguientes. A efectos de ilustrar este requisito, las secuencias de funcionamiento clave han recibido los valores de N y M para el primer mal funcionamiento, y N' y M' para el segundo.

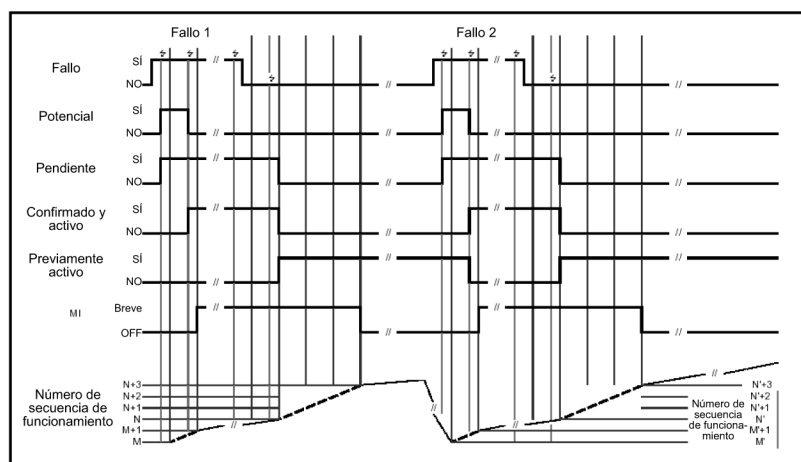
Por ejemplo, M equivale a la primera secuencia de funcionamiento que permite detectar un posible mal funcionamiento, y N equivale a la secuencia de funcionamiento durante la cual se apaga el IMF.

N + 40

— Cuadragésima secuencia de funcionamiento después de la primera extinción del IMF o 200 horas de funcionamiento del motor (lo que ocurra primero).

Figura 3

### Situación de los DTC si vuelve a plantearse un caso de mal funcionamiento de categoría B1



Notas:



— Indica el punto en que se produce el mal funcionamiento en cuestión.





*Apéndice 3***Requisitos de supervisión**

En los puntos del presente apéndice se enumeran los sistemas o componentes que debe supervisar el sistema OBD, con arreglo al punto 4.2.

*PUNTO 1***COMPONENTES DE SUPERVISIÓN ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS**

Los componentes eléctricos/electrónicos utilizados para controlar o supervisar los sistemas de control de emisiones descritos en el presente apéndice estarán sujetos a una supervisión de componentes con arreglo a las disposiciones del punto 4.1 del presente anexo. Ello incluye, entre otras cosas, los sensores de presión, los sensores de temperatura, los sensores del gas de escape, los inyectores de combustible o reductores en el escape, los elementos quemadores o calentadores en el escape, las bujías de calentamiento y los calentadores del aire de admisión.

Si existe un bucle de control de retroinformación, el sistema OBD supervisará la capacidad del sistema de mantener el control de retroinformación como ha sido diseñado (por ejemplo, para introducir el control de retroinformación en el plazo de tiempo establecido por el fabricante, el sistema no puede mantener el control de retroinformación, el control de retroinformación ha agotado todos ajustes permitidos por el fabricante): supervisión de componentes.

*PUNTO 2***FILTRO DE PARTÍCULAS DIÉSEL (DPF), O TRAMPA DE MATERIA DE PARTICULAS**

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del DPF en los motores equipados con ellos:

- a) sustrato del DPF: la presencia del sustrato del filtro de partículas diésel — supervisión de fallo funcional total;
- b) funcionamiento del DPF: obturación — supervisión de fallo funcional total;
- c) funcionamiento del DPF: procesos de filtrado y regeneración (por ejemplo, acumulación de partículas durante el proceso de filtrado y retirada de las partículas durante un proceso de regeneración forzada) — supervisión del funcionamiento (por ejemplo, evaluación de las propiedades medibles del DPF, tales como la contrapresión o la presión diferencial, que podría no detectar todos los modos de fallo que reduzcan la eficacia de filtrado).

*PUNTO 3***SUPERVISIÓN DE LA REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA (SCR)**

A efectos del presente punto, SCR significa reducción catalítica selectiva u otro dispositivo catalítico de NO<sub>x</sub> pobre. El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema SCR en los motores equipados con ellos:

- a) sistema de inyección de reductor activo/intrusivo: la capacidad del sistema de regular adecuadamente el suministro de agente reductor, mediante una inyección en el escape o una inyección en el cilindro: supervisión del funcionamiento;
- b) agente reductor activo/intrusivo: la disponibilidad a bordo de agente reductor, el consumo adecuado del agente reductor si se utiliza uno distinto del combustible (por ejemplo, urea): supervisión del funcionamiento;
- c) agente reductor activo/intrusivo: en la medida de lo posible, la calidad del agente reductor si se utiliza uno distinto del combustible (por ejemplo, urea): supervisión del funcionamiento.

## PUNTO 4

TRAMPA DE NO<sub>x</sub> POBRE (LNT, O ABSORBEDOR DE NO<sub>x</sub>)

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema LNT en los motores equipados con ellos:

- a) capacidad del sistema LNT: la capacidad del sistema LNT de absorber/almacenar y transformar NO<sub>x</sub>: supervisión del funcionamiento;
- b) sistema LNT de inyección de reductor activo/intrusivo: la capacidad del sistema de regular adecuadamente el suministro de agente reductor, mediante una inyección en el escape o una inyección en el cilindro: supervisión del funcionamiento.

## PUNTO 5

## SUPERVISIÓN DEL CATALIZADOR DE OXIDACIÓN DEL DIÉSEL (DOC)

El presente punto se aplica a los catalizadores de oxidación del diésel que están separados de otros sistemas de postratamiento. Los que están incluidos en el cuerpo de un sistema de postratamiento se tratan en el punto correspondiente del presente apéndice.

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del DOC en los motores equipados con ellos:

- a) eficacia de la transformación de los hidrocarburos: la capacidad del DOC de transformar los hidrocarburos antes de otros dispositivos de postratamiento: supervisión del fallo funcional total;
- b) eficacia de la transformación de los hidrocarburos: la capacidad del DOC de transformar los hidrocarburos después de otros dispositivos de postratamiento: supervisión del fallo funcional total.

## PUNTO 6

## SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DEL GAS DE ESCAPE (EGR)

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema EGR en los motores equipados con ellos:

- a) caudal alto/bajo de la EGR: la capacidad del sistema EGR para mantener el caudal de recirculación del gas de escape pedido, detectando tanto el «caudal demasiado bajo» como el «caudal demasiado alto»: supervisión del umbral de emisiones;
- b) respuesta lenta del actuador de la EGR: la capacidad del sistema EGR de alcanzar el caudal pedido en el plazo de tiempo especificado por el fabricante después del comando: supervisión del funcionamiento;
- c) enfriamiento del refrigerador de la EGR: la capacidad del sistema refrigerador de la EGR de lograr el nivel de enfriamiento especificado por el fabricante: supervisión del funcionamiento.

## PUNTO 7

## SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de alimentación de combustible en los motores equipados con ellos:

- a) control de la presión del sistema de alimentación de combustible: la capacidad del sistema de alcanzar la presión de alimentación de combustible pedida en un control de bucle cerrado: supervisión del funcionamiento;
- b) control de la presión del sistema de alimentación de combustible: la capacidad del sistema de alimentación de combustible de alcanzar la presión pedida en un control de bucle cerrado cuando el sistema está construido de manera que la presión pueda controlarse independientemente de otros parámetros: supervisión del funcionamiento;
- c) regulación de la inyección de combustible: la capacidad del sistema de alimentación de combustible de alcanzar la regulación de alimentación pedida durante al menos una de las fases de inyección cuando el motor está equipado con los sensores apropiados: supervisión del funcionamiento.

## PUNTO 8

SISTEMA DE CONTROL DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y DE LA PRESIÓN DEL TURBOCOMPRESOR/  
SOBREALIMENTADOR

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de control del acondicionamiento de aire y de la presión del turbocompresor/sobrealimentador en los motores equipados con ellos:

- a) turbocompresión insuficiente/excesiva: la capacidad del sistema de turbocompresión de mantener la presión pedida, detectando tanto las situaciones tanto de «turbocompresión insuficiente» como de «turbocompresión excesiva»: supervisión del umbral de emisiones;
- b) respuesta lenta del turbo de geometría variable: la capacidad del turbo de geometría variable de alcanzar la geometría pedida en el plazo de tiempo especificado por el fabricante: supervisión del funcionamiento;
- c) refrigeración del aire de sobrealimentación: la eficacia del sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación: fallo funcional total.

## PUNTO 9

## SISTEMA DE REGULACIÓN VARIABLE DE LAS VÁLVULAS

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de regulación variable de las válvulas en los motores equipados con ellos:

- a) error de objetivo de la regulación variable de las válvulas: la capacidad del sistema de regulación variable de las válvulas de alcanzar la regulación de las válvulas pedida: supervisión del funcionamiento;
- b) respuesta lenta de la regulación variable de las válvulas: la capacidad del sistema de regulación variable de las válvulas de alcanzar la regulación de las válvulas en el plazo de tiempo especificado por el fabricante: supervisión del funcionamiento.

## PUNTO 10

## SUPERVISIÓN DEL FALLO DE ENCENDIDO

Ninguna prescripción

## PUNTO 11

## SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL CÁRTER

Ninguna prescripción

## PUNTO 12

## SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de refrigeración del motor:

- a) temperatura del refrigerante del motor (termostato): los fabricantes de un termostato que se ha quedado abierto no necesitan supervisarlo si el fallo no desactiva ningún otro monitor del sistema OBD — fallo funcional total.

Los fabricantes no necesitan supervisar la temperatura del refrigerante del motor o el sensor de temperatura de dicho refrigerante si no se utilizan para el control del bucle cerrado/de la retroinformación de ningún sistema de control de emisiones y/o no desactivarán ningún otro monitor.

Los fabricantes podrán suspender o retrasar el monitor hasta alcanzar la temperatura de activación del bucle cerrado si el motor está sometido a condiciones que pudieran dar lugar a un falso diagnóstico (por ejemplo, el funcionamiento del vehículo durante un tiempo superior al 50 % e inferior al 5 % del tiempo de calentamiento).

*PUNTO 13*

SUPERVISIÓN DEL SENSOR DEL GAS DE ESCAPE

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento, con arreglo al punto 1 del presente apéndice, de los elementos eléctricos de los sensores del gas de escape en los motores equipados con ellos.

*PUNTO 14*

SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL RÉGIMEN DE RALENTÍ

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento, con arreglo al punto 1 del presente apéndice, de los elementos eléctricos de los sistemas de control del régimen de ralentí en los motores equipados con ellos.

---

## Apéndice 4

**Informe de conformidad técnica**

Este informe lo emite el departamento administrativo, con arreglo a los puntos 6.3.3 y 7.3, tras examinar un sistema OBD o una familia de sistemas OBD cuando dicho sistema o familia cumpla los requisitos del presente apéndice.

En el informe se incluirá la referencia exacta (incluido su número de versión) del presente apéndice.

Se incluirá también la referencia exacta (incluido su número de versión) del presente Reglamento.

El informe constará de una cubierta que indique la conformidad final del sistema OBD o de la familia de sistemas OBD y los cinco puntos siguientes:

- Punto 1. INFORMACIÓN RELATIVA AL SISTEMA OBD
- Punto 2. INFORMACIÓN RELATIVA A LA CONFORMIDAD DEL SISTEMA OBD
- Punto 3. INFORMACIÓN RELATIVA A LAS DEFICIENCIAS
- Punto 4. INFORMACIÓN RELATIVA A LOS ENSAYOS DE DEMOSTRACIÓN DEL SISTEMA OBD
- Punto 5. PROTOCOLO DE ENSAYO

El informe técnico, incluidos sus puntos, constará, como mínimo, de los elementos de los ejemplos que figuran a continuación.

El informe señalará que no está permitida su reproducción o publicación en extractos sin el consentimiento escrito del departamento administrativo que lo suscribe.

**INFORME DE CONFORMIDAD FINAL**

El expediente documental y el sistema OBD/familia de sistemas OBD sobre emisiones que se describe cumplen los requisitos establecidos en el Reglamento siguiente:

Reglamento .../versión .../fecha de aplicación ...

Reglamento técnico mundial .../versión .../fecha ...

El informe de conformidad técnica consta de ... páginas.

Lugar, fecha: . . . . .

Autor (nombre y apellidos y firma)

Departamento administrativo (nombre, sello)

**Punto 1 del informe de conformidad técnica (ejemplo)**

## INFORMACIÓN RELATIVA AL SISTEMA OBD

**1. Tipo de homologación solicitada**

| <i>Homologación solicitada</i>                                                                              |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| — Homologación de un solo sistema OBD                                                                       | SÍ/NO |
| — Homologación de una familia de sistemas OBD                                                               | SÍ/NO |
| — Homologación de un sistema OBD como miembro de una familia de sistemas OBD certificada                    | SÍ/NO |
| — Extensión para incorporar un nuevo sistema de motor dentro de una familia de sistemas OBD sobre emisiones | SÍ/NO |
| — Extensión para incorporar un cambio de diseño que afecta al sistema OBD                                   | SÍ/NO |
| — Extensión correspondiente a la reclasificación de un mal funcionamiento                                   | SÍ/NO |

## 2. Información sobre el sistema OBD

|                                                                                                                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>Homologación de un solo sistema OBD</i>                                                                                                                                |      |
| — Tipo(s) <sup>(1)</sup> de la familia de sistemas de motor (si procede, véase el punto 6.1 del presente anexo), o tipo(s) <sup>(1)</sup> de sistema(s) de motor único(s) | .... |
| — Descripción del sistema OBD (emitida por el fabricante): referencia y fecha                                                                                             | .... |
| <i>Homologación de una familia de sistemas OBD</i>                                                                                                                        |      |
| — Lista de familias de motores para las que sea pertinente la familia de sistemas OBD sobre emisiones (cuando proceda, véase el punto 6.1)                                | .... |
| — Tipo <sup>(1)</sup> de sistema de motor de referencia dentro de la familia de sistemas OBD sobre emisiones                                                              | .... |
| — Lista de tipos <sup>(1)</sup> de motores dentro de la familia de sistemas OBD                                                                                           | .... |
| — Descripción del sistema OBD (emitida por el fabricante): referencia y fecha                                                                                             | .... |
| <i>Homologación de un sistema OBD como miembro de una familia de sistemas OBD certificada</i>                                                                             |      |
| — Lista de familias de motores para las que sea pertinente la familia de sistemas OBD sobre emisiones (cuando proceda, véase el punto 6.1)                                | .... |
| — Tipo <sup>(1)</sup> de sistema de motor de referencia dentro de la familia de sistemas OBD sobre emisiones                                                              | .... |
| — Lista de tipos <sup>(1)</sup> de motores dentro de la familia de sistemas OBD                                                                                           | .... |
| — Nombre de la familia de motores a las que afecta el nuevo sistema OBD (cuando proceda)                                                                                  | .... |
| — Tipo <sup>(1)</sup> de sistema de motor para el que sea pertinente el nuevo sistema OBD                                                                                 | .... |
| — Descripción ampliada del sistema OBD (emitida por el fabricante): referencia y fecha                                                                                    | .... |
| <i>Extensión para incorporar un nuevo sistema de motor dentro de una familia de sistemas OBD sobre emisiones</i>                                                          |      |
| — Lista (ampliada si es necesario) de familias de motores para las que sea pertinente la familia de sistemas OBD sobre emisiones (cuando proceda, véase el punto 6.1)     | .... |
| — Lista (ampliada si es necesario) de tipos <sup>(1)</sup> de motores dentro de la familia de sistemas OBD                                                                | .... |
| — Tipo <sup>(1)</sup> actualizado (nuevo o sin modificar) de sistema de motor de referencia dentro de la familia de sistemas OBD sobre emisiones                          | .... |
| — Descripción ampliada del sistema OBD (emitida por el fabricante): referencia y fecha                                                                                    | .... |
| <i>Extensión para incorporar un cambio de diseño que afecta al sistema OBD</i>                                                                                            |      |
| — Lista de familias de motores (si procede) para las que sea pertinente el cambio de diseño                                                                               | .... |
| — Lista de tipos de motores <sup>(1)</sup> para los que sea pertinente el cambio de diseño                                                                                | .... |
| — Tipo <sup>(1)</sup> actualizado (nuevo o sin modificar, según proceda) de sistema de motor de referencia dentro de la familia de sistemas OBD sobre emisiones           | .... |
| — Descripción modificada del sistema OBD (emitida por el fabricante): referencia y fecha                                                                                  | .... |
| <i>Extensión correspondiente a la reclasificación de un mal funcionamiento</i>                                                                                            |      |
| — Lista de familias de motores (si procede) para las que sea pertinente la reclasificación                                                                                | .... |
| — Lista de tipos de motores <sup>(1)</sup> para los que sea pertinente la reclasificación                                                                                 | .... |
| — Descripción modificada del sistema OBD (emitida por el fabricante): referencia y fecha                                                                                  | .... |

<sup>(1)</sup> Tal como se indica en el documento de homologación.

**Punto 2 del informe de conformidad técnica (ejemplo)**

## INFORMACIÓN RELATIVA A LA CONFORMIDAD DEL SISTEMA OBD

**1. Expediente documental**

|                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Los elementos facilitados por el fabricante en el expediente documental de la familia de sistemas OBD sobre emisiones están completos y cumplen los requisitos del punto 8 del presente anexo sobre los aspectos siguientes:          |       |
| — documentación asociada a cada componente o sistema supervisado                                                                                                                                                                      | SÍ/NO |
| — documentación asociada a cada código de problema de diagnóstico                                                                                                                                                                     | SÍ/NO |
| — documentación asociada a la clasificación de los casos de mal funcionamiento                                                                                                                                                        | SÍ/NO |
| — documentación asociada a la familia de sistemas OBD sobre emisiones                                                                                                                                                                 | SÍ/NO |
| La documentación requerida en el punto 8.2 del presente anexo para instalar un sistema OBD en un vehículo ha sido facilitada por el fabricante en el expediente documental, está completa y cumple los requisitos del presente anexo: | SÍ/NO |
| La instalación del sistema de motor equipado con el sistema OBD cumple lo dispuesto en el apéndice 1 del presente anexo:                                                                                                              | SÍ/NO |

**2. Contenido de la documentación**

|                                                                                                                                                                          |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Seguimiento</i>                                                                                                                                                       |                                        |
| — Los monitores cumplen los requisitos del punto 4.2 del presente anexo:                                                                                                 | SÍ/NO                                  |
| <i>Clasificación</i>                                                                                                                                                     |                                        |
| — La clasificación de los casos de mal funcionamiento cumple los requisitos del punto 4.5 del presente anexo:                                                            | SÍ/NO                                  |
| <i>Sistema de activación del indicador de mal funcionamiento</i>                                                                                                         |                                        |
| — De acuerdo con el punto 4.6.3 del presente anexo, el sistema de activación del indicador de mal funcionamiento es:                                                     | discriminatorio/<br>no discriminatorio |
| La activación y la desactivación del sistema de mal funcionamiento cumple los requisitos del punto 4.6 del presente anexo:                                               | SÍ/NO                                  |
| <i>Registro y supresión de los códigos de problema del diagnóstico (DTC)</i>                                                                                             |                                        |
| — El registro y la supresión de los DTC cumplen los requisitos de los puntos 4.3 y 4.4 del presente anexo:                                                               | SÍ/NO                                  |
| <i>Inhabilitación del sistema OBD</i>                                                                                                                                    |                                        |
| — Las estrategias descritas en la documentación sobre una desconexión o inhabilitación temporal del sistema OBD cumplen los requisitos del punto 5.2 del presente anexo: | SÍ/NO                                  |
| <i>Seguridad del sistema electrónico</i>                                                                                                                                 |                                        |
| — Las medidas descritas por el fabricante para la seguridad del sistema electrónico cumplen los requisitos del punto 4.8 del presente anexo:                             | SÍ/NO                                  |

**Punto 3 del informe de conformidad técnica (ejemplo)**

## INFORMACIÓN SOBRE LAS DEFICIENCIAS

|                                                                          |                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de deficiencias del sistema OBD                                   | (p.ej.: 4 deficiencias)                                                                                          |
| Las deficiencias cumplen los criterios del punto 6.4 del presente anexo: | SÍ/NO                                                                                                            |
| <b>Deficiencia nº 1</b>                                                  |                                                                                                                  |
| — Objeto de la deficiencia                                               | por ejemplo, medir la concentración de urea (reducción catalítica selectiva) dentro de las tolerancias definidas |
| — Periodo de la deficiencia                                              | por ejemplo, un año/seis meses después de la fecha de homologación                                               |

|                                           |                                                                                                              |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Descripción de las deficiencias 2 a n-1) |                                                                                                              |
| <b>Deficiencia n° n</b>                   |                                                                                                              |
| — Objeto de la deficiencia                | por ejemplo, medir la concentración de NH <sub>3</sub> después del sistema de reducción catalítica selectiva |
| — Periodo de la deficiencia               | por ejemplo, un año/seis meses después de la fecha de homologación                                           |

#### Punto 4 del informe de conformidad técnica (ejemplo)

##### ENSAYOS DE DEMOSTRACIÓN DEL SISTEMA OBD

#### 1. Resultado de ensayo del sistema OBD

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Resultados de los ensayos</i><br>El sistema OBD descrito en el expediente de conformidad documental anterior ha sido sometido a ensayo con éxito con arreglo al punto 6 del presente anexo para demostrar la conformidad de los monitores y las clasificaciones de los casos de mal funcionamiento, tal como se enumeran en el punto 5: | SÍ/NO |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

Los detalles de los ensayos de demostración realizados figuran en el punto 5.

##### 1.1. Sistema OBD sometido a ensayo en el banco de pruebas

|                                                                                                                                                                                                                                                |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <i>Motor</i><br>— Nombre del motor (fabricante y nombres comerciales):<br>— Tipo de motor (tal como se indica en el documento de homologación):<br>— Número del motor (número de serie):                                                       | <br><br><br><br>     |
| <i>Unidades de control para las que es pertinente el presente anexo</i> (incluida la unidad de control electrónico del motor)<br>— Funcionalidad de principal:<br>— Número de identificación (software y calibración):                         | <br><br><br>         |
| <i>Herramienta de diagnóstico</i> (herramienta de exploración utilizada durante el ensayo)<br>— Fabricante:<br>— Tipo:<br>— Software/versión:                                                                                                  | <br><br><br>         |
| <i>Información sobre el ensayo:</i><br>— Condiciones ambientales de ensayo (temperatura, humedad, presión):<br>— Lugar del ensayo (incluida la altitud):<br>— Combustible del ensayo:<br>— Aceite lubricante del motor:<br>— Fecha del ensayo: | <br><br><br><br><br> |

#### 2. Ensayos de demostración de la instalación del sistema OBD

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Además de la demostración del sistema OBD/familia de sistemas OBD sobre emisiones, se ha sometido a ensayo en un vehículo la instalación de un sistema OBD/de los sistemas OBD de una familia de sistemas OBD sobre emisiones, de acuerdo con las disposiciones del apéndice 1 del anexo de referencia: | SÍ/NO |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

##### 2.1. Resultados de los ensayos de la instalación del sistema OBD

|                                                                                                                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Resultados del ensayo</i><br>Si la instalación del sistema OBD se ha ensayado en un vehículo, se ha ensayado con arreglo al apéndice 1 del anexo de referencia: | SÍ/NO |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|



**2.2. Instalación sometida a ensayo**

Si la instalación del sistema OBD se ha sometido a ensayo en un vehículo:

|                                                                                            |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Vehículo de ensayo</i>                                                                  |         |
| — Nombre del vehículo (fabricante y nombres comerciales):                                  | . . . . |
| — Tipo de vehículo:                                                                        | . . . . |
| — Número de identificación del vehículo (VIN):                                             | . . . . |
| <i>Herramienta de diagnóstico (herramienta de exploración utilizada durante el ensayo)</i> |         |
| — Fabricante:                                                                              | . . . . |
| — Tipo:                                                                                    | . . . . |
| — Software/versión:                                                                        | . . . . |
| <i>Información sobre el ensayo</i>                                                         |         |
| — Lugar y fecha:                                                                           | . . . . |

Punto 5 del informe de conformidad técnica (ejemplo)

PROTOCOLO DE ENSAYO

Ensayo de demostración del sistema OBD

| Consideraciones generales                     |                 | Demostración de la clasificación de fallos |                 |                             |                 |                   |                                           |                         | Demostración del funcionamiento del sistema OBD |                 |          |                                 |                 |                                    |                                 |                                      |
|-----------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|----------|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
|                                               |                 | Ensayo                                     |                 | Nivel de emisión            |                 |                   | Clasificación                             |                         | Validación del componente deteriorado           |                 |          | Activación del IMF              |                 |                                    |                                 |                                      |
| Modo de fallo                                 | Código de fallo | Inspección con arreglo al punto            | Ciclo de ensayo | Superior a los umbrales OBD | Inferior al OTL | Inferior a EL + X | Clasificación propuesta por el fabricante | Clasificación final (1) | Inspección con arreglo al punto                 | Ciclo de ensayo | Validado | Inspección con arreglo al punto | Ciclo de ensayo | IMF continuo después de ... ciclos | IMF corto después de ... ciclos | IMF a petición después de ... ciclos |
| Válvula de dosificación del sistema SCR       | P2...           | no se ha ensayado                          |                 | —                           | —               | —                 | A                                         | A                       | 6.3.2.1                                         | WHTC            | sí       | 6.3.1.                          | WHTC            | 2                                  |                                 |                                      |
| Válvula eléctrica de la EGR                   | P1...           | no se ha ensayado                          |                 |                             |                 |                   | A                                         | B1                      | 6.3.2.1                                         | WHTC            | sí       | 6.3.1.                          | WHTC            |                                    | 1                               |                                      |
| Válvula mecánica de la EGR                    | P1...           | no se ha ensayado                          |                 |                             |                 |                   | B1                                        | B1                      | 6.3.2.1                                         | WHTC            | sí       | 6.3.1.                          | WHTC            |                                    | 2                               |                                      |
| Válvula mecánica de la EGR                    | P1...           | 6.2.2                                      | WHTC            |                             | X               |                   | B1                                        | B1                      | no se ha ensayado                               |                 | sí       |                                 |                 |                                    |                                 |                                      |
| Válvula mecánica de la EGR                    | P1...           | 6.2.2                                      | WHTC            |                             | X               |                   | B1                                        | B1                      | 6.3.2.1                                         | WHTC            | sí       | 6.3.1.                          | WHTC            |                                    | 2                               |                                      |
| Sensor eléctrico de la temperatura del aire   | P1...           | no se ha ensayado                          |                 |                             |                 |                   | B2                                        | B2                      | 6.3.2.1                                         | WHTC            | sí       | 6.3.1.                          | WHTC            |                                    | 1                               |                                      |
| Sensor eléctrico de la temperatura del aceite | P1...           | 6.2.6                                      | ETC             |                             |                 | X                 | C                                         | C                       | no se ha ensayado                               |                 | sí       |                                 |                 |                                    |                                 |                                      |

Observaciones: 1) A petición del organismo de certificación el fallo puede reclasificarse en una categoría distinta de la propuesta por el fabricante.

En esta hoja están recogidos únicamente los fallos que hayan sido objeto de ensayos de clasificación y funcionamiento y los fallos que hayan sido reclasificados a petición del organismo de certificación.

El ensayo de un mal funcionamiento puede tener por finalidad su clasificación, su funcionamiento, o ambas cosas.

El ejemplo ofrecido de la válvula mecánica de la EGR indica cómo se consideran estos tres casos en el cuadro.

## Apéndice 5

**Información de imagen fija y flujo de datos**

Los cuadros siguientes recogen la información considerada en los puntos 4.7.1.4 y 4.7.2 del presente anexo.

Cuadro 1

**Requisitos de obligado cumplimiento**

|                                                                                                                 | Imagen fija | Flujo de datos |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| Carga calculada (par del motor, en porcentaje del par máximo disponible al régimen que tenga entonces el motor) | X           | X              |
| Régimen del motor                                                                                               | X           | X              |
| Temperatura del refrigerante del motor (o equivalente)                                                          | X           | X              |
| Presión barométrica (medida directamente o estimada)                                                            | X           | X              |

Cuadro 2

**Información opcional sobre el régimen y la carga del motor**

|                                                                                                                                                     | Imagen fija | Flujo de datos |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| Par del motor tras la solicitud del conductor (en porcentaje del par máximo del motor)                                                              | X           | X              |
| Par real del motor (calculado como porcentaje del par máximo del motor, por ejemplo, a partir de la cantidad de la inyección de combustible pedida) | X           | X              |
| Par máximo del motor de referencia                                                                                                                  |             | X              |
| Par máximo de referencia como función del régimen del motor                                                                                         |             | X              |
| Tiempo transcurrido desde el arranque del motor                                                                                                     | X           | X              |

Cuadro 3

**Información opcional, si es utilizada por el sistema de emisiones o el sistema OBD para habilitar o inhabilitar cualquier información del sistema OBD**

|                                                                                          | Imagen fija | Flujo de datos |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| Nivel de combustible                                                                     | X           | X              |
| Temperatura del aceite del motor                                                         | X           | X              |
| Velocidad del vehículo                                                                   | X           | X              |
| Tensión del sistema informático de control del motor (para el chip de control principal) | X           | X              |

Cuadro 4

**Información optativa, si el motor está equipado para ello, detecta la información o la calcula**

|                                                                                                                                                                                              | Imagen fija | Flujo de datos |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| Posición absoluta de la válvula/posición de la válvula del aire de admisión (posición de la válvula utilizada para regular la admisión de aire)                                              | X           | X              |
| Situación del sistema de control de alimentación de diésel si se utiliza un sistema de bucle cerrado (por ejemplo, un sistema de bucle cerrado de presión de la alimentación de combustible) | X           | X              |
| Presión en el riel de inyectores de combustible                                                                                                                                              | X           | X              |
| Presión del control de inyección (presión del fluido que controla la inyección de combustible)                                                                                               | X           | X              |
| Regulación representativa de la inyección de combustible (inicio de la inyección del primer surtidor)                                                                                        | X           | X              |
| Presión pedida en el riel de inyectores de combustible                                                                                                                                       | X           | X              |
| Presión pedida del control de inyección (presión del fluido que controla la inyección de combustible)                                                                                        | X           | X              |
| Temperatura del aire de admisión                                                                                                                                                             | X           | X              |
| Temperatura del aire ambiente                                                                                                                                                                | X           | X              |
| Temperatura del aire de entrada/salida del turbocompresor (compresor y turbina)                                                                                                              | X           | X              |
| Presión de entrada/salida del turbocompresor (compresor y turbina)                                                                                                                           | X           | X              |
| Temperatura del aire de sobrealimentación (después del <i>intercooler</i> , si hay)                                                                                                          | X           | X              |
| Presión de sobrealimentación real                                                                                                                                                            | X           | X              |
| Caudal de aire del sensor del caudal másico del aire                                                                                                                                         | X           | X              |
| Ciclo de funcionamiento/posición pedida de la válvula de la EGR (si la EGR se controla de esta manera)                                                                                       | X           | X              |
| Ciclo de funcionamiento/posición real de la válvula de la EGR                                                                                                                                | X           | X              |
| Situación de la toma de fuerza (activa o no activa)                                                                                                                                          | X           | X              |
| Posición del pedal del acelerador                                                                                                                                                            | X           | X              |
| Posición absoluta redundante del pedal                                                                                                                                                       | X           | si se detecta  |
| Consumo de combustible instantáneo                                                                                                                                                           | X           | X              |
| Presión de sobrealimentación comandada/objetivo (si se utiliza la presión de sobrealimentación para controlar el funcionamiento del turbo)                                                   | X           | X              |
| Presión de entrada del filtro de partículas diésel                                                                                                                                           | X           | X              |
| Presión de salida del filtro de partículas diésel                                                                                                                                            | X           | X              |
| Diferencia de presión del filtro de partículas diésel                                                                                                                                        | X           | X              |
| Presión de escape en la salida del motor                                                                                                                                                     | X           | X              |
| Temperatura de entrada del filtro de partículas diésel                                                                                                                                       | X           | X              |

|                                                       | Imagen fija | Flujo de datos |
|-------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| Temperatura de salida del filtro de partículas diésel | X           | X              |
| Temperatura del gas de escape en la salida del motor  | X           | X              |
| Régimen del turbocompresor/la turbina                 | X           | X              |
| Posición del turbo de geometría variable              | X           | X              |
| Posición comandada del turbo de geometría variable    | X           | X              |
| Posición de la válvula de descarga                    | X           | X              |
| Salida del sensor de la relación aire/combustible     |             | X              |
| Salida del sensor de oxígeno                          |             | X              |
| Salida del sensor de NO <sub>x</sub>                  |             | X              |

## Apéndice 6

**Documentos normativos de referencia**

El presente apéndice contiene las referencias de las normas industriales que deben utilizarse con arreglo a las disposiciones del presente anexo para facilitar la interfaz de comunicaciones seriales al vehículo/motor. Se han identificado tres soluciones permitidas: ISO 15765-4, SAE J1939-73 o ISO/PAS 27145. Existen otras normas ISO o SAE aplicables con arreglo a las disposiciones del presente anexo.

ISO 15765-4 y las especificaciones incluidas por referencia en ella para cumplir los requisitos del WWH-OBD.

ISO 15765-4 «Road vehicles —Diagnostics on Controller Area Network (CAN) —Part 4: Requirements for emissions-related systems» [Vehículos de carretera— Diagnósticos basados en la red de zona del controlador «Controller Area Network» (CAN)], fechada en el año 2006.

SAE J1939-73 y las especificaciones incluidas en ella por referencia para cumplir los requisitos del WWH-OBD.

J1939-73 «APPLICATION LAYER — DIAGNOSTICS» [Capa de aplicación — Diagnóstico], fechada en el año 2006.

ISO/PAS 27145 y las especificaciones incluidas en ella por referencia para cumplir los requisitos del WWH-OBD.

- i) ISO/PAS 27145-1:2006 Road vehicles — On board diagnostics (WWH-OBD) implementation — Part 1 — General Information and use case definitions [Vehículos de carretera — Aplicación del diagnóstico a bordo (WWH-OBD) — Parte 1 — Información general y definiciones de casos de uso];
- ii) ISO/PAS 27145-2:2006 Road vehicles — Implementation of WWH-OBD communication requirements — Part 2 — Common emissions-related data dictionary [Vehículos de carretera — Aplicación de los requisitos de comunicación del WWH-OBD — Parte 2 — Diccionario común de los datos relacionados con las emisiones];
- iii) ISO/PAS 27145-3:2006 Road vehicles — Implementation of WWH-OBD communication requirements — Part 3 — Common message dictionary [Vehículos de carretera — Aplicación de los requisitos de comunicación del WWH-OBD — Parte 3 — Diccionario común de mensajes];
- iv) ISO/PAS 27145-4:2006 Road vehicles — Implementation of WWH-OBD communication requirements — Part 4 — Connection between vehicle and test equipment [Vehículos de carretera — Aplicación de los requisitos de comunicación del WWH-OBD — Parte 4 — Conexión entre el vehículo y el equipo de ensayo].

Los siguientes documentos de Organización Internacional de Normalización (ISO) se incorporan por referencia en el presente Reglamento:

ISO 15031-3:2004 «Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics — Part 3: Diagnostic connector and related electrical circuits, specification and use» [Vehículos de carretera — Comunicación entre el vehículo y el equipo de ensayo externo para los diagnósticos relacionados con las emisiones — Parte 3: conector de diagnóstico y circuitos eléctricos relacionados, instrucciones de uso].

Los siguientes documentos de la Society of Automotive Engineers (SAE) se incorporan por referencia en el presente Reglamento:

SAE J2403 «Medium/Heavy-Duty E/E Systems Diagnosis Nomenclature» [Nomenclatura de diagnóstico de los sistemas E/E de gran/media potencia], fechada en agosto de 2004.

SAE J1939-13 «Off-Board Diagnostic Connector» [Conector de diagnóstico fuera de bordo], fechada en marzo de 2004.

---

*Apéndice 7***Documentación relativa a la información sobre el sistema OBD**

La información relacionada con el sistema OBD pedida en el presente apéndice la comunicará el fabricante del vehículo para que se puedan fabricar piezas de recambio o de mantenimiento, herramientas de diagnóstico y equipo de ensayo compatibles con el sistema OBD, de la manera prescrita en la parte principal del presente Reglamento.

**Piezas de recambio, herramientas de diagnóstico y equipo de ensayo**

Dicha información permitirá a los fabricantes de componentes de recambio o de modernización hacer compatibles con el sistema OBD las piezas que fabrican a fin de permitir una utilización sin defectos que garantice al usuario del vehículo la ausencia de todo tipo de mal funcionamiento. De igual modo, dicha información permitirá a los fabricantes de herramientas de diagnóstico y de equipo de ensayo producir herramientas y equipo que garanticen un diagnóstico eficaz y preciso de los sistemas de control de emisiones.

En el caso de piezas de recambio o componentes de mantenimiento, sólo se podrá solicitar información sobre las piezas sujetas a homologación o sobre los componentes que forman parte de un sistema sujeto a homologación.

La solicitud de información deberá precisar la especificación exacta del tipo de modelo del motor/tipo de modelo del motor dentro de una familia de motores para el cual se solicita la información. Además, se confirmará que la información se solicita para la fabricación de piezas de recambio, accesorios, herramientas de diagnóstico o equipo de ensayo.

**Información sobre reparaciones**

A más tardar tres meses después de haber comunicado la información sobre reparaciones a cualquier concesionario o taller autorizado, el fabricante deberá hacer accesible dicha información (lo que incluye cualquier modificación y añadido posterior), a cambio de un pago razonable y evitando cualquier tipo de discriminación.

El fabricante deberá hacer también accesible, en su caso previo pago, la información técnica necesaria para la reparación o el mantenimiento de los vehículos de motor, a menos que dicha información esté amparada por un derecho de propiedad intelectual o constituya un conjunto de conocimientos técnicos secretos y esenciales adecuadamente identificados; en ese caso, la información técnica que sea necesaria no será denegada de forma indebida.

Tendrá derecho a recibir esa información cualquier persona que realice actividades comerciales de mantenimiento o reparación, asistencia en carretera, inspección o ensayo de vehículos, o de fabricación o venta de componentes de recambio o modernización, herramientas de diagnóstico y equipo de ensayo.

En caso de incumplimiento de estas disposiciones, el departamento administrativo adoptará las medidas adecuadas, de conformidad con los procedimientos relativos a la homologación y la revisión en circulación, para garantizar la disponibilidad de la información sobre reparaciones.

---