Este documento es un instrumento de documentación y no compromete la responsabilidad de las instituciones

►**B** **DIRECTIVA 2005/55/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**

de 28 de septiembre de 2005

relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos

(Texto pertinente a efectos del EEE)

(DO L 275 de 20.10.2005, p. 1)

Modificada por:

		Diario Oficial		
		nº	página	fecha
►**M1**	Directiva 2005/78/CE de la Comisión de 14 de noviembre de 2005	L 313	1	29.11.2005

▼B

DIRECTIVA 2005/55/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 28 de septiembre de 2005

relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos

(Texto pertinente a efectos del EEE)

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, su artículo 95,

Vista la propuesta de la Comisión,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo ([1]),

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado ([2]),

Considerando lo siguiente:

(1) La Directiva 88/77/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1987, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos ([3]), es una de las varias Directivas que se inscriben en el marco del procedimiento de homologación establecido por la Directiva 70/156/CEE del Consejo, de 6 de febrero de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de vehículos de motor y sus remolques ([4]). La Directiva 88/77/CEE ha sido modificada sustancialmente en varias ocasiones para introducir valores límite de emisiones contaminantes cada vez más estrictos. Debiendo llevar a cabo nuevas modificaciones, conviene, en aras de una mayor claridad, proceder a la refundición de dicha Directiva.

(2) La Directiva 91/542/CEE del Consejo ([5]), por la que se modifica la Directiva 88/77/CEE, la Directiva 1999/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 1999, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores diésel destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos y por la que se modifica la Directiva 88/77/CEE del Consejo ([6]), y la Directiva 2001/27/CE de la Comisión ([7]), por la que se adapta al progreso técnico

([1]) DO C 108 de 30.4.2004, p. 32.
([2]) Dictamen del Parlamento Europeo de 9 de marzo de 2004 (DO C 102 E de 28.4.2004, p. 272) y Decisión del Consejo de 19 de septiembre de 2005.
([3]) DO L 36 de 9.2.1988, p. 33. Directiva modificada en último lugar por el Acta de adhesión de 2003.
([4]) DO L 42 de 23.2.1970, p. 1. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 2005/49/CE de la Comisión (DO L 194 de 26.7.2005, p. 12).
([5]) DO L 295 de 25.10.1991, p. 1.
([6]) DO L 44 de 16.2.2000, p. 1.
([7]) DO L 107 de 18.4.2001, p. 10.

▼B

la Directiva 88/77/CEE del Consejo, han introducido disposiciones que, aunque son autónomas, están estrechamente vinculadas al sistema establecido con arreglo a la Directiva 88/77/CEE. Dichas disposiciones autónomas se integrarán completamente en la refundición de la Directiva 88/77/CEE en aras de la claridad y de la seguridad jurídica.

(3) Es necesario que todos los Estados miembros adopten las mismas prescripciones, con el objeto, en particular, de permitir la aplicación a cada tipo de vehículo del sistema de homologación objeto de la Directiva 70/156/CEE.

(4) El programa de la Comisión sobre calidad del aire, emisiones de tráfico rodado, carburantes y tecnologías del motor (en lo sucesivo, «el primer programa Auto-Oil»), mostró que era necesario reducir más las emisiones de contaminantes procedentes de vehículos pesados con el fin de poder cumplir futuras normas sobre calidad del aire.

(5) El primer programa Auto-Oil estableció como medidas clave para conseguir una buena calidad del aire a medio plazo las reducciones de los límites de emisión aplicables a partir del año 2000, que consisten en una disminución del 30 % en las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos totales, óxidos de nitrógeno y partículas. Una reducción del 30 % en la opacidad de los humos de escape contribuirá, además, a la reducción de las emisiones de partículas. Las reducciones adicionales de los límites de emisión aplicables a partir del año 2005 del 30 % para el monóxido de carbono, los hidrocarburos totales y los óxidos de nitrógeno, y del 80 % de partículas contribuirán en gran medida a mejorar la calidad del aire a medio y a largo plazo. El límite adicional de los óxidos de nitrógeno aplicable en 2008 supondrá una reducción suplementaria del 43 % del límite de emisiones de dicho contaminante.

(6) Los ensayos correspondientes a los gases y partículas contaminantes y a la opacidad de los humos de escape serán de aplicación para permitir una evaluación más representativa de los niveles de emisiones de los motores diésel en condiciones de prueba más parecidas a las que experimentan los vehículos en circulación. A partir de 2000, los motores de encendido por compresión, incluidos aquéllos equipados con determinados equipos de control de emisiones son sometidos a un ciclo de ensayo de estado continuo utilizando un nuevo ensayo de respuesta bajo carga para la opacidad de los humos. Los motores de encendido por compresión equipados con sistemas avanzados de control de emisiones son sometidos, además, a un nuevo ciclo de transición. A partir de 2005, todos los motores de encendido por compresión deben someterse a todos estos ciclos de ensayos. Los motores de gas sólo quedan sometidos al nuevo ciclo de transición.

(7) En condiciones de carga seleccionadas al azar y en el marco de una gama de condiciones de funcionamiento definida, los valores límite no deben ser superiores a un porcentaje adecuado.

(8) Al establecer las nuevas normas y el procedimiento de prueba, es necesario tener en cuenta la repercusión del crecimiento futuro del tráfico de vehículos en la Comunidad en la calidad del aire. La labor emprendida por la Comisión en este ámbito muestra que la industria de fabricación de motores de la Comunidad ha progresado enormemente en el perfeccionamiento de tecnologías que permiten una reducción considerable de las emisiones de gases y partículas contaminantes. No obstante, aún resulta necesario abogar por la mejora de los valores límite de emisiones y otras prescripciones técnicas en interés de la protección del medio ambiente y la salud de la población. En particular, en cualquier medida futura se deben tener en cuenta los resultados de la investigación en curso sobre las características de las partículas ultrafinas.

▼B

(9) Es necesario mejorar más la calidad de los carburantes para motores con el fin de permitir el funcionamiento eficiente y duradero de los sistemas de control de emisiones en circulación.

(10) A partir de 2005, deben añadirse nuevas disposiciones sobre el diagnóstico a bordo (DAB), con objeto de facilitar la detección inmediata del deterioro o avería del equipo de control de las emisiones de motor. Ello mejorará la capacidad de diagnóstico y reparación, lo que mejorará significativamente los niveles sostenibles de emisiones de los vehículos pesados en circulación. Dado que a escala mundial, los DAB para motores diésel de gran potencia están en sus comienzos y deberán introducirse en dos fases para posibilitar el desarrollo de los sistemas y evitar, de esta forma, que los DAB proporcionen indicaciones erróneas. Para contribuir a que los Estados miembros garanticen que los propietarios y operadores de vehículos pesados cumplen su obligación de reparar las anomalías detectadas por el DAB, se registrará el kilometraje recorrido o el tiempo transcurrido desde el momento en que se señaló la anomalía al conductor.

(11) Los motores de encendido por compresión son por definición duraderos y han demostrado que, con un mantenimiento apropiado y eficaz, pueden mantener un elevado nivel de resultados en materia de emisiones durante las grandes distancias recorridas por los vehículos pesados en operaciones comerciales. Con todo, las normas futuras de emisiones impulsarán la introducción de sistemas de control a la salida del motor, tales como sistemas de eliminación de NO_x, filtros de partículas diésel y sistemas que sean una combinación de ambos y, quizás, otros sistemas aún sin definir. Por consiguiente, es necesario establecer un requisito de vida útil como base de procedimientos destinados a garantizar la conformidad del sistema de control de las emisiones del motor durante dicho período de referencia. Al establecer dicho requisito, se tendrán debidamente en cuenta las grandes distancias recorridas por los vehículos pesados y la necesidad de incorporar un mantenimiento adecuado y oportuno, así como de la posibilidad de homologar los vehículos de la categoría N_1 con arreglo a la presente Directiva o a la Directiva 70/220/CEE del Consejo, de 20 de marzo de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de medidas contra la contaminación atmosférica causada por las emisiones de los vehículos de motor ([1]).

(12) Debe permitirse a los Estados miembros que fomenten, mediante incentivos fiscales, la comercialización de vehículos, siempre que dichos incentivos cumplan los requisitos adoptados a nivel comunitario y que se atengan a las disposiciones del Tratado, al tiempo que satisfagan determinadas condiciones para evitar distorsiones del mercado interior. La presente Directiva no afecta al derecho de los Estados miembros a incluir las emisiones de contaminantes y otras sustancias en la base para el cálculo de los impuestos de circulación sobre los vehículos de motor.

(13) Dado que algunos de dichos incentivos fiscales constituyen ayudas estatales conforme al artículo 87, apartado 1, del Tratado, deberán notificarse a la Comisión con arreglo al artículo 88, apartado 3, para su examen con arreglo a los criterios de compatibilidad pertinentes. La notificación de las medidas con arreglo a la presente Directiva no eximirá de la obligación de notificarlas con arreglo al artículo 88, apartado 3, del Tratado.

(14) Para simplificar y agilizar el procedimiento, se encomendará a la Comisión la tarea de adoptar medidas de aplicación de las disposiciones fundamentales establecidas en la presente Directiva así como las medidas necesarias para adaptar los anexos de la presente Directiva al progreso científico y técnico.

([1]) DO L 76 de 6.4.1970, p. 1 Directiva modificada en último lugar por la Directiva 2003/76/CE de la Comisión (DO L 206 de 15.8.2003, p. 29).

▼B

(15) Las medidas necesarias para la aplicación de la presente Directiva y su adaptación al progreso científico y técnico deben adoptarse con arreglo a lo dispuesto en la Decisión 1999/468/CE del Consejo, de 28 de junio de 1999, por la que se establecen los procedimientos para el ejercicio de las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión ([1]).

(16) La Comisión debe examinar la necesidad de introducir nuevos límites de emisión para los agentes contaminantes que no estén regulados actualmente, como consecuencia de la utilización generalizada de nuevos combustibles alternativos y de nuevos sistemas de control de emisiones de escape.

(17) La Comisión debe presentar lo antes posible las propuestas que considere adecuadas relativas a un nuevo nivel de valores límite aplicables a las emisiones de NO_x y de partículas.

(18) Dado que el objetivo de la presente Directiva, a saber, la realización del mercado interior mediante la introducción de prescripciones técnicas comunes sobre emisiones de gases y de partículas para todos los tipos de vehículos, no puede ser alcanzado de manera suficiente por los Estados miembros y, por consiguiente, debido a la dimensión de la acción, puede lograrse mejor a nivel comunitario, la Comunidad puede adoptar medidas de acuerdo con el principio de subsidiariedad consagrado en el artículo 5 del Tratado. De conformidad con el principio de proporcionalidad, enunciado en dicho artículo, la presente Directiva no excede de lo necesario para alcanzar dicho objetivo.

(19) La obligación de incorporar la presente Directiva al Derecho nacional debe limitarse a las disposiciones que constituyen una modificación de fondo respecto de las Directivas anteriores. La obligación de incorporar las disposiciones inalteradas se deriva de las Directivas anteriores.

(20) La presente Directiva no debe afectar a las obligaciones de los Estados miembros relativas a los plazos de incorporación al Derecho nacional y de aplicación de las Directivas, establecidos en la parte B del anexo IX.

HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

Artículo 1

Definiciones

A efectos de la presente Directiva se entenderá por:

a) «vehículo»: cualquier vehículo de los definidos en el artículo 2 de la Directiva 70/156/CEE, y propulsado por un motor de encendido por compresión o de gas, excepto los vehículos de la categoría M_1 cuya masa máxima en carga térmicamente admisible sea inferior o igual a 3,5 toneladas;

b) «motor de encendido por compresión o de gas»: la fuente de propulsión de un vehículo que puede ser objeto de homologación en cuanto unidad técnica independiente definida en el artículo 2 de la Directiva 70/156/CEE;

c) «vehículo ecológico mejorado (VEM)»: un vehículo propulsado por un motor que se ajusta a los valores límite de emisión opcionales establecidos en la fila C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I.

Artículo 2

Obligaciones de los Estados miembros

1. Para los tipos de motores de encendido por compresión o de gas y los tipos de vehículos propulsados por motores de encendido por compresión o de gas si no se cumplen los requisitos establecidos en

([1]) DO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

▼B

los anexos I a VIII y, en particular, si las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes de los respectivos motores no cumplen los valores límite establecidos en la fila A de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, los Estados miembros:

a) denegarán la homologación CE en virtud del artículo 4, apartado 1, de la Directiva 70/156/CEE, y

b) denegarán la homologación nacional.

2. Excepto para los vehículos y motores destinados a la exportación a terceros países y los motores de sustitución para vehículos en circulación, los Estados miembros, si no se cumplen los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y, en particular, si las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes de los respectivos motores no cumplen los valores límite establecidos en la fila A de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I:

a) considerarán que los certificados de conformidad de los nuevos vehículos o de los nuevos motores en aplicación de la Directiva 70/156/CEE dejan de ser válidos a efectos del artículo 7, apartado 1, de dicha Directiva, y

b) prohibirán la matriculación, venta, puesta en circulación o utilización de nuevos vehículos propulsados por motores de encendido por compresión o de gas y la venta y utilización de nuevos motores de encendido por compresión o de gas.

3. Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados 1 y 2, a partir del 1 de octubre de 2003 y con excepción de los vehículos y motores destinados a su exportación a terceros países y de los motores de recambio para vehículos en circulación, los Estados miembros, para los tipos de motores de gas y los tipos de vehículos propulsados por motores de gas que no cumplen los requisitos establecidos en los anexos I a VIII:

a) considerarán que los certificados de conformidad de los nuevos vehículos o de los nuevos motores en aplicación de la Directiva 70/156/CEE dejan de ser válidos a efectos del artículo 7, apartado 1, de dicha Directiva, y

b) prohibirán la matriculación, venta, puesta en circulación o utilización de nuevos vehículos y la venta y utilización de nuevos motores.

4. Si se cumplen los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y en los artículos 3 y 4, en particular cuando las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes del motor se ajusten a los valores límites de emisión opcionales establecidos en las filas B1 o B2 o a los valores límite opcionales establecidos en la fila C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, ningún Estado miembro podrá por motivos que se refieran a los gases y partículas contaminantes y a la opacidad de las emisiones de humos procedentes del motor:

a) negarse a otorgar la homologación CE ni a expedir el documento previsto en el artículo 4, apartado 1, de la Directiva 70/156/CEE, ni a otorgar la homologación nacional para los tipos de vehículos propulsados por un motor de encendido por compresión o de gas;

b) prohibir la matriculación, venta, puesta en circulación o utilización de nuevos vehículos, propulsados por un motor de encendido por compresión o de gas;

c) denegar la homologación CE para un tipo de motor de encendido por compresión o de gas;

d) prohibir la venta o utilización de nuevos motores de encendido por compresión o de gas.

5. Con efectos a partir del 1 de octubre de 2005, para los tipos de motores de encendido por compresión o de gas y los tipos de vehículos propulsados por motores de encendido por compresión o de gas que no cumplan los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y en los artículos 3 y 4 y, en particular, si las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes de

▼B

los respectivos motores no cumplen los valores límite establecidos en la fila B1 de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, los Estados miembros:

a) denegarán la homologación CE en virtud del artículo 4, apartado 1, de la Directiva 70/156/CEE, y

b) denegarán la homologación nacional.

6. Con efectos a partir del 1 de octubre de 2006, excepto para los vehículos y motores destinados a la exportación a terceros países y los motores de sustitución para vehículos en circulación, los Estados miembros, si no se cumplen los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y en los artículos 3 y 4 y, en particular, si las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes de los respectivos motores no cumplen los valores límite establecidos en la fila B1 de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I:

a) considerarán que los certificados de conformidad de los nuevos vehículos o de los nuevos motores en aplicación de la Directiva 70/156/CEE dejan de ser válidos a efectos del artículo 7, apartado 1, de dicha Directiva, y

b) prohibirán la matriculación, venta, puesta en circulación o utilización de nuevos vehículos propulsados por motores de encendido por compresión o de gas y la venta y utilización de nuevos motores de encendido por compresión o de gas.

7. Con efectos a partir del 1 de octubre de 2008, para los tipos de motores de encendido por compresión o de gas y los tipos de vehículos propulsados por motores de encendido por compresión o de gas que no cumplan los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y en los artículos 3 y 4 y, en particular, si las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes de los respectivos motores no cumplen los valores límite aplicables establecidos en la fila B2 de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, los Estados miembros:

a) denegarán la homologación CE en virtud del artículo 4, apartado 1, de la Directiva 70/156/CEE, y

b) denegarán la homologación nacional.

8. Con efectos a partir del 1 de octubre de 2009, excepto para los vehículos y motores destinados a la exportación a terceros países y los motores de sustitución para vehículos en circulación, si no se cumplen los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y en los artículos 3 y 4 y, en particular, si las emisiones de gases y partículas contaminantes y la opacidad de los humos procedentes de los respectivos motores no cumplen los valores límite establecidos en la fila B2 de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, los Estados miembros:

a) considerarán que los certificados de conformidad de los nuevos vehículos o de los nuevos motores en aplicación de la Directiva 70/156/CEE dejan de ser válidos a efectos del artículo 7, apartado 1, de dicha Directiva, y

b) prohibirán la matriculación, venta, puesta en servicio o utilización de nuevos vehículos propulsados por motores de encendido por compresión o de gas y la venta y utilización de nuevos motores de encendido por compresión o de gas.

9. De conformidad con el apartado 4, se considerará que un motor que cumpla los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y, en particular, que se ajuste a los valores límite establecidos en la fila C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, cumple los requisitos establecidos en los apartados 1 a 3.

De conformidad con el apartado 4 se considerará que un motor que cumpla los requisitos establecidos en los anexos I a VIII y en los artículos 3 y 4 y, en particular, que se ajuste a los valores límite establecidos en la fila C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, cumple los requisitos establecidos en los apartados 1 a 3 y 5 a 8.

▼B

10. Para los motores de encendido por compresión o de gas que, en el ámbito del sistema de homologación de vehículos, deben respetar los valores límite establecidos en el punto 6.2.1 del anexo I, será de aplicación lo siguiente:

en el conjunto de las condiciones de carga seleccionadas al azar, pertenecientes a una zona de control definida y con excepción de las condiciones de funcionamiento del motor especificadas que no están sujetas a tal disposición, las muestras de emisiones recogidas durante un período de tiempo de sólo 30 segundos no podrán superar en más del 100 % los valores límite establecidos en las filas B2 y C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I. La zona de control a la que se aplica el porcentaje que no se debe superar, las condiciones de funcionamiento del motor excluidas y otras condiciones pertinentes se definirán de conformidad con el procedimiento mencionado en el artículo 7, apartado 1.

Artículo 3

Durabilidad de los sistemas de control de emisiones

1. A partir del 1 de octubre de 2005 para las nuevas homologaciones, y a partir del 1 de octubre de 2006 para todas las homologaciones, el fabricante demostrará que un motor de encendido por compresión o un motor de gas que haya sido homologado de conformidad con los valores límite establecidos en las filas B1, B2 o C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I cumple esos valores límite para una vida útil de:

a) 100 000 km, o cinco años, lo que antes se alcance, en el caso de motores destinados a vehículos de las categorías N_1 y M_2;

b) 200 000 km, o seis años, lo que antes se alcance, 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 las 7,5 toneladas;

c) 500 000 km, o siete años, lo que antes se alcance, en el caso de motores destinados a vehículos de las categorías N_3 con una masa máxima técnicamente admisible superior a las 16 toneladas y M_3, de las clases III y B, con una masa máxima técnicamente admisible superior a 7,5 toneladas.

A partir del 1 de octubre de 2005 para los tipos nuevos, y a partir del 1 de octubre de 2006 para todos los tipos, para la homologación de vehículos se requerirá también la confirmación del correcto funcionamiento de los equipos de control de emisiones durante el tiempo normal de vida de un vehículo en condiciones de uso normales (conformidad de vehículos en circulación adecuadamente conservados y utilizados).

2. A más tardar el 28 de diciembre de 2005 se adoptarán las medidas para la aplicación de lo dispuesto en el apartado 1.

Artículo 4

Sistema de diagnóstico a bordo

1. A partir del 1 de octubre de 2005 para las nuevas homologaciones de vehículos, y a partir del 1 de octubre de 2006 para todas las homologaciones, los motores de encendido por compresión que hayan sido homologados de conformidad con los valores límite establecidos en las filas B1 o C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I o los vehículos propulsados por un motor de encendido por compresión estarán dotados de un sistema de diagnóstico a bordo (DAB) que señale al conductor la existencia de una avería, en caso de que se superen los umbrales DAB establecidos en las filas B1 o C de la tabla del apartado 3.

▼B

En el caso específico de los sistemas de tratamiento posterior de gases de escape, el sistema DAB podrá detectar los fallos importantes de funcionamiento de:

a) un catalizador, cuando se instale como unidad independiente, que podrá formar parte de un sistema de eliminación de NO_x o de un filtro de partículas diésel;

b) un sistema de eliminación de NO_x, si está instalado;

c) un filtro de partículas diésel, si está instalado, o

d) un sistema combinado de eliminación de NO_x con un filtro de partículas diésel.

2. A partir de 1 de octubre de 2008 para las nuevas homologaciones y del 1 de octubre de 2009 para todas las homologaciones, los motores de encendido por compresión o de gas homologados conforme a los valores límite de emisiones que figuran en la fila B2 o C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, o los vehículos propulsados por dichos motores, deberán llevar instalado un sistema DAB que señale al conductor la existencia de una avería si se superan los umbrales DAB indicados en la fila B2 o C de la tabla del apartado 3.

El sistema DAB 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 o reciba información de la EECU y que influya en el correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones, tal como la interfaz de conexión entre la EECU y una unidad de control electrónico de transmisión.

3. Los umbrales DAB serán los siguientes:

Fila	Motores de encendido por compresión	
	Masa de óxidos de nitrógeno (NO_x) g/kWh	Masa de partículas (PT) g/kWh
B1 (2005)	7,0	0,1
B2 (2008)	7,0	0,1
C (VEM)	7,0	0,1

4. Deberá garantizarse el acceso ilimitado y uniforme a los datos del sistema DAB para fines de inspección, diagnóstico, mantenimiento y reparación, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Directiva 70/220/CEE y las disposiciones aplicables a las piezas de recambio, con el fin de garantizar la compatibilidad con los sistemas ADB.

5. A más tardar el 28 de diciembre de 2005, se adoptarán las medidas para la aplicación de lo dispuesto en los apartados 1 a 3.

Artículo 5

Sistemas de control de las emisiones utilizando reactivos consumibles

Al definir las medidas necesarias para aplicar el artículo 4, según se dispone en el artículo 7, apartado 1, la Comisión incluirá, si procede, medidas técnicas para minimizar el riesgo de un mantenimiento inadecuado de los sistemas de control de emisiones que utilizan reactivos consumibles. Incluirá asimismo, si procede, medidas destinadas a garantizar que las emisiones de amoniaco ocasionadas por la utilización de reactivos consumibles se reduzcan a un mínimo.

Artículo 6

Incentivos fiscales

1. Los Estados miembros sólo podrán introducir incentivos fiscales en lo que se refiere a vehículos de motor que cumplan lo establecido

▼B

en la presente Directiva. Dichos incentivos deberán ajustarse a las disposiciones del Tratado, así como a las disposiciones del presente artículo, apartados 2 o 3.

2. Los incentivos se aplicarán a todos los nuevos vehículos que se encuentren a la venta en el mercado de un Estado miembro y que se ajusten de antemano a los valores límite aplicables, establecidos en la fila B1 o B2 de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I.

Se suprimirán a partir del momento en que se apliquen los valores límite de emisiones de la fila B1, como se establece en el artículo 2, apartado 6, o a partir de la aplicación de los valores límite de emisiones de la fila B2, como se establece en el artículo 2, apartado 8.

3. Los incentivos se aplicarán a todos los vehículos nuevos que estén a la venta en el mercado de un Estado miembro y que se ajusten a los valores límite opcionales establecidos en la fila C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I.

4. Además de las condiciones contempladas en el apartado 1 para cada tipo de vehículo, el importe del incentivo no excederá del coste adicional de las soluciones técnicas introducidas para garantizar el cumplimiento de los valores límite opcionales establecidos en las filas B1 o B2, o los valores límite opcionales establecidos en la fila C de las tablas del punto 6.2.1 del anexo I, y de su instalación en el vehículo.

5. Los Estados miembros informarán a la Comisión con suficiente antelación de cualquier plan existente para instituir o modificar los incentivos fiscales que se mencionan en el presente artículo, a fin de que pueda presentar sus observaciones.

Artículo 7

Disposiciones de aplicación y modificaciones

1. La Comisión adoptará las medidas necesarias para la aplicación del artículo 2, apartado 10, y de los artículos 3 y 4 de la presente Directiva asistida por el Comité creado por el artículo 13, apartado 1, de la Directiva 70/156/EEC, de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 13, apartado 3, de dicha Directiva.

2. La Comisión adoptará las modificaciones necesarias para adaptar la presente Directiva al progreso científico y técnico asistida por el Comité creado por el artículo 13, apartado 1, de la Directiva 70/156/CEE, de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 13, apartado 3, de dicha Directiva.

Artículo 8

Revisión e informes

1. La Comisión revisará la necesidad de introducir nuevos valores límite aplicables a vehículos pesados y motores de gran potencia para los agentes contaminantes que no estén regulados actualmente. Dicha revisión se basará en la introducción generalizada de nuevos combustibles alternativos y de nuevos sistemas de control de emisiones de escape capacitados para aditivos con el fin de ajustarse a las futuras normas establecidas en la presente Directiva. Cuando proceda, la Comisión presentará una propuesta al Parlamento Europeo y al Consejo.

2. La Comisión presentará al Parlamento Europeo y al Consejo propuestas legislativas para una nueva limitación de las emisiones de NO_x y de las emisiones de partículas de los vehículos pesados.

Si procede, estudiará la conveniencia de establecer un límite adicional para el número y las dimensiones de las partículas y, en tal caso, incorporará este valor límite a las propuestas.

3. La Comisión presentará un informe al Parlamento Europeo y al Consejo sobre el estado de las negociaciones relativas a un ciclo de funcionamiento armonizado a nivel mundial (WHDC).

4. La Comisión presentará un informe al Parlamento Europeo y al Consejo sobre los requisitos para el funcionamiento del sistema de

▼B

medición a bordo (MAB). Sobre la base de dicho informe, cuando proceda, la Comisión presentará una propuesta de medidas con el fin de incluir las especificaciones técnicas y los anexos correspondientes que permitan la homologación de los sistemas MAB, que garanticen niveles de control como mínimo equivalentes a los del sistema DAB y que serán compatibles con estos sistemas.

Artículo 9

Transposición

1. Los Estados miembros adoptarán y publicarán, antes del 9 de noviembre de 2006, a más tardar, las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para ajustarse a lo dispuesto en la presente Directiva. Si la adopción de las disposiciones de aplicación mencionadas en el artículo 7 se retrasase más allá del 28 de diciembre de 2005, los Estados miembros cumplirán con esta obligación para la fecha de transposición indicada en la Directiva que contiene estas disposiciones de aplicación. Comunicarán inmediatamente a la Comisión el texto de dichas disposiciones, así como una tabla de correspondencias entre las mismas y la presente Directiva.

Aplicarán dichas disposiciones a partir del 9 de noviembre de 2006 o, si la adopción de las disposiciones de aplicación mencionadas en el artículo 7 se retrasase más allá del 28 de diciembre de 2005, a partir de la fecha de transposición especificada en la Directiva que contiene estas disposiciones de aplicación.

Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas harán referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Incluirán igualmente una mención en la que se precise que las referencias hechas, en las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas vigentes, a la Directivas derogadas por la presente Directiva se entenderán hechas a la presente Directiva. Los Estados miembros establecerán las modalidades de dicha referencia y el modo en que se formule la mención.

2. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión el texto de las disposiciones básicas de Derecho interno que adopten en el ámbito regulado por la presente Directiva.

Artículo 10

Derogación

Quedan derogadas las Directivas que figuran en la parte A del anexo IX, con efectos a partir del 9 de noviembre de 2006, sin perjuicio de las obligaciones de los Estados miembros en relación con los plazos de incorporación al Derecho nacional y de aplicación de las Directivas, que figuran en la parte B del anexo IX.

Las referencias hechas a las Directivas derogadas se entenderán hechas a la presente Directiva y se leerán con arreglo a la tabla de correspondencias que figura en el anexo X.

Artículo 11

Entrada en vigor

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

Artículo 12

Destinatarios

Los destinatarios de la presente Directiva son los Estados miembros.

▼B

ANEXO I

ÁMBITO DE APLICACIÓN, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS, SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN CE, PRESCRIPCIONES Y PRUEBAS Y CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

▼M1

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Directiva se aplicará al control de los gases y partículas contaminantes, la vida útil de los dispositivos de control de emisiones, la conformidad de los motores/vehículos en circulación y los sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) de todos los vehículos de motor equipados con motores de encendido por compresión y a los gases contaminantes, la vida útil, la conformidad de los motores/vehículos en circulación y los sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) de todos los vehículos de motor equipados con motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o GLP, y a los motores de encendido por compresión y de encendido por chispa previstos en el artículo 1, con excepción de los motores de encendido por compresión de aquellos vehículos de las categorías N_1, N_2 y M_2 y de los motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o GLP de aquellos vehículos de la categoría N_1 a los que se haya concedido la homologación con arreglo a la Directiva 70/220/CEE del Consejo ([1]).

2. DEFINICIONES

2.1. A efectos de la presente Directiva, 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;

«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 y/o de funcionamiento como, por ejemplo, la velocidad del vehículo, el régimen del motor, el engranaje de transmisión utilizado, 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 rangos de funcionamiento del régimen y de la carga del motor, excepto cuando se ha activado una AECS. Entre otros, pueden citarse los siguientes ejemplos de BECS:

— el mapa de reglaje del motor,

— el mapa de la EGR,

— el mapa de la dosificación de reactivo del catalizador SCR;

«combinación de catalizador de NO_x con filtro de partículas», un sistema de postratamiento de gases de escape diseñado para reducir simultáneamente las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas contaminantes (PT);

«regeneración continua», un proceso de regeneración de un sistema de postratamiento de gases de escape que se produce permanentemente o, al menos, una vez por prueba ETC. Este proceso de regeneración no requerirá un procedimiento especial de prueba;

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

«potencia máxima declarada (P_{max})», la potencia máxima en kW CE (potencia neta) que haya declarado el fabricante en la solicitud de homologación de tipo;

«estrategia de manipulación»,

— una AECS que reduce la eficacia del control de emisiones respecto a la BECS en condiciones que puede suponerse razonablemente

([1]) DO L 76 de 6.4.1970, p. 1. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 2003/76/CE de la Comisión (DO L 206 de 15.8.2003, p. 29).

▼M1

que se produzcan en la conducción y utilización normales del vehículo,

o

— una BECS que distingue entre el funcionamiento conforme a una prueba de homologación de tipo normalizado y otras operaciones y proporciona un menor control de las emisiones en condiciones no incluidas de manera sustancial en los procedimientos aplicables de prueba de homologación de tipo;

«sistema de reducción de NO_x», un sistema de postratamiento de gases de escape diseñado para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) (por ejemplo, actualmente existen catalizadores activos y pasivos de bajo NO_x, adsorbentes de NO_x 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_{10}); para los componentes gaseosos, consiste básicamente en el tiempo de transporte del componente medido desde la sonda de muestreo hasta el detector; en cuanto al tiempo de retraso, se define la sonda de muestreo como punto de referencia;

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

«prueba ELR», un ciclo de pruebas consistente en una secuencia de fases de carga con unos regímenes del motor constantes que se aplicará de conformidad con el presente anexo, punto 6.2;

«prueba ESC», ciclo de pruebas consistente en 13 fases estabilizadas se aplicará de conformidad con el presente anexo, punto 6.2;

«prueba ETC», un ciclo de pruebas consistente en 1 800 fases de transición segundo a segundo que se aplicará de conformidad con el presente anexo, punto 6.2;

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

— cualquier sistema de control, incluido el software informático, los sistemas electrónicos de control y la lógica del ordenador,

— cualquier calibración del sistema de control,

— el resultado de la interacción de los sistemas,

o

— 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 afecta a cualquier parámetro, especificación o componente perteneciente al sistema de control de emisiones; la falta de un componente podrá considerarse «defecto relacionado con las emisiones»;

«estrategia de control de emisiones (ECS)», un elemento o conjunto de elementos de diseño que se incorporan en el diseño general de un sistema de motor o de un vehículo para controlar las emisiones de gases de escape que incluye una BECS y un conjunto de AECS;

«sistema de control de emisiones», el sistema de postratamiento de los gases de escape, el (los) controlador(es) de gestión electrónica del sistema del motor y cualquier componente del sistema del motor en el escape 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 del motor (EECU) y cualquier otro grupo motopropulsor o unidad de control del vehículo con respecto a la gestión de las emisiones;

«familia de motores — Sistemas de postratamiento», a efectos de la realización de pruebas dentro de un programa de rodaje para establecer los factores de deterioro, con arreglo al anexo II de la Directiva 2005/78/CE de la Comisión, de 14 de noviembre de 2005, por la que se aplica la Directiva 2005/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos

▼M1

y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos, y por la que se modifican sus anexos I, II, IV y VI] [1], y a efectos igualmente de comprobar la conformidad de los motores/vehículos en circulación, con arreglo al anexo III de la Directiva 2005/78/CE, un grupo de motores definido por el fabricante que se ajusta a la definición de familia de motores pero que, además, está agrupados en motores que utilizan un sistema similar de postratamiento de gases de escape;

«sistema del 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 del motor (EECU) y cualquier otro grupo motopropulsor o unidad de control del vehículo;

«familia de motores», grupo de sistemas de motores definido por el fabricante, los cuales, por su diseño, como se define en el anexo II, apéndice 2, de la presente Directiva, poseen características similares en cuanto a emisión de gases de escape; todos los miembros de una familia deben cumplir los valores límite de emisiones aplicables;

«rango de regímenes de funcionamiento del motor», el rango de regímenes que el motor utiliza con más frecuencia en condiciones reales de uso, y que se encuentra entre el régimen bajo y el alto, como se establece en el anexo III de la presente Directiva;

«regímenes A, B y C», los regímenes de prueba, dentro del rango de regímenes de funcionamiento del motor, que deben utilizarse para las pruebas ESC y ELR, como establece el anexo III, apéndice 1, de la presente Directiva;

«reglaje del motor», configuración específica del motor/vehículo que incluye la estrategia de control de emisiones (ECS), una única clasificación de la actuación del motor (la curva de plena carga que recibió la homologación de tipo) y, en caso de utilizarse, un juego de limitadores de par;

«tipo de motor», categoría de motores que no presentan diferencias entre sí en cuanto a aspectos esenciales como las características del motor definidas en el anexo II de la presente Directiva;

«sistema de postratamiento de los gases de escape», un catalizador (de oxidación o de tres vías), un filtro de partículas, un sistema de reducción de NO_x, una combinación de catalizador de NO_x con filtro de partículas o cualquier otro dispositivo de reducción de emisiones que se instale después del motor; esta definición excluye la recirculación de gases de escape, que, si está instalada, se considerará parte integrante del sistema del motor.

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

«gases contaminantes», el monóxido de carbono, los hidrocarburos (suponiendo una relación de $CH_{1,85}$ para el gasóleo, $CH_{2,525}$ para el GLP y $CH_{2,93}$ para el GN [NMHC] y una supuesta molécula $CH_3O_{0,5}$ para los motores diésel alimentados con etanol), el metano (suponiendo una relación de CH_4 para el GN) y los óxidos de nitrógeno, expresados estos últimos en el equivalente de dióxido de nitrógeno (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» [2], el mal funcionamiento permanente o temporal de cualquier sistema de postratamiento de gases de escape que se espera que dé lugar a un aumento inmediato o posterior de las emisiones de partículas o gases contaminantes del sistema del motor y que el sistema DAB no puede estimar correctamente;

---

[1] DO L 313 de 29.11.2005, p. 1.

[2] En el artículo 4, apartado 1, de la presente Directiva se prevé el control de los fallos importantes de funcionamiento en vez del control de la degradación o la pérdida de la eficiencia catalítica/de filtrado de un sistema de postratamiento de gases de escape. En el anexo IV, puntos 3.2.3.2 y 3.2.3.3, de la Directiva 2005/78/CE figuran ejemplos de fallo importante de funcionamiento.

▼M1

«mal funcionamiento»,

— cualquier deterioro o fallo, incluidos los fallos de naturaleza eléctrica, del sistema de control de emisiones, que pueden dar lugar a emisiones que superan los umbrales DAB o, en su caso, a no alcanzar el rango de actuación normal del sistema de postratamiento de los gases de escape, en el que la emisión de cualquier contaminante regulado superaría los umbrales DAB,

— cualquier caso en el que el sistema DAB no pueda ajustarse a los requisitos en materia de supervisión establecidos en la presente Directiva.

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

«indicador de mal funcionamiento (IMF)», un indicador visual que informa claramente al conductor del vehículo en caso de mal funcionamiento en el sentido de la presente Directiva;

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

«clase de GN», una de las dos clases de gas natural, H o L, definidas en la norma europea EN 437 de noviembre de 1993;

«potencia neta», la potencia en kW «CE» obtenida en el banco de pruebas en el extremo del cigüeñal o su equivalente, medida de acuerdo con el método de medición de potencia CE establecido en la Directiva 80/1269/CEE ([1]) de la Comisión;

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

«familia de motores — DAB», a efectos de la homologación del sistema DAB con arreglo a los requisitos del anexo IV de la Directiva 2005/78/CE, un grupo de sistemas de motor definido por el fabricante que tiene unos parámetros comunes de diseño del sistema DAB conforme al presente anexo, punto 8;

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

«motor patrón», un motor seleccionado de entre una familia de motores de modo que sus características en cuanto a emisiones sean representativas de dicha familia de motores;

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

«partículas contaminantes», cualquier material que se acumule en un medio filtrante determinado tras diluir los gases de escape con aire filtrado limpio, de modo que la temperatura no supere los 325 K (52 °C);

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

«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 que se produce la regeneración, se pueden superar los niveles de emisión;

«modo permanente de emisiones por defecto», AECS activada en caso de mal funcionamiento de la ECS detectado por el sistema DAB que da lugar a la activación del IMF y que no requiere entradas del componente o sistema averiado;

([1]) DO L 375 de 31.12.1980, p. 46. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 1999/99/CE (DO L 334 de 28.12.1999, p. 32).

▼M1

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

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

«recalibrado», una regulación fina de un motor de GN para conseguir el mismo rendimiento (potencia, consumo de combustible) con una clase distinta de gas natural;

«régimen de referencia (n_{ref})», el valor de régimen máximo que se debe utilizar para desnormalizar los valores del régimen relativo de la prueba ETC, como se establece en el anexo III, apéndice 2, de la presente Directiva;

«tiempo de respuesta», la diferencia de tiempo entre un cambio rápido del componente que debe medirse en el punto de referencia y el cambio adecuado en la respuesta del sistema de medición mediante el cual el cambio del componente medido es, al menos, del 60 % del FS 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 en 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 de instrumento una vez que el componente que debe medirse ha alcanzado el instrumento; en cuanto al tiempo de subida, se define la sonda de muestreo como punto de referencia;

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

«humos», partículas en suspensión del caudal de gases de escape procedentes de un motor diésel que absorben, reflejan, o refractan la luz;

«ciclo de pruebas», una secuencia de puntos de prueba, cada uno de los cuales posee un régimen y un par concretos que debe seguir el motor bajo condiciones de funcionamiento de estado continuo (prueba ESC) o de transición (prueba ETC, ELR);

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

«tiempo de transformación», el tiempo desde el cambio del componente que debe medirse en sonda de muestreo hasta que la respuesta del sistema sea el 50 % de la lectura final (t_{50}); el tiempo de transformación se emplea para el alineamiento de señales de distintos instrumentos de medición;

«vida útil», para los vehículos y motores que han recibido la homologación de equipo para la fila B1, B2 o C del cuadro que figura en el presente anexo, punto 6.2.1, dicho término designa la distancia recorrida y/o el período de tiempo que se define en el artículo 3 de la presente Directiva (durabilidad de los sistemas de control de emisiones) en los cuales ha de garantizarse la conformidad con los límites de emisión de gases, partículas y humos como parte de la homologación de tipo;

«Índice Wobbe (Wl, *inferior*, o Wu, *superior*)», la relación entre el valor calorífico correspondiente de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa en las mismas condiciones de referencia:

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

«factor de desplazamiento de λ (S_λ)», una expresión que describe la flexibilidad requerida del sistema de gestión del motor en relación con un cambio de la relación λ de aire excesivo si el motor está alimentado con un gas de composición diferente al metano puro (véase el anexo VII para calcular S_λ).

▼M1

2.2. **Símbolos, abreviaturas y normas internacionales**

2.2.1. *Símbolos de los parámetros de prueba*

Símbolo	Unidad	Término
A_p	m^2	Área de la sección transversal de la sonda de toma isocinética
A_e	m^2	Área de la sección transversal del tubo de escape
c	ppm/vol. %	Concentración
C_d	—	Coeficiente de descarga de SSV-CVS
C1	—	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
d	m	Diámetro
D_0	m^3/s	Intersección de una función de calibrado PDP
D	—	Factor de dilución
D	—	Constante de la función de Bessel
E	—	Constante de la función de Bessel
E_E	—	Eficacia del etano
E_M	—	Eficacia del metano
E_Z	g/kWh	Emisión interpolada de NO_x en el punto de control
f	1/s	Frecuencia
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio
f_c	s^{-1}	Frecuencia de corte de filtro de Bessel
F_s	—	Factor estequiométrico
H	MJ/m^3	Valor 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 medición instantánea o fase determinada
K	—	Constante de Bessel
k	m^{-1}	Coeficiente de absorción de la luz
k_f		Factor específico del combustible para corrección de seco a húmedo
$k_{h,D}$	—	Factor de corrección de la humedad para NO_x en motores diésel
$k_{h,G}$	—	Factor de corrección de la humedad para NO_x en motores de gas
K_V		Función de calibrado del CFV
$k_{W,a}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de admisión
$k_{W,d}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de dilución
$k_{W,e}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape diluido
$k_{W,r}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape sin diluir
L	%	Porcentaje de par en relación al par máximo durante la prueba
L_a	m	Longitud efectiva del camino óptico
M_{ra}	g/mol	Masa molecular de aire de admisión
M_{re}	g/mol	Masa molecular de los gases de escape
m_d	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de las partículas
m_{ed}	kg	Total de la masa de los gases de escape diluidos a lo largo del ciclo
m_{edf}	kg	Masa de los gases de escape diluidos equivalentes a lo largo del ciclo
m_{ew}	kg	Total de la masa de los gases 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/h o g	Caudal másico de las emisiones de gases
m_{se}	kg	Masa de la muestra a lo largo del ciclo

▼**M1**

Símbolo	Unidad	Término
m_{sep}	kg	Masa de la muestra de gases de escape diluidos pasada por los filtros de muestreo de partículas
m_{set}	kg	Masa de la muestra de gas de escape doblemente diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas
m_{ssd}	kg	Masa del aire de dilución secundario
N	%	Opacidad
N_P	—	Nº total de revoluciones del PDP a lo largo del ciclo
$N_{P,i}$	—	Revoluciones del PDP durante un intervalo de tiempo
n	min^{-1}	Régimen del motor
n_p	s^{-1}	Régimen del PDP
n_{hi}	min^{-1}	Régimen alto del motor
n_{lo}	min^{-1}	Régimen bajo del motor
n_{ref}	$min^{—1}$	Régimen de referencia del motor para la prueba ETC
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 de baño refrigerante
p_s	kPa	Presión atmosférica seca
p_1	kPa	Presión negativa en la entrada de la bomba
P(a)	kW	Potencia absorbida por los elementos auxiliares que se instalan para la prueba
P(b)	kW	Potencia absorbida por los elementos auxiliares que se quitan para la prueba
P(n)	kW	Potencia neta no corregida
P(m)	kW	Potencia medida en un banco de pruebas
q_{maw}	kg/h o kg/s	Caudal másico del aire de admisión en condiciones húmedas
q_{mad}	kg/h o kg/s	Caudal másico del aire de admisión en condiciones secas
q_{mdw}	kg/h o kg/s	Caudal másico del aire de dilución en condiciones húmedas
q_{mdew}	kg/h o kg/s	Caudal másico del gas de escape diluido en condiciones húmedas
$q_{mdew,i}$	kg/s	Masa instantánea del caudal de CVS en condiciones húmedas
q_{medf}	kg/h o kg/s	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en condiciones húmedas
q_{mew}	kg/h o kg/s	Caudal másico de los gases de escape en condiciones húmedas
q_{mf}	kg/h o kg/s	Caudal másico del combustible
q_{mp}	kg/h o kg/s	Caudal másico de la muestra de partículas
q_{vs}	dm^3/min	Caudal de la muestra en la consola de análisis
q_{vt}	cm^3/min	Caudal del gas indicador
Ω	—	Constante de Bessel
Q_s	m^3/s	Caudal de volumen de PDP/CFV-CVS
Q_{SSV}	m^3/s	Caudal de volumen de CVS-SSV
r_a	—	Relación de las secciones transversales de la sonda isocinética y del tubo de escape
r_d	—	Relación de dilución
r_D	—	Relación diametral de SSV-CVS
r_p	—	Relación de presión de SSV-CVS
r_s	—	Relación de muestra
R_f	—	Factor de respuesta del FID
ρ	kg/m^3	Densidad
S	kW	Valor de ajuste del dinamómetro

▼M1

Símbolo	Unidad	Término
S_i	m^{-1}	Valor instantáneo de los humos
S_λ	—	Factor de desplazamiento de λ
T	K	Temperatura absoluta
T_a	K	Temperatura absoluta del aire de admisión
t	s	Tiempo de medición
t_e	s	Tiempo de la respuesta eléctrica
t_f	s	Tiempo de respuesta del filtro para la función de Bessel
t_p	s	Tiempo de respuesta física
Δt	s	Intervalo de tiempo entre mediciones sucesivas de humos (= 1/ frecuencia de muestreo)
Δt_i	s	Intervalo de tiempo para el caudal instantáneo del CVS
τ	%	Transmitancia de los humos
u	—	Relación entre las densidades del componente del gas y del gas de escape
V_0	m^3/rev	Volumen de gas de la PDP bombeado por revolución
V_s	l	Volumen del sistema de la consola de análisis
W	—	Índice Wobbe
W_{act}	kWh	Trabajo efectivo del ciclo ETC
W_{ref}	kWh	Trabajo de referencia del ciclo ETC
W_F	—	Factor de ponderación
WF_E	—	Factor de ponderación efectivo
X_0	m^3/rev	Función de calibrado del caudal de volumen de la PDP
Y_i	m^{-1}	Valor de humos promediado en 1 s según Bessel

▼B

►M1 2.2.2. ◄ *Símbolos de los componentes químicos*

CH_4	Metano
C_2H_6	Etano
C_2H_5OH	Etanol
C_3H_8	Propano
CO	Monóxido de carbono
DOP	Ftalato de dioctilo
CO_2	Dióxido de carbono
HC	Hidrocarburos
NMHC	Hidrocarburos no metánicos
NO_x	Óxidos de nitrógeno
NO	Óxido nítrico
NO_2	Dióxido de nitrógeno
PT	Partículas

►M1 2.2.3. ◄ *Abreviaturas*

CFV	Tubo Venturi de flujo crítico
CLD	Detector de luminiscencia química
ELR	Prueba europea de respuesta bajo carga
ESC	Ciclo europeo de estado continuo
ETC	Ciclo europeo de transición
FID	Detector de ionización de llama
GC	Cromatógrafo de gas
HCLD	Detector de luminiscencia química en caliente
HFID	Detector de ionización de llama en caliente
GLP	Gas licuado del petróleo
NDIR	Analizador de infrarrojos no dispersivo
GN	Gas natural

▼B

NMC	Cortador no metánico

▼M1

2.2.4. *Símbolos de la composición del combustible*

w_{ALF}	contenido en hidrógeno del combustible, en % de la masa
w_{BET}	contenido en carbono del combustible, en % de la masa
w_{GAM}	contenido en azufre del combustible, en % de la masa
w_{DEL}	contenido en nitrógeno del combustible, en % de la masa
w_{EPS}	contenido en 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 $C_{\beta} H_{\alpha} O_{\varepsilon} N_{\delta} S_{\gamma}$

$\beta = 1$ para los combustibles de base carbono, $\beta = 0$ para el combustible de hidrógeno.

2.2.5. *Normas a las que hace referencia la presente Directiva*

ISO 15031-1	ISO 15031-1: 2001 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 1: General information (Vehículos de carretera — Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 1: Información general).
ISO 15031-2	ISO/PRF TR 15031-2: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 2: Terms, definitions, abbreviations and acronyms (Vehículos de carretera — Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 2: Términos, definiciones, abreviaturas y siglas).
ISO 15031-3	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 un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 3: Conector de diagnosis y circuitos eléctricos relacionados, especificaciones y utilización).
SAE J1939-13	SAE J1939-13: Off-Board Diagnostic Connector (Conector de diagnosis exterior).
ISO 15031-4	ISO 15031-4.3: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 4: External test equipment (Vehículos de carretera — Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 4: Equipos de prueba externos).
SAE J1939-73	SAE J1939-73: Application Layer — Diagnostics (Capa de aplicación: diagnosis).

▼M1

ISO 15031-5	ISO DIS 15031-5.4: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 5: Emissions-related diagnostic services (Vehículos de carretera — Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 5: Servicios de diagnosis en relación con las emisiones).
ISO 15031-6	ISO DIS 15031-6.4: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 6: Diagnostic trouble code definitions (Vehículos de carretera — Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 6: Definiciones de códigos de diagnosis de error).
SAE J2012	SAE J2012: Diagnostic Trouble Code Definitions Equivalent to ISO/DIS 15031-6, April 30, 2002 (Definiciones de código de diagnosis de error equivalentes a IDO/DIS 15031-6, de 30 de abril de 2002).
ISO 15031-7	ISO 15031-7: 2001 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 7: Data link security (Vehículos de carretera — Comunicación entre un vehículo y un equipo de prueba externo para la diagnosis relativa a las emisiones — Parte 7: Seguridad del enlace de datos).
SAE J2186	SAE J2186: E/E Data Link Security, dated October 1996 (Seguridad del enlace de datos, de octubre de 1996).
ISO 15765-4	ISO 15765-4: 2001 Road vehicles — Diagnostics on Controller Area Network (CAN) — Part 4: Requirements for emissions-related systems (Vehículos de carretera — Diagnosis basadas en la red de área de controlador [CAN] — Parte 4: Requisitos para sistemas relacionados con las emisiones).
SAE J1939	SAE J1939: Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network (Práctica recomendada para las redes en serie de control y comunicación para vehículos).
ISO 16185	ISO 16185: 2000 Road vehicles — engine family for homologation (Vehículos de carretera — Familia de motores para homologación).
ISO 2575	ISO 2575: 2000 Road vehicles — Symbols for controls, indicators and tell-tales (Vehículos de carretera — Símbolos para controles, indicadores y testigos).
ISO 16183	ISO 16183: 2002 Heavy duty engines — Measurement of gaseous emissions from raw exhaust gas and of particulate emissions using partial flow dilution systems under transient test conditions (Motores de gran potencia — Medición de las emisiones de gases a partir del gas de escape sin diluir y de las emisiones de partículas mediante sistemas de dilución de flujo parcial en condiciones de prueba de transición).

▼B

3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN CE

3.1. **Solicitud de homologación CE para un tipo de motor o familia de motores considerados como una entidad técnica**

▼M1

3.1.1. El fabricante del motor o un representante debidamente acreditado presentará la solicitud de homologación de un tipo de motor o familia de motores en lo que se refiere a los niveles de emisión de gases y

▼M1

partículas contaminantes en el caso de motores diésel, en lo que se refiere a los niveles de emisión de gases contaminantes en el caso de motores de gas, así como a la vida útil y al sistema de diagnóstico a bordo (DAB).

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

▼B

3.1.2. Irá acompañada de los documentos que se mencionan a continuación, por triplicado, y de las informaciones siguientes:

3.1.2.1. una descripción del tipo de motor o familia de motores, en su caso, en la que se especifiquen todas las características enumeradas en el anexo II de la presente Directiva, en aplicación de los artículos 3 y 4 de la Directiva 70/156/CEE del Consejo, de 6 de febrero de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de vehículos a motor y de sus remolques ([1]).

3.1.3. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de las pruebas de homologación indicadas en el punto 6 un motor que se ajuste a las características del «tipo de motor» o «motor de origen» definidas en el anexo II.

3.2. **Solicitud de homologación CE de un tipo de vehículo en lo que se refiere a su motor**

▼M1

3.2.1. El fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado presentará la solicitud de homologación de un vehículo en lo que se refiere a los niveles de emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de su motor o familia de motores diésel, en lo que se refiere a los niveles de emisión de gases contaminantes procedentes de su motor o familia de motores de gas, así como a la vida útil y al sistema de diagnóstico a bordo (DAB).

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

▼B

3.2.2. Irá acompañada de los documentos que se mencionan a continuación, por triplicado, y de las informaciones siguientes:

3.2.2.1. una descripción del tipo de vehículo, de los elementos del vehículo relacionados con el motor y del tipo de motor o familia de motores, si procede, en la que se especifiquen las características enumeradas en el anexo II, así como la documentación exigida de conformidad con el artículo 3 de la Directiva 70/156/CEE.

▼M1

3.2.3. El fabricante proporcionará una descripción del indicador de mal funcionamiento (IMF) utilizado por el sistema DAB para señalar la presencia de un error al conductor del vehículo.

El fabricante proporcionará una descripción del indicador y del modo de señalización utilizado para señalar la falta del reactivo requerido al conductor del vehículo.

▼B

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

▼M1

3.3.1. El fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado presentará la solicitud de homologación de un vehículo en lo que se refiere a los niveles de emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de su motor o familia de motores diésel homologados, en lo que se refiere a los niveles de emisión de gases contaminantes procedentes de su motor o familia de motores de gas homologados, así como a la vida útil y al sistema de diagnóstico a bordo (DAB).

([1]) DO L 42 de 23.2.1970, p. 1. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 2004/104/CE de la Comisión (DO L 337 de 13.11.2004, p. 13).

▼B

3.3.2. Irá acompañada de los documentos que se mencionan a continuación, por triplicado, y de las informaciones siguientes:

3.3.2.1. una descripción del tipo de vehículo y de los elementos del vehículo relacionados con el motor, en la que se especifiquen las características enumeradas en el anexo II, en la medida en que sean pertinentes, y una copia del certificado de homologación CE (anexo VI) expedido para el motor o familia de motores, si procede, como entidad técnica instalada en el tipo de vehículo, junto con la documentación exigida de conformidad con el artículo 3 de la Directiva 70/156/CEE.

▼M1

3.3.3. El fabricante proporcionará una descripción del indicador de mal funcionamiento (IMF) utilizado por el sistema DAB para señalar la presencia de un error al conductor del vehículo.

El fabricante proporcionará una descripción del indicador y del modo de señalización utilizado para señalar la falta del reactivo exigido al conductor del vehículo.

3.4. **Sistema de diagnóstico a bordo**

3.4.1. La solicitud de homologación de un motor equipado con un sistema de diagnóstico a bordo (DAB) irá acompañada de la información requerida en el anexo II, apéndice 1, punto 9 (descripción del motor patrón), y/o en el anexo II, 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 DAB, incluida una lista de todas las partes significativas del sistema de control de emisiones del motor, es decir, sensores, actuadores y componentes, supervisadas por el sistema DAB.

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

3.4.1.2.1. El fabricante proporcionará al servicio técnico una descripción de los fallos potenciales del sistema de control de emisiones que repercutan en las emisiones. El servicio técnico y el fabricante discutirán sobre dicha información, que será objeto de un acuerdo entre ambos.

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 repercuta en el correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones.

3.4.1.4. Cuando proceda, copias de otras homologaciones con los datos pertinentes para permitir las extensiones de las homologaciones.

3.4.1.5. Si procede, los datos de la familia de motores con arreglo alpresente anexo, punto 8.

3.4.1.6. El fabricante describirá las medidas adoptadas para evitar la manipulación y modificación de la EECU o de cualquier parámetro de la interfaz considerados en el punto 3.4.1.3.

▼B

4. HOMOLOGACIÓN CE

4.1. **Concesión de una homologación CE a un combustible universal**

La homologación CE a un combustible universal se concederá si se cumplen las siguientes condiciones:

4.1.1. En el caso del combustible para motores diésel, el motor de origen cumple los requisitos de la presente Directiva con el combustible de referencia especificado en el anexo IV.

4.1.2. En el caso del gas natural, el motor de origen debe demostrar que es capaz de adaptarse a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. Básicamente existen dos tipos de combustible, el de alto poder calorífico (clase H) y el de bajo poder calorífico (clase L), aunque con una variedad significativa dentro de cada uno; difieren considerablemente en su contenido energético expresado mediante el índice de Wobbe y en su factor «S_λ» de desplazamiento de λ. Las fórmulas para el cálculo del índice de Wobbe y S_λ figuran en los puntos 2.27 y 2.28. Los gases naturales con un factor de desplazamiento de λ comprendido entre 0,89 y 1,08 ($0{,}89 \leq S_\lambda \leq 1{,}08$) se consideran de la gama H, y los que tienen un factor de desplazamiento

▼B

de λ comprendido entre 1,08 y 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) se consideran de la gama L. La composición de los combustibles de referencia refleja las variaciones extremas de S_λ.

El motor de origen deberá cumplir los requisitos de la presente Directiva con los combustibles de referencia G_R (combustible 1) y G_{25} (combustible 2), tal y como se definen en el anexo IV, sin tener que reajustar el sistema de alimentación entre ambas pruebas. No obstante, se permitirá una prueba de adaptación en un ciclo ETC sin medición cuando se cambie el combustible. Previamente a la prueba, el motor de origen se acondicionará mediante el procedimiento descrito en el punto 3 del apéndice 2 del anexo III.

4.1.2.1. A petición del fabricante, podrá probarse el motor con un tercer combustible (combustible 3) si el factor S_λ de desplazamiento de λ se encuentra entre 0,89 (es decir, en el margen inferior del G_R) y 1,19 (es decir, en el margen superior del G_{25}), por ejemplo, cuando el combustible 3 es un combustible comercial. Los resultados de esta prueba podrán utilizarse como base para la evaluación de la conformidad de la producción.

4.1.3. En lo que respecta a los motores de gas natural que se autoadapten, por una parte, a la clase de gases H y, por otra, a la clase de gases L, y que puedan cambiarse de la clase H a la clase L mediante un conmutador, el motor de origen se probará con el combustible de referencia correspondiente tal y como se especifica en el anexo IV para cada gama, en cada posición del conmutador. Los combustibles son el G_R (combustible 1) y el G_{23} (combustible 3) para la clase H de gases y el G_{25} (combustible 2) y el G_{23} (combustible 3) para la clase L de gases. El motor de origen deberá cumplir los requisitos de la presente Directiva para ambas posiciones del conmutador, sin reajustar el sistema de alimentación entre las dos pruebas para cada una de las posiciones del conmutador. No obstante, se permitirá una prueba de adaptación en un ciclo ETC sin medición cuando se cambie el combustible. Previamente a la prueba, el motor de origen se acondicionará mediante el procedimiento descrito en el punto 3 del apéndice 2 del anexo III.

4.1.3.1. A petición del fabricante, podrá probarse el motor con un tercer combustible en lugar del G_{23} (combustible 3) si el factor S_λ de desplazamiento de λ se encuentra entre 0,89 (es decir, en el margen inferior del G_R) y 1,19 (es decir, en el margen superior del G_{25}), por ejemplo, cuando el combustible 3 es un combustible comercial. Los resultados de esta prueba podrán utilizarse como base para la evaluación de la conformidad de la producción.

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

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

o

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

y

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

4.1.5. En el caso del GLP, el motor de origen deberá demostrar que es capaz de adaptarse a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. En el caso del GLP hay variaciones en la composición C_3/C_4 que se reflejan en los combustibles de referencia. El motor de origen deberá cumplir los requisitos en cuanto a las emisiones de la presente Directiva con los combustibles de referencia A y B, tal y como se definen en el anexo IV, sin tener que reajustar el sistema de alimentación entre ambas pruebas. No obstante, se permitirá una prueba de adaptación en un ciclo ETC sin medición cuando se cambie el combustible. Previamente a la prueba, el motor de origen se acondicionará mediante el procedimiento descrito en el punto 3 del apéndice 2 del anexo III.

▼B

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

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

4.2. **Concesión de la homologación CE a una gama restringida de combustibles**

La homologación CE a una gama restringida de combustibles se concederá si se cumplen las siguientes condiciones:

4.2.1. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural diseñado para funcionar con los gases de la clase H, o bien con los gases de la clase L.

Se probará el motor de origen con el combustible de referencia correspondiente, tal y como se define en el anexo IV, para cada clase. Los combustibles son el G_R (combustible 1) y el G_{23} (combustible 3) para la clase H de gases y el G_{25} (combustible 2) y el G_{23} (combustible 3) para la clase L de gases. El motor de origen deberá cumplir los requisitos de la presente Directiva sin reajustar el sistema de alimentación entre las dos pruebas. No obstante, se permitirá una prueba de adaptación en un ciclo ETC sin medición cuando se cambie el combustible. Previamente a la prueba, el motor de origen se acondicionará mediante el procedimiento descrito en el punto 3 del apéndice 2 del anexo III.

4.2.1.1. A petición del fabricante, podrá probarse el motor con un tercer combustible en lugar del G_{23} (combustible 3) si el factor S_λ de desplazamiento de λ se encuentra entre 0,89 (es decir, en el margen inferior del G_R) y 1,19 (es decir, en el margen superior del G_{25}), por ejemplo, cuando el combustible 3 es un combustible comercial. Los resultados de esta prueba podrán utilizarse como base para la evaluación de la conformidad de la producción.

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

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

o

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

y

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

4.2.1.3. En el momento de la entrega al cliente, el motor deberá ostentar una etiqueta (véase el punto 5.1.5) que indique la clase de gases para los que el motor esté homologado.

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

4.2.2.1. El motor de origen deberá cumplir los requisitos en cuanto a 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 y como se definen en el anexo IV. Entre las pruebas se permite la regulación fina del sistema de alimentación, la cual consistirá en un recalibrado de la base de datos de alimentación, sin alterar la estrategia básica de control ni la estructura básica de la base de datos. En caso necesario, se permite cambiar las piezas que estén directamente relacionadas con el caudal de combustible (como las boquillas de los inyectores).

4.2.2.2. A petición del fabricante, podrá probarse el motor con los combustibles de referencia G_R y G_{23} o bien G_{25} y G_{23}, en cuyo caso la homologación será válida exclusivamente para los gases de la clase H o para los gases de la clase L, respectivamente.

▼B

4.2.2.3. En el momento de la entrega al cliente, el motor deberá ostentar una etiqueta (véase el punto 5.1.5) que indique la clase de gases para los que el motor esté homologado.

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

4.3.1. A excepción del caso mencionado en el apartado 4.3.2, la homologación de un motor de origen se hará extensiva a todos los miembros de una familia, sin más pruebas, para cualquier composición de combustible de la clase para la que se haya homologado el motor de origen (en lo que se refiere a los motores descritos en el punto 4.2.2) o para la misma clase de combustibles (en lo que se refiere a los motores descritos en los puntos 4.1 o 4.2) para la que se haya homologado el motor de origen.

4.3.2. *Segundo motor de prueba*

En caso de una solicitud de homologación de un motor, o de un vehículo con respecto a su motor, cuando ese motor pertenezca a una familia, si el servicio técnico determina que, en relación con el motor de origen seleccionado, la solicitud presentada no representa totalmente la familia de motores definida en el apéndice 1 del anexo I, el servicio técnico podrá seleccionar para prueba un motor de referencia alternativo y, llegado el caso, un motor adicional.

4.4. **Certificado de homologación**

Para una homologación concedida con arreglo a los puntos 3.1, 3.2 y 3.3 se expedirá un certificado conforme al modelo especificado en el anexo VI.

5. MARCADO DEL MOTOR

5.1. **En el motor homologado como entidad técnica deberá figurar:**

5.1.1. la marca de fábrica o el nombre comercial del fabricante del motor;

5.1.2. la descripción comercial del fabricante;

5.1.3. el número de homologación CE precedido de la o las letras distintivas del país que haya expedido la homologación CE ►M1 ——— ◄.

5.1.4. en el caso de un motor de GN, detrás del número de homologación CE deberá figurar una de las siguientes marcas de referencia:

— H en caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases de la clase H,

— L en caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases de la clase L,

— HL en caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases de la clase H y para los de la clase L,

— H_t en caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica de la clase H, pudiéndose configurar para otro gas específico de la clase H mediante la regulación fina de la alimentación del motor,

— L_t en caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica de la clase L, pudiéndose convertir para otro gas específico de la clase L mediante la regulación fina de la alimentación del motor,

— HL_t en caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica de la clase L o bien de la clase H, pudiéndose convertir para otro gas específico de la clase L o bien de la clase H mediante la regulación fina de la alimentación del motor.

▼B

5.1.5. *Placas indicadoras*

Los motores alimentados con GN y GLP que hayan sido homologados para un tipo concreto de carburante deberán incorporar las siguientes placas indicadoras:

5.1.5.1. Contenido

Deberá figurar la siguiente información:

En el caso descrito en el punto 4.2.1.3, en la placa indicadora figurará la inscripción

«PARA USO EXCLUSIVAMENTE CON GAS NATURAL DE LA CLASE H». Si procede, se sustituye «H» por «L».

En el caso descrito en el punto 4.2.2.3, en la placa indicadora figurará la inscripción

«PARA USO EXCLUSIVAMENTE CON GAS NATURAL DE COMPOSICIÓN …» o «PARA USO EXCLUSIVAMENTE CON GAS LICUADO DEL PETRÓLEO DE COMPOSICIÓN …». Se indicará toda la información contenida en la o las tablas apropiadas del anexo IV, junto con los componentes individuales y los límites especificados por el fabricante del motor.

Las letras y cifras rotuladas deberán tener una altura mínima de 4 mm.

Nota:

Si la falta de espacio impide un etiquetado de esas características, podrá utilizarse un código simplificado. En este caso, las notas explicativas que contengan la información anterior deberán ser fácilmente accesibles para cualquier persona que llene el depósito de combustible o realice tareas de mantenimiento o de reparación en el motor y en sus accesorios, así como para las autoridades competentes. La localización y el contenido de dichas notas explicativas se determinará mediante acuerdo entre el fabricante y la autoridad de homologación.

5.1.5.2. Propiedades

Las placas indicadoras deberán permanecer inalterables durante toda la vida útil del motor. Las cifras y letras inscritas serán claramente legibles e indelebles. Asimismo, las placas indicadoras deberán quedar fijas de manera permanente durante toda la vida útil del motor, y no se podrán quitar sin destruirlas o deteriorarlas.

5.1.5.3. Colocación

Las placas indicadoras deberán fijarse a una pieza del motor necesaria para el funcionamiento normal del motor y que en circunstancias normales no se tenga que sustituir durante la vida del motor. Asimismo, dichas placas indicadoras se situarán de manera que sean fácilmente visibles para cualquiera una vez se haya montado el motor con todos los elementos necesarios para su funcionamiento.

5.2. En caso de una solicitud de homologación CE de un tipo de vehículo en lo que se refiere a su motor, las inscripciones especificadas en el punto 5.1.5 también se colocarán junto al orificio de llenado de carburante.

5.3. En caso de una solicitud de homologación CE de un tipo de vehículo con motor homologado, las inscripciones especificadas en el punto 5.1.5 también se colocarán junto al orificio de llenado de carburante.

6. PRESCRIPCIONES Y PRUEBAS

▼M1

6.1. **Generalidades**

6.1.1. *Equipo de control de emisiones*

6.1.1.1. Los componentes que pueden afectar, si procede, a la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores diésel y de motores de gas se diseñarán, fabricarán, montarán y se instalarán de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla lo dispuesto en la presente Directiva.

6.1.2. Queda prohibida la utilización de estrategias de manipulación.

▼M1

6.1.2.1. Queda prohibida la utilización de motores de reglaje múltiple hasta que en la presente Directiva se establezcan disposiciones adecuadas y sólidas sobre dichos motores ([1]).

6.1.3. *Estrategia de control de emisiones*

6.1.3.1. 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 y se instalará de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla lo dispuesto en la presente Directiva. 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).

6.1.4. *Requisitos relativos a la estrategia básica de control de emisiones*

6.1.4.1. La estrategia básica de control de emisiones (BECS) se diseñará de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla lo dispuesto en la presente Directiva. Las condiciones normales de uso no se limitan a las especificadas en el punto 6.1.5.4.

6.1.5. *Requisitos relativos a la estrategia auxiliar de control de emisiones*

6.1.5.1. Se podrá instalar una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) en un motor, o en un vehículo, si dicha estrategia:

— funciona sólo en condiciones distintas de las especificadas en el punto 6.1.5.4 a efectos de lo establecido en el punto 6.1.5.5,

o

— se activa sólo excepcionalmente en las condiciones de uso especificadas en el punto 6.1.5.4 a efectos de lo establecido en el punto 6.1.5.6 y no más tiempo del necesario a tal fin.

6.1.5.2. Se permitirá una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) que funcione en las condiciones de uso especificadas en el punto 6.1.5.4 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 pruebas para las emisiones si se demuestra plenamente, de conformidad con los requisitos del punto 6.1.7, 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.

6.1.5.3. Se permitirá una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) que funcione en condiciones de uso distintas de las especificadas en el punto 6.1.5.4 si se demuestra plenamente, de conformidad con los requisitos del punto 6.1.7, que la medida constituye la estrategia mínima necesaria a efectos del punto 6.1.5.6 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.

6.1.5.4. Con arreglo al punto 6.1.5.1, las condiciones definidas de uso en situación estacionaria y en condiciones de transición serán las siguientes:

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

y

— una temperatura ambiente comprendida entre 275 K y 303 K (2 °C y 30 °C) ([2]) ([3]),

y

— una temperatura del líquido de refrigeración del motor comprendida entre 343 K y 373 K (70 °C y 100 °C).

([1]) La Comisión determinará si es necesario adoptar medidas específicas sobre los motores de reglaje múltiple en la presente Directiva al mismo tiempo que una propuesta acerca de los requisitos del artículo 10 de la presente Directiva.

([2]) 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)».

([3]) Este arco de temperaturas será reconsiderado en la revisión de la presente Directiva, con especial énfasis en el carácter adecuado del límite inferior de temperatura.

▼M1

6.1.5.5. Se podrá instalar una estrategia auxiliar de control de emisiones (AECS) a un motor o en un vehículo si el funcionamiento de la AECS está incluido en la prueba de homologación de tipo pertinente y se activa conforme a lo dispuesto en el punto 6.1.5.6.

6.1.5.6. La AECS se activa:

— sólo mediante señales de a bordo para proteger de daños al vehículo y/o al sistema del motor (incluido el dispositivo de tratamiento de aire),

o

— para la seguridad de funcionamiento, los modos permanentes de emisión por defecto o las estrategias de funcionamiento reducido en casos de urgencia,

o

— para el arranque en frío, el calentamiento o la prevención de emisiones excesivas,

o

— si se utiliza para compensar el control de un contaminante regulado en condiciones ambientales o de funcionamiento específicas para mantener el control del resto de contaminantes regulados en los límites de emisión adecuados para el motor de que se trate. Los efectos globales de dicho AECS consisten en compensar los fenómenos que ocurren naturalmente proporcionando un control aceptable de todos los componentes de las emisiones.

6.1.6. *Requisitos relativos a los limitadores del par motor*

6.1.6.1. Se permitirán los limitadores del par motor si cumplen los requisitos del punto 6.1.6.2 o 6.5.5. En todos los demás casos, dichos limitadores se considerarán una estrategia de manipulación.

6.1.6.2. Podrá instalarse un limitador del par motor a un motor o vehículo, si:

— el limitador del par motor se activa sólo mediante señales de a bordo para proteger de daños al grupo motopropulsor o al vehículo y/o por motivos de seguridad del vehículo, para la activación de la unidad de toma de fuerza cuando el vehículo se halla parado o para medidas destinadas a garantizar el correcto funcionamiento del sistema de reducción de NO_x,

y

— el limitador del par motor se activa sólo temporalmente,

y

— el limitador del par motor no modifica la estrategia de control de emisiones (ECS),

y

— en caso de unidad de toma de fuerza o de protección del grupo motopropulsor, el par motor está limitado a un valor constante, independiente del régimen del motor, sin exceder nunca el par a plena carga,

y

— se activa de la misma manera para limitar el rendimiento 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 del NO_x en el sistema del motor.

6.1.7. *Requisitos especiales para los sistemas electrónicos de control de emisiones*

6.1.7.1. Requisitos relativos a la documentación

El fabricante deberá presentar un paquete documental que permita acceder a cualquier elemento de diseño y estrategia de control de emisiones (ECS), y al limitador del par motor del sistema del motor y a los medios mediante los que controla sus variables de salida, independientemente de que dicho control sea directo o indirecto. Dicha documentación se entregará en dos partes:

a) el paquete documental formal, que se enviará al servicio técnico cuando se presente la solicitud de homologación, incluirá una descripción completa del ECS y, si procede, del limitador del par

▼M1

motor. Dicha documentación podrá ser resumida siempre que demuestre que se han identificado todos los resultados permitidos por una matriz obtenida a partir del rango de control de los datos de entrada de cada unidad. Esta información deberá adjuntarse a la documentación exigida en el presente anexo, punto 3;

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 del control del sistema de combustible, estrategias de avance de inyectores y puntos de conmutación durante todos modos de funcionamiento. También incluirá una descripción del limitador del par motor que se describe en el presente anexo, punto 6.5.5.

El material suplementario incluirá también una justificación del uso de cualquier AESC así como material suplementario y datos de pruebas para demostrar el efecto sobre las emisiones de escape de cualquier AECS instalada al motor o en el vehículo. La justificación de la utilización de una AECS podrá basarse en datos de pruebas y/o análisis técnicos bien fundados.

Este material suplementario tendrá carácter estrictamente confidencial y se pondrá a disposición del organismo competente en materia de homologación a petición del mismo. El organismo competente en materia de homologación mantendrá el carácter confidencial de dicho material.

6.1.8. *Disposiciones específicas para la homologación de motores con arreglo a la fila A de los cuadros del punto 6.2.1 (motores normalmente no sometidos a prueba ETC)*

6.1.8.1. Para comprobar si una estrategia o medida debe considerarse una estrategia de manipulación con arreglo a las definiciones contempladas en el punto 2, el organismo competente en materia de homologaciones y/o el servicio técnico podrán solicitar una prueba adicional de detección de NO_x mediante la ETC que podrá llevarse a cabo en combinación con la prueba de homologación de tipo o con los procedimientos de verificación de la conformidad de la producción.

6.1.8.2. Al verificar si una estrategia o medida debe considerarse una estrategia de manipulación con arreglo a las definiciones que aparecen en el punto 2, se aceptará un margen adicional del 10 %, en relación con el valor límite correspondiente de NO_x.

6.1.9. *Las disposiciones transitorias para la extensión de la homologación figuran en el anexo I, punto 6.1.5, de la Directiva 2001/27/CE.*

Hasta el 8 de noviembre de 2006, el número de certificado de homologación existente seguirá vigente. En caso de extensión, sólo cambiará el número secuencial para indicar el número de homologación de base de la extensión de la siguiente manera:

Ejemplo de segunda extensión de la cuarta homologación correspondiente a la fecha de solicitud A, expedida por Alemania:

e1*88/77*2001/27A*0004*02

6.1.10. *Disposiciones relativas a la seguridad del sistema electrónico*

6.1.10.1. Todo vehículo equipado con una unidad de control de emisiones deberá incluir medidas que impidan cualquier modificación no autorizada por el fabricante. El fabricante autorizará la realización de modificaciones si son necesarias para la diagnosis, el mantenimiento, la inspección, la instalación de accesorios o la reparación del vehículo. Los parámetros de funcionamiento o códigos de ordenador reprogramables deberán ser resistentes 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 diagnosis prescritos en el anexo IV, punto 6, de la Directiva 2005/78/CE. Todos los chips de memoria de calibración extraíbles deberán ir encapsulados, alojados en caja sellada o protegidos mediante algoritmos electrónicos y no deberán poder sustituirse sin utilizar herramientas y procedimientos especializados.

6.1.10.2. Los parámetros de funcionamiento del motor controlados por código informático no deberán poder modificarse sin utilizar herramientas y procedimientos especializados (por ejemplo, componentes de ordenador soldados o encapsulados o carcasas de ordenador selladas o soldadas).

▼M1

6.1.10.3. Los fabricantes adoptarán las medidas adecuadas para proteger el ajuste de máxima salida de combustible contra cualquier manipulación mientras un vehículo esté en circulación.

6.1.10.4. Los fabricantes podrán solicitar al organismo competente en materia de homologación la exención de cualquiera de estos requisitos para aquellos vehículos en que sea improbable la necesidad de protección. Los criterios que tendrá en cuenta el organismo competente en materia de homologación al estudiar la exención serán, entre otros, la disponibilidad de chips de control de prestaciones en ese momento, la capacidad de altas prestaciones del vehículo y el volumen de ventas probable del vehículo.

6.1.10.5. Los fabricantes que usen sistemas de códigos informáticos programables (por ejemplo, memoria sólo de lectura, programable y borrable eléctricamente, EEPROM) deberán impedir la reprogramación no autorizada. Los fabricantes deberán incluir estrategias avanzadas de protección contra manipulaciones y medidas de protección contra escritura que requieran el acceso electrónico a un ordenador externo mantenido por el fabricante. El organismo competente en materia de homologación podrá aprobar métodos alternativos que ofrezcan un nivel equivalente de protección contra la manipulación.

6.2. **Prescripciones relativas a las emisiones de gases y partículas contaminantes y de humos**

Para la homologación con respecto a la fila A de los cuadros del punto 6.2.1, la medición de las emisiones deberá efectuarse conforme a las pruebas ESC y ELR en el caso de motores diésel convencionales, incluidos los que incorporan equipos electrónicos de inyección de combustible, recirculación de los gases de escape (EGR), y/o catalizadores de oxidación. Los motores diésel que dispongan de sistemas avanzados de postratamiento de gases de escape, incluidos los catalizadores para reducir NO_x y/o filtros de partículas, deberán someterse además a la prueba ETC.

Para las pruebas de homologación de las filas B1 o B2 o C de los cuadros del punto 6.2.1, la medición de las emisiones deberá efectuarse conforme a las pruebas ESC, ELR y ETC.

En el caso de motores de gas, se determinarán las emisiones gaseosas mediante la prueba ETC.

Los procedimientos de prueba ESC y ELR se describen en el anexo III, apéndice 1, y el procedimiento de prueba ETC en el anexo III, apéndices 2 y 3.

Las emisiones de gases y de partículas contaminantes, si procede, y de humos, en su caso, procedentes del motor que se somete a las pruebas se medirán mediante los métodos descritos en el anexo III, apéndice 4. En el anexo V se describen los sistemas recomendados para el análisis de los gases contaminantes, el muestreo de partículas y la medición de humos.

El servicio técnico podrá aprobar otros sistemas o analizadores si se demuestra que con ellos se obtienen resultados equivalentes en el ciclo de pruebas respectivo. La determinación de equivalencia del sistema se basará en un estudio correlacional de un mínimo de 7 pares de muestras que compare el sistema que está siendo examinado con uno de los sistemas de referencia de la presente Directiva. 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. La prueba correlacional tendrá lugar en el mismo laboratorio y celda de prueba, y con el mismo motor, y es preferible efectuarla simultáneamente. La equivalencia de las medias de los pares de muestra se determinará mediante las estadísticas de las pruebas *F* y *t* como se describe en el presente anexo, apéndice 4, obtenidas en dichas condiciones de laboratorio, de celda de prueba 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 la Directiva, la determinación de equivalencia se basará en el cálculo de la repetibilidad y la reproducibilidad, como se describe en la norma ISO 5725.

▼B

6.2.1. *Valores límite*

La masa específica de monóxido de carbono, del total de los hidrocarburos, de óxidos de nitrógeno y de partículas, determinadas en la prueba ESC, y de humos, determinadas en la prueba ELR, no podrán rebasar las cantidades que figuran en la tabla 1.

Tabla 1

Valores límite para las pruebas ESC y ELR

Fila	Masa de monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de hidrocarburos (HC) g/kWh	Masa de óxidos de nitrógeno (NO_x) g/kWh	Masa de partículas (PT) g/kWh		Humos m^{-1}
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10	0,13 (1)	0,8
B 1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02		0,5
B 2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02		0,5
C (VEM)	1,5	0,25	2,0	0,02		0,15

(1) Para motores con una cilindrada unitaria inferior a 0,75 dm^3 y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min^{-1}.

Para los motores diésel que se someten además a la prueba ETC, y específicamente para los motores de gas, las masas específicas de monóxido de carbono, de hidrocarburos no metánicos, de metano, de óxidos de nitrógeno y de partículas no podrán rebasar las cantidades que figuran en la tabla 2.

Tabla 2

Valores límite para la prueba ETC

Fila	Masa de monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de hidrocarburos no metánicos (NMHC) g/kWh	Masa de metano (CH_4) (1) g/kWh	Masa de óxidos de nitrógeno (NO_x) g/kWh	Masa de partículas (PT) (2) g/kWh	
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16	0,21 (3)
B 1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03	
B 2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03	
C (VEM)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02	

(1) Para motores de GN exclusivamente.

(2) No aplicable a los motores de gas en las fases A y en las fases B1 y B2.

(3) Para motores con una cilindrada unitaria inferior a 0,75 dm^3 y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min^{-1}.

6.2.2. *Medición de los hidrocarburos para los motores diésel y de gas*

6.2.2.1. El fabricante podrá optar por medir la masa del total de los hidrocarburos (THC) en la prueba ETC en lugar de medir la masa de los hidrocarburos no metánicos. En este caso, el límite para la masa del total de los hidrocarburos es el mismo que el que figura en la tabla 2 para la masa del total de los hidrocarburos no metánicos.

6.2.3. *Requisitos específicos para los motores diésel*

6.2.3.1. La masa específica de los óxidos de nitrógeno medidos en los puntos de control aleatorios dentro de la zona de control de la prueba ESC no deberá rebasar en más del 10 % los valores interpolados a partir de las fases de prueba anterior y posterior (véanse los puntos 4.6.2 y 4.6.3 del apéndice 1 del anexo III).

6.2.3.2. El valor de humos medido con el régimen seleccionado aleatoriamente para la prueba ELR no deberá rebasar el valor máximo de humos medido con los regímenes de prueba anterior y posterior en más del 20 %, o en más del 5 % del valor límite, lo que sea mayor.

▼M1

6.3. **Factores de durabilidad y deterioro**

6.3.1. A efectos de la presente Directiva, 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 motores-sistemas de postratamiento siguen ajustándose a los límites de emisiones correspondientes que se especifican en los cuadros del punto 6.2.1 del presente anexo en el transcurso del período de durabilidad pertinente establecido en el artículo 3 de la presente Directiva.

6.3.2. En el anexo II de la Directiva 2005/78/CE 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 período de durabilidad adecuado.

6.4. **Sistema de diagnóstico a bordo (DAB)**

6.4.1. Con arreglo al artículo 4, apartados 1 y 2, de la presente Directiva, los motores diésel o los vehículos equipados con un motor diésel deberán disponer de un sistema de diagnóstico a bordo (DAB) para el control de las emisiones de acuerdo con los requisitos del anexo IV de la Directiva 2005/78/CE.

Con arreglo al artículo 4, apartado 2, de la presente Directiva, los motores de gas o los vehículos equipados con un motor de gas deberán disponer de un sistema de diagnóstico a bordo (DAB) para el control de las emisiones de acuerdo con los requisitos del anexo IV de la Directiva 2005/78/CE.

6.4.2. *Producción de motores en pequeños lotes*

Como alternativa a los requisitos establecidos en este punto, los fabricantes de coches cuya producción anual a escala mundial de un tipo de motor, perteneciente a una familia de motores y DAB,

— sea inferior a 500 unidades anuales, podrán obtener la homologación de tipo CE con arreglo a los requisitos de la presente Directiva en aquellos casos en que el motor se controle sólo a efectos de continuidad del circuito y el sistema de postratamiento se supervise a efectos de fallos importantes de funcionamiento,

— sea inferior a 50 unidades anuales, podrán obtener la homologación de tipo CE con arreglo a los requisitos de la presente Directiva en aquellos casos en que la totalidad del sistema de control de emisiones (es decir, el motor y el sistema de postratamiento) se supervise sólo a efectos de continuidad del circuito.

El organismo competente en materia de homologación deberá informar a la Comisión de los detalles de cada homologación de tipo concedida en virtud de la presente disposición.

6.5. **Requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x** [1]

6.5.1. *Generalidades*

6.5.1.1. La presente sección es aplicable a todos los sistemas de motor, independientemente de la tecnología empleada para ajustarse a los límites de emisiones que figuran en los cuadros del punto 6.2.1 del presente anexo.

6.5.1.2. Fechas de aplicación

Los requisitos establecidos en los puntos 6.5.3, 6.5.4 y 6.5.5 serán de aplicación a partir del 1 de octubre de 2006 para las nuevas homologaciones de tipo, y a partir del 1 de octubre de 2007 para todas las matriculaciones de vehículos nuevos.

6.5.1.3. Los sistemas de motor pertenecientes al ámbito de aplicación del presente punto estarán diseñados, construidos e instalados de manera que cumplan dichos requisitos a lo largo de la vida útil del motor.

6.5.1.4. El fabricante proporcionará en el anexo II de la presente Directiva información que describa de manera completa las características de funcionamiento de un sistema de motor perteneciente al ámbito de aplicación del presente punto.

[1] La Comisión tiene intención de revisar este punto el 31 de diciembre de 2006, a más tardar.

▼M1

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

6.5.1.6. En cuanto al punto 6.1, cualquier sistema de motor correspondiente al ámbito de aplicación de este punto conservará su función de control de emisiones durante todas las condiciones que ocurren normalmente en el territorio de la Unión Europea, especialmente a temperaturas ambiente bajas.

6.5.1.7. A efectos de la homologación de tipo, el fabricante demostrará al servicio técnico que, en el caso de los sistemas de motor que requieran un reactivo, cualquier emisión de amoniaco no supera, a lo largo del ciclo de pruebas de emisiones aplicable, un valor medio de 25 ppm.

6.5.1.8. En el caso de los sistemas de motor que requieran un reactivo, cada depósito de reactivo instalado en un vehículo dispondrá de algún medio que permita 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.

6.5.2. *Requisitos relativos al mantenimiento*

6.5.2.1. El fabricante proporcionará, o hará que se proporcionen, a todos los propietarios de vehículos pesados nuevos o de motores de gran potencia nuevos 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.

6.5.2.2. Las instrucciones incluirán requisitos para la correcta utilización y mantenimiento de los vehículos, incluido, si procede, el uso de reactivos consumibles.

6.5.2.3. Las instrucciones estarán redactadas de manera clara, en un lenguaje no técnico y en la lengua del país en el que se matriculen o vendan los vehículos pesados nuevos o los motores de gran potencia nuevos.

6.5.2.4. 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 con arreglo al tipo de vehículo pesado nuevo.

6.5.2.5. Las instrucciones especificarán que, cuando así se indique, será obligatoria la utilización y la reposición de un reactivo requerido con las especificaciones correctas con el fin de que el vehículo se ajuste al certificado de conformidad expedido para dicho vehículo o tipo de motor.

6.5.2.6. En las instrucciones se indicará que puede constituir un delito utilizar un vehículo que no consume ningún reactivo si éste es requerido para la reducción de las emisiones contaminantes y que, por tanto, puede haberse invalidado 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.

6.5.3. *Control del NO_x del sistema del motor*

6.5.3.1. El funcionamiento incorrecto del sistema del motor con respecto al control de emisiones de NO_x (por ejemplo, debido a la falta de cualquier reactivo requerido, al flujo incorrecto de la EGR o a la desactivación de ésta) se determinará por la supervisión del nivel de NO_x mediante sensores situados en el caudal de escape.

6.5.3.2. Los sistemas del motor dispondrán de un método para determinar el nivel de NO_x en el caudal de escape. Cualquier desviación del nivel de NO_x que supere en 1,5 g/kWh el valor límite aplicable que figura en el anexo I, punto 6.2.1, cuadro I, de la presente Directiva, dará lugar a que se informe al conductor mediante la activación del IMF (véase el anexo IV, punto 3.6.5, de la Directiva 2005/78/CE).

6.5.3.3. Además, con arreglo al anexo IV, punto 3.9.2, de la Directiva 2005/78/CE, durante un mínimo de 400 días o 9 600 horas de funcionamiento del motor, se almacenará un código de error que no pueda borrarse en el que se identifique la razón por la que se superan los niveles de NO_x especificados en el punto anterior.

▼M1

6.5.3.4. Si el nivel de NO_x supera los umbrales DAB que figuran en el cuadro del artículo 4, apartado 3, de la presente Directiva ([1]), el limitador del par motor reducirá el rendimiento del motor con arreglo a los requisitos del punto 6.5.5 de manera que el conductor pueda percibirlo claramente. Cuando el limitador del par motor esté activado, se seguirá avisando al conductor conforme a los requisitos del punto 6.5.3.2.

6.5.3.5. En el caso de sistemas de motor que utilicen la EGR y ningún otro sistema de postratamiento para el control de las emisiones de NO_x, el fabricante podrá utilizar un método alternativo a los requisitos del punto 6.5.3.1 para determinar el nivel de NO_x. En la homologación de tipo, el fabricante demostrará que el método alternativo determina con la misma eficacia y precocidad el nivel de NO_x en comparación con los requisitos del punto 6.5.3.1 y que acarrea las mismas consecuencias que las previstas en los puntos 6.5.3.2, 6.5.3.3 y 6.5.3.4.

6.5.4. *Control del reactivo*

6.5.4.1. En el caso de los vehículos que requieran la utilización de un reactivo para ajustarse a los requisitos del presente punto, el conductor será informado del nivel de reactivo que presenta el depósito de almacenamiento de reactivo del vehículo mediante una indicación mecánica o electrónica en el tablero de instrumentos de éste. Se incluirá una advertencia cuando el nivel de reactivo:

— sea inferior al 10 % del depósito o a un porcentaje más elevado a elección del fabricante,

o

— 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.

6.5.4.2. Si el depósito de reactivo queda vacío, se informará al conductor con arreglo a los requisitos del anexo IV, punto 3.6.5, de la Directiva 2005/78/CE.

6.5.4.3. En cuanto el depósito de reactivo se quede vacío, serán de aplicación los requisitos del punto 6.5.5 además de los correspondientes al punto 6.5.4.2.

6.5.4.4. Los fabricantes tendrán la posibilidad de ajustarse a lo dispuesto en los puntos 6.5.4.5 a 6.5.4.13 en vez de ajustarse a los requisitos establecidos en el punto 6.5.3.

6.5.4.5. Los sistemas de motores incluirán medios para determinar si el vehículo contiene un fluido que responde a las características relativas a los reactivos declaradas por el fabricante y registradas en el anexo II de la presente Directiva.

6.5.4.6. Si el fluido del depósito de reactivo no responde a los requisitos mínimos declarados por el fabricante, registrados en el anexo II de la presente Directiva, se aplicarán los requisitos adicionales del punto 6.5.4.13.

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

6.5.4.8. A través del puerto serie del conector normalizado de diagnosis (véase el anexo IV, punto 6.8.3, de la Directiva 2005/78/CE), se dispondrá de la media de consumo de reactivo y de la media de consumo solicitado de reactivo por el sistema del motor correspondientes al período más largo de los siguientes: período completo previo de 48 horas de funcionamiento del motor o período necesario para el consumo de reactivo requerido de un mínimo de 15 litros.

6.5.4.9. Para controlar el consumo de reactivo, se supervisarán, como mínimo, los siguientes parámetros del motor:

— nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento de reactivo del vehículo,

([1]) La Comisión tiene intención de revisar estos valores el 31 de diciembre de 2005, a más tardar.

▼M1

— caudal de reactivo o inyección de reactivo lo más cerca posible técnicamente del punto de inyección en un sistema de postratamiento de gases de escape.

6.5.4.10. Cualquier desviación superior al 50 % en la media de consumo de reactivo y en la media de consumo solicitado de reactivo del sistema del motor a lo largo del período definido en el punto 6.5.4.8 dará lugar a la aplicación de las medidas establecidas en el punto 6.5.4.13.

6.5.4.11. Si se interrumpe la actividad de dosificación del reactivo, se aplicarán las medidas establecidas en el punto 6.5.4.13. Ello no será necesario si la interrupción es solicitada por la ECU del motor debido a que las condiciones de funcionamiento del motor son tales que el comportamiento relativo a las emisiones del motor no requiere la dosificación del reactivo, siempre que el fabricante haya comunicado claramente al organismo competente en materia de homologación cuándo se aplican dichas condiciones de funcionamiento.

6.5.4.12. Si el nivel de NO_x supera los 7,0 g/kWh en el ciclo de pruebas ETC, se aplicarán las medidas establecidas en el punto 6.5.4.13.

6.5.4.13. En aquellos casos en que se haga referencia al presente punto, el conductor será advertido por la activación del IMF (véase el anexo IV, punto 3.6.5, de la Directiva 2005/78/CE) y el limitador del par motor reducirá el rendimiento del motor con arreglo a los requisitos del punto 6.5.5 de manera que el conductor pueda percibirlo claramente.

Con arreglo al anexo IV, punto 3.9.2, de la Directiva 2005/78/CE, durante un mínimo de 400 días o 9 600 horas de funcionamiento del motor, se almacenará un código de error que no pueda borrarse en el que se identifique la razón por la que se activó el limitador del par motor.

6.5.5. *Medidas disuasorias relativas a la manipulación de los sistemas de postratamiento de gases de escape*

6.5.5.1. Los sistemas de motor correspondientes al ámbito de aplicación del presente punto incluirán un limitador del par motor que advertirá al conductor cuando el sistema del motor o el vehículo funcionen incorrectamente, con lo que se fomenta el arreglo rápido de cualquier avería.

6.5.5.2. El limitador del par motor se activará cuando el vehículo se halle parado por primera vez una vez que se den las condiciones establecidas en los puntos 6.5.3.4, 6.5.4.3, 6.5.4.6, 6.5.4.10, 6.5.4.11 o 6.5.4.12.

6.5.5.3. En aquellos casos en que el limitador del par motor se active, el par motor no superará, en ningún caso, un valor constante del:

— 60 % de par motor a plena carga, independientemente del régimen del motor, para los vehículos de categoría N3 > 16 toneladas, M3/III y M3/B > 7,5 toneladas,

— 75 % de par motor a plena carga, independientemente del régimen del motor, para los vehículos de categoría N1, N2, N3 ≤ 16 toneladas, M2, M3/I, M3/II, M3/A y M3/B ≤ 7,5 toneladas.

6.5.5.4. El esquema de limitación del par motor figura en los puntos 6.5.5.5 a 6.5.5.6.

6.5.5.5. Con arreglo a los requisitos relativos a la documentación del presente anexo, punto 6.1.7.1, se especificará información detallada por escrito con una descripción completa de las características de funcionamiento del limitador de par motor.

6.5.5.6. El limitador de par motor se desactivará cuando el régimen del motor se halle al ralentí si ya no se reúnen las condiciones que provocaron su activación. El limitador de par motor no se desactivará automáticamente sin que se haya resuelto la causa de su activación.

6.5.5.7. Demostración del limitador de par motor.

6.5.5.7.1. En el marco de la solicitud de homologación de tipo prevista en el presente anexo, punto 3, el fabricante demostrará el funcionamiento del limitador de par motor mediante pruebas en un dinamómetro para motores o mediante una prueba en vehículo.

6.5.5.7.2. Si se va a efectuar una prueba en un dinamómetro para motores, el fabricante realizará ciclos consecutivos de pruebas ETC para demostrar que el limitador de par motor funcionará, incluida su

▼M1

activación, con arreglo a los requisitos establecidos en el punto 6.5 y, en particular, en los puntos 6.5.5.2 y 6.5.5.3.

6.5.5.7.3. Si se debe efectuar una prueba en vehículo, éste se conducirá en carretera o en pista de pruebas para demostrar que el limitador de par motor funcionará, incluida su activación, con arreglo a los requisitos establecidos en el punto 6.5 y, en particular, en los puntos 6.5.5.2 y 6.5.5.3.

▼B

7. MONTAJE EN EL VEHÍCULO

7.1. El montaje del motor en el vehículo deberá satisfacer las características siguientes en lo que se refiere a la homologación del motor:

7.1.1. el vacío de admisión no deberá sobrepasar el especificado en el anexo VI para el motor homologado;

7.1.2. la contrapresión de los gases de escape no deberá sobrepasar la especificada en el anexo VI para el motor homologado;

7.1.3. el volumen del sistema de escape no deberá diferir en más del 40 % del especificado en el anexo VI para el motor homologado;

7.1.4. la potencia absorbida por los elementos auxiliares que se precisan para el funcionamiento del motor no deberá sobrepasar la especificada en el anexo VI para el motor homologado.

8. FAMILIA DE MOTORES

▼M1

8.1. **Parámetros que definen la familia de motores**

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

▼B

8.2. **Selección del motor de origen**

8.2.1. *Motores diésel*

El criterio principal de selección del motor de origen de la familia será el de la máxima salida de carburante por carrera del pistón al régimen de par máximo declarado. En caso de que dos o más motores compartan este criterio principal, se seleccionará el motor de origen utilizando el criterio secundario de la máxima salida de carburante por carrera del pistón al régimen nominal. Bajo ciertas circunstancias, la autoridad que concede la homologación podrá decidir que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a nivel de emisiones es probar un segundo motor. Así pues, dicha autoridad podrá seleccionar otro motor para someterlo a ensayo en base a determinadas características que indiquen que quizá posea el nivel de emisiones más elevado de todos los motores de esa familia.

Si algunos motores de la familia poseen otras características variables que podrían influir en las emisiones de escape, también deberán determinarse y tenerse en cuenta dichas características al seleccionar el motor de origen.

8.2.2. *Motores de gas*

El criterio principal de selección del motor de origen de la familia será el de la mayor cilindrada. En caso de que dos o más motores compartan este criterio principal, se seleccionará el motor de origen utilizando uno de los siguientes criterios secundarios, en este orden:

— la máxima salida de carburante por carrera del pistón al régimen de la potencia nominal declarada,

— el máximo avance de chispa,

— el mínimo caudal de recirculación de los gases de escape,

— la ausencia de bomba de aire o la bomba con el menor caudal de aire efectivo.

Bajo ciertas circunstancias, la autoridad que concede la homologación podrá decidir que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a nivel de emisiones es probar un segundo motor. Así pues, dicha autoridad podrá seleccionar otro motor para someterlo a ensayo en base a determinadas características

▼B

que indiquen que quizá posea el nivel de emisiones más elevado de todos los motores de esa familia.

▼M1

8.3. **Parámetros para definir una familia de motores y DAB**

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

Para poder afirmar que dos sistemas de motor pertenecen a la misma familia de motores y DAB, deberán tener en común los parámetros básicos siguientes:

— los métodos de supervisión del DAB,

— 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, sin embargo, pertenecer a la misma familia de motores y DAB siempre que se cumplan los criterios anteriormente mencionados.

▼B

9. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

▼M1

9.1. Deberán adoptarse medidas al objeto de garantizar la conformidad de la producción, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 10 de la Directiva 70/156/CEE. La conformidad de la producción se verificará en base a la descripción que incluyen los certificados de homologación establecidos en el anexo VI de la presente Directiva. Al aplicar los apéndices 1, 2 o 3, la emisión medida de partículas y gases contaminantes procedentes de los motores sujetos a la comprobación de la conformidad de la producción se ajustará mediante la aplicación de los factores de deterioro (DF) adecuados para dicho motor que figuran en el anexo VI, punto 1.5 del apéndice.

El anexo X, puntos 2.4.2 y 2.4.3, de la Directiva 70/156/CEE serán de aplicación cuando los organismos competentes no estén satisfechos con el procedimiento de auditoría del fabricante.

▼B

9.1.1. Si es preciso medir las emisiones de contaminantes y ha habido una o más ampliaciones de la homologación del tipo de motor, las pruebas se efectuarán en el motor o los motores descritos en el paquete informativo referido a la ampliación correspondiente.

9.1.1.1. Conformidad del motor sujeta a una prueba de contaminación:

Una vez haya presentado el motor a las autoridades, el fabricante no realizará ningún ajuste en los motores seleccionados.

9.1.1.1.1. Se eligen al azar tres motores de la serie. Los motores que estén sujetos sólo a las pruebas ESC y ELR o sólo a la prueba ETC para la homologación de la fila A de las tablas que figuran en el punto 6.2.1 estarán sujetos a las pruebas aplicables para la verificación de la conformidad de producción. Con el consentimiento de la autoridad, todos los demás tipos de motores homologados de las filas A, B 1, B 2 o C de las tablas del punto 6.2.1 estarán sujetos a las pruebas de los ciclos ESC y ELR o del ciclo ETC para la verificación de la conformidad de producción. Los valores límite figuran en el punto 6.2.1 del presente anexo.

9.1.1.1.2. Las pruebas se efectúan de conformidad con el apéndice 1 del presente anexo, en caso de que la autoridad competente esté satisfecha con la desviación normal de la producción indicada por el fabricante, de acuerdo con el anexo X de la Directiva 70/156/CEE, que se refiere a los vehículos a motor y sus remolques.

Las pruebas se efectúan de conformidad con el apéndice 2 del presente anexo, en caso de que la autoridad competente no esté satisfecha con la desviación normal de la producción indicada por el fabricante, de acuerdo con el anexo X de la Directiva 70/156/CEE, que se refiere a los vehículos a motor y sus remolques.

A petición del fabricante, se podrán efectuar las pruebas con arreglo a lo dispuesto en el apéndice 3 del presente anexo.

▼B

9.1.1.1.3. Tomando como base la prueba efectuada a un motor mediante muestreo, se considera que la producción de una serie es conforme si se adopta una decisión de aprobación para todos los contaminantes, y no es conforme si se adopta una decisión de rechazo para un contaminante, de acuerdo con los criterios de prueba aplicados en el apéndice apropiado.

Si se ha adoptado una decisión de aprobación para un contaminante, dicha decisión no podrá ser modificada por ninguna prueba suplementaria que pueda efectuarse para tomar una decisión respecto al resto de contaminantes.

Si no se adopta una decisión de aprobación para todos los contaminantes y no se adopta una decisión de rechazo para un contaminante, se efectúa una prueba con otro motor (véase la figura 2).

Si no se toma ninguna decisión, en cualquier momento el fabricante podrá decidir interrumpir las pruebas, en cuyo caso se registra una decisión de rechazo.

9.1.1.2. Las pruebas se efectuarán con motores recién fabricados. Los motores alimentados con gas se acondicionarán mediante el procedimiento definido en el punto 3 del apéndice 2 del anexo III.

9.1.1.2.1. No obstante, a petición del fabricante, las pruebas se podrán efectuar con motores diésel o de gas que hayan estado en rodaje durante más tiempo que el mencionado en el punto 9.1.1.2, hasta un máximo de 100 horas. En este caso, será el fabricante quien se encargue del rodaje, comprometiéndose a no realizar ningún ajuste a esos motores.

9.1.1.2.2. Si el fabricante solicita realizar el rodaje de acuerdo con el procedimiento previsto en el punto 9.1.1.2.1, podrá hacerlo:

— con todos los motores que se someten a prueba, o bien

— con el primer motor probado, determinando un coeficiente de evolución de la manera siguiente:

— las emisiones contaminantes se medirán transcurridas cero y «x» horas en el primer motor probado,

— se calculará para cada contaminante el coeficiente de evolución de las emisiones entre cero y «x» horas:

emisiones «x» horas/Emisiones cero horas

el resultado puede ser menor que uno.

El resto de motores que se someten a prueba no estarán sujetos al procedimiento de rodaje, pero sus emisiones a las cero horas se verán modificadas por el coeficiente de evolución.

En este caso se adoptarán los valores siguientes:

— para el primer motor, los valores a las «x» horas,

— para el resto de motores, los valores a la hora cero multiplicados por el coeficiente de evolución.

9.1.1.2.3. Para los motores diésel y motores alimentados con GLP, todas estas pruebas podrán realizarse con carburante comercial. No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los carburantes de referencia descritos en el anexo IV. Ello implica la realización de las pruebas descritas en el punto 4 del presente anexo con al menos dos de los combustibles de referencia para cada motor de gas.

9.1.1.2.4. En lo que respecta a los motores alimentados con GN, todas estas pruebas podrán efectuarse con combustible comercial del siguiente modo:

— en lo que respecta a los motores con la marca H, con un combustible comercial dentro del intervalo de la clase H ($0{,}89 \leq S_\lambda \leq 1{,}00$),

— en lo que respecta a los motores con la marca L, con un combustible comercial dentro del intervalo de la clase L ($1{,}00 \leq S_\lambda \leq 1{,}19$),

— en lo que respecta a los motores con la marca HL, con un combustible comercial dentro del intervalo extremo del factor de desplazamiento de λ ($0{,}89 \leq S_\lambda \leq 1{,}19$).

No obstante, a petición del fabricante podrán utilizarse los combustibles de referencia mencionados en el anexo IV, lo que implica la realización de las pruebas descritas en el punto 4 del presente anexo.

▼B

9.1.1.2.5. En caso de conflicto derivado de la no conformidad de los motores alimentados con gas cuando se utilizan combustibles comerciales, las pruebas se efectuarán con un combustible de referencia con el que se haya probado el motor de origen, o bien con el combustible 3 adicional al que se hace referencia en los puntos 4.1.3.1 y 4.2.1.1 con el que se haya podido probar el motor de origen. Seguidamente, habrá que convertir el resultado mediante un cálculo que aplique los factores «r», «ra» o «rb» correspondientes conforme a lo descrito en los puntos 4.1.4, 4.1.5.1 y 4.2.1.2. Si r, ra o rb son inferiores a uno, no será necesaria ninguna corrección. Los resultados medidos y los calculados deben demostrar que el motor cumple los valores límite con todos los combustibles correspondientes (combustibles 1, 2 y, llegado el caso, 3 en lo que respecta a los motores de gas natural y combustibles A y B en lo que respecta a los motores de GLP).

9.1.1.2.6. Las pruebas de conformidad de la producción de un motor alimentado con gas preparado para funcionar con un carburante de composición específica se efectuarán con el carburante para el que se haya calibrado el motor.

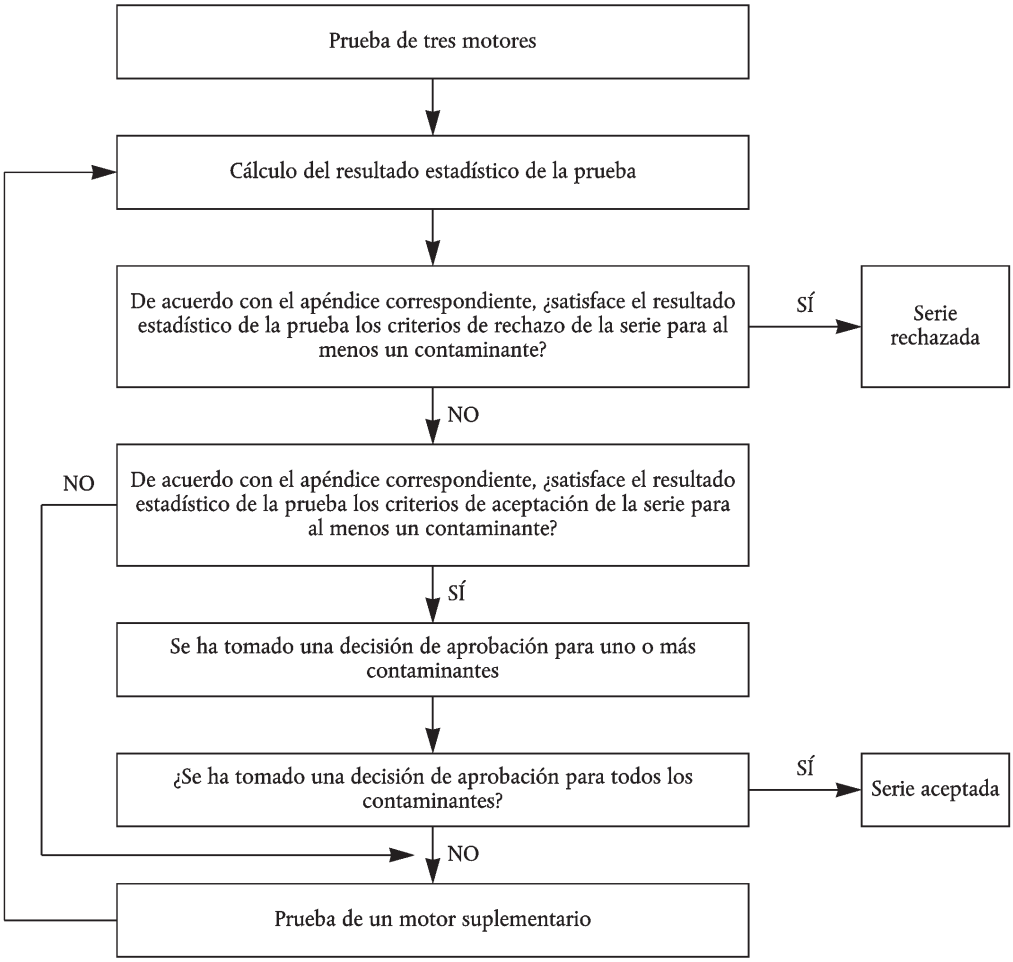


Figura 2

Esquema de las pruebas de conformidad de la producción

▼M1

9.1.2. *Diagnóstico a bordo (DAB)*

9.1.2.1. Si hay que realizar una verificación de la conformidad de la producción del sistema DAB, deberá hacerse con arreglo a lo siguiente:

9.1.2.2. Cuando el organismo competente en materia de homologación determine que la calidad de la producción parece insatisfactoria, se tomará al azar un motor de la serie y se lo someterá a las pruebas

▼M1

descritas en el anexo IV, apéndice 1, de la Directiva 2005/78/CE. Las pruebas podrán efectuarse en un motor que haya rodado un máximo de 100 horas.

9.1.2.3. Se considerará que la producción es conforme si dicho motor cumple los requisitos de las pruebas descritas en el anexo IV, apéndice 1, de la Directiva 2005/78/CE.

9.1.2.4. Si el motor tomado de la serie no reúne los requisitos establecidos en el punto 9.1.2.2, se tomará de la serie otra muestra aleatoria de cuatro motores, a los que se someterá a las pruebas descritas en el anexo IV, apéndice 1, de la Directiva 2005/78/CE. Las pruebas podrán efectuarse en motores que hayan rodado un máximo de 100 horas.

9.1.2.5. Se considerará que la producción es conforme si un mínimo de tres motores de la muestra aleatoria de cuatro motores cumplen los requisitos de las pruebas descritas en el anexo IV, apéndice 1, de la Directiva 2005/78/CE.

10. CONFORMIDAD DE LOS VEHÍCULOS/MOTORES EN CIRCULACIÓN

10.1. A efectos de la presente Directiva, 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.

10.2. En referencia a las homologaciones de tipo concedidas para las emisiones, estas medidas adicionales serán adecuadas para confirmar la funcionalidad de los dispositivos de control de emisiones durante la vida útil de un motor instalado en un vehículo en condiciones normales de uso.

10.3. En el anexo III de la Directiva 2005/78/CE se establecen los procedimientos que se seguirán con respecto a la conformidad de los motores/vehículos en circulación.

▼B

Apéndice 1

PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN CUANDO LA DESVIACIÓN NORMAL ES SATISFACTORIA

1. El presente apéndice describe el procedimiento a utilizar para verificar la conformidad de la producción en cuanto a las emisiones de contaminantes cuando la desviación normal de la producción del fabricante es satisfactoria.

2. Con un tamaño de muestra mínimo de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura de manera que la probabilidad de que un lote de fabricación pase la prueba con un 40 % de los motores defectuosos sea de 0,95 (riesgo del fabricante = 5 %) mientras que la probabilidad de que se acepte un lote de fabricación con el 65 % de los motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).

▼M1

3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el anexo I, punto 6.2.1 (véase la figura 2):

   Sea:

   L = el logaritmo natural del valor límite del contaminante;

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

   s = una estimación de la desviación normal de la producción (después de tomar el logaritmo natural de las medidas);

   n = el tamaño de muestra actual.

▼B

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

$$\frac{1}{s}\Sigma_{i=1}^{n}(L-\chi_i)$$

5. A continuación:

   — si el resultado de la estadística de prueba es mayor que el número de decisión de aprobación que figura en la tabla 3 para el correspondiente tamaño de muestra, se aprueba el nivel de emisiones de ese contaminante,

   — si el resultado de la estadística de prueba es menor que el número de decisión de rechazo que figura en la tabla 3 para el correspondiente tamaño de muestra, no se aprueba el nivel de emisiones de ese contaminante,

   — en otro caso, se prueba otro motor de acuerdo con el punto 9.1.1.1 del anexo I y se aplica el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

▼B

Tabla 3

Números de decisión de aprobación y rechazo del plan de muestreo del apéndice 1

Tamaño mínimo de muestra: 3

Número acumulado de motores que se someten a prueba (tamaño de muestra)	Número de decisión de aprobación 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
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

▼B

Apéndice 2

PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN CUANDO LA DESVIACIÓN NORMAL NO ES SATISFACTORIA O NO ESTÁ DISPONIBLE

1. El presente apéndice describe el procedimiento a utilizar para verificar la conformidad de la producción en cuanto a las emisiones de contaminantes cuando la desviación normal de la producción del fabricante no es satisfactoria o no está disponible.

2. Con un tamaño de muestra mínimo de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura de manera que la probabilidad de que un lote de fabricación pase la prueba con un 40 % de los motores defectuosos sea de 0,95 (riesgo del fabricante = 5 %) mientras que la probabilidad de que se acepte un lote de fabricación con el 65 % de los motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).

▼M1

3. Se considerará que los valores de los contaminantes indicados en el anexo I, punto 6.2.1, una vez aplicado el DF pertinente, poseen una distribución logarítmico normal y deben transformarse tomando sus logaritmos naturales, siendo m_0 y m el tamaño mínimo y máximo de muestra respectivamente ($m_0 = 3$ y $m = 32$), y n el tamaño de muestra actual.

4. Si x_1, x_2, …, x_i son los logaritmos naturales de los valores medidos (una vez aplicado el DF pertinente) en la serie y L es el logaritmo natural del valor límite del contaminante, entonces:

▼B

$$d_i = \chi_i - L$$

y

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

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

5. En la tabla 4 figuran los valores de los números de decisión de aprobación (A_n) En la tabla 4 figuran los valores de los números de decisión de aprobación (B_n) con respecto al tamaño de muestra correspondiente. El resultado de la estadística de prueba es la relación $\bar{d}_n / V_n$ que se utilizará para determinar si la serie se aprueba o no, con arreglo a lo siguiente:

   Para $m_0 \leq n < m$:

   — se aprueba la serie si $\bar{d}_n / v_n \leq A_n$,

   — se rechaza la serie si $\bar{d}_n / v_n \geq B_n$,

   — se adopta otra medida si $A_n < \bar{d}_n / v_n < B_n$.

6. Observaciones

   Las siguientes fórmulas recursivas resultan útiles para calcular valores sucesivos de la estadística de prueba:

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

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

$$\left(n = 2, 3, \ldots;\ \bar{d}_1 = d_1;\ V_1 = 0\right)$$

▼B

Tabla 4

Números de decisión de aprobación y rechazo del plan de muestreo del apéndice 2

Tamaño mínimo de muestra: 3

Número acumulado de motores que se someten a prueba (tamaño de muestra)	Número de decisión de aprobación A_n	Número de decisión de rechazo B_n
3	- 0,80381	16,64743
4	- 0,76339	7,68627
5	- 0,72982	4,67136
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

▼B

Apéndice 3

PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN A PETICIÓN DEL FABRICANTE

1. El presente apéndice describe el procedimiento a utilizar para verificar, a petición del fabricante, la conformidad de la producción en cuanto a las emisiones de contaminantes.

2. Con un tamaño de muestra mínimo de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura de manera que la probabilidad de que un lote de fabricación pase la prueba con un 30 % de los motores defectuosos sea de 0,90 (riesgo del fabricante = 10 %) mientras que la probabilidad de que se acepte un lote de fabricación con el 65 % de los motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).

▼M1

3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el anexo I, punto 6.2.1 (véase la figura 2):

   Sea:

   L = el logaritmo natural del valor límite del contaminante;

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

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

   n = el tamaño de muestra actual.

▼B

4. Se calcula para la muestra la estadística de prueba que cuantifica el número de motores que no son conformes, es decir, $x_i \geq L$.

5. A continuación:

   — si la estadística de prueba es menor o igual que el número de decisión de aprobación que figura en la tabla 5 para el correspondiente tamaño de muestra, se aprueba el nivel de emisiones de ese contaminante,

   — si la estadística de prueba es mayor o igual que el número de decisión de rechazo que figura en la tabla 5 para el correspondiente tamaño de muestra, no se aprueba el nivel de emisiones de ese contaminante,

   — si no, se prueba otro motor de acuerdo con el punto 9.1.1.1 del anexo I y se aplica el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

   En la tabla 5 los números de decisión de aprobación y rechazo se calculan mediante la norma internacional ISO 8422/1991.

▼B

Tabla 5

Números de decisión de aprobación y rechazo del plan de muestreo del apéndice 3

Tamaño mínimo de muestra: 3

Número acumulado de motores que se someten a prueba (tamaño de muestra)	Número de decisión de aprobación	Número de 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

▼M1

Apéndice 4

DETERMINACIÓN DE LA EQUIVALENCIA DE SISTEMA

La determinación de equivalencia del sistema con arreglo al presente anexo, punto 6.2, se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o mayor) que compare el sistema candidato con uno de los sistemas de referencia aceptados de la presente Directiva utilizando el/los ciclos de pruebas adecuados. Los criterios de equivalencia que se aplicarán serán la prueba F y la prueba 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 F y t. Los valores críticos de F y t correspondientes a un número de 7 a 10 pares de muestras figuran en el cuadro que figura más adelante. 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:

a) se realizarán un mínimo de 7 pruebas con el sistema de referencia y el sistema candidato preferentemente funcionando en paralelo. El número de pruebas se indicará como n_R y n_C;

b) se calcularán las medias x_R y x_C y las desviaciones típicas s_R y s_C;

c) se calculará el valor de F como sigue:

$$F = \frac{s^2_{\text{major}}}{s^2_{\text{minor}}}$$

(La mayor de las dos desviaciones típicas S_R o S_C deberá estar en el numerador.);

d) se calculará el valor de t como sigue:

$$t = \frac{\left|x_C - x_R\right|}{\sqrt{\left(n_C - 1\right) \times s_C^2 + \left(n_R - 1\right) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times \left(n_C + n_R - 2\right)}{n_C + n_R}}$$

e) se compararán los valores calculados de F y t con los valores críticos de F y t correspondientes al número respectivo de pruebas indicadas en el cuadro que figura más adelante. Si se seleccionan tamaños de muestra mayores, se consultarán tablas estadísticas correspondientes a una significancia del 5 % (confianza del 95 %);

f) se determinarán los grados de libertad (df) de la siguiente manera:

para la prueba F: $df = n_R - 1 \,/\, n_C - 1$

para la prueba t: $df = n_C + n_R - 2$

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

Tamaño de la muestra	Prueba F		Prueba t	
	df	F_{crit}	df	t_{crit}
7	6/6	4,284	12	2,179
8	7/7	3,787	14	2,145
9	8/8	3,438	16	2,120

▼**M1**

Tamaño de la muestra	Prueba F		Prueba t	
10	9/9	3,179	18	2,101

g) se determinará la equivalencia del siguiente modo:

— si $F < F_{crit}$ **y** $t < t_{crit}$, entonces el sistema candidato es equivalente al sistema de referencia de la presente Directiva;

— si $F \geq F_{crit}$ **y** $t \geq t_{crit}$, entonces el sistema candidato es distinto del sistema de referencia de la presente Directiva.

▼B

ANEXO II

FICHA DE CARACTERÍSTICAS Nº ...

ESTABLECIDA DE CONFORMIDAD CON EL ANEXO I DE LA DIRECTIVA 70/156/CEE DEL CONSEJO SOBRE LA HOMOLOGACIÓN CE

relativa a las medidas a adoptar 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 GLP destinados a la propulsión de vehículos

(DIRECTIVA 2005/55/CE)

Tipo de vehículo/motor de origen/tipo de motor [1] .....

0. GENERALIDADES

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

0.2. Tipo y descripción comercial (menciónense las variantes): .....

0.3. Modalidad y localización del código 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 [1]

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

▶[1] 0.7. Nombre y dirección del representante del fabricante: .....◀

▶[2] 0.8.◀ Localización de las placas e inscripciones legales y método de fijación: .....

▶[3] 0.9.◀ En el caso de componentes y entidades técnicas, localización y método de fijación del distintivo de homologación CE: .....

▶[4] 0.10.◀ Dirección de la o las fábricas de montaje: .....

▶[5] 0.11. En el caso de un vehículo equipado con un sistema de diagnóstico a bordo (DAB), descripción escrita y/o plano del IMF: .....◀

Documentos anejos

1. Características esenciales del motor (de origen) e información relativa al desarrollo de las pruebas (apéndice 1)

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

3. Características esenciales de los tipos de motor de la familia (apéndice 3)

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

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

6. Dar la lista de otros posibles documentos.

Fecha, expediente

[1] Táchese lo que no proceda.

▼B

Apéndice 1

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL MOTOR (DE ORIGEN) E INFORMACIÓN RELATIVA AL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS ([1])

1. **Descripción del motor**

1.1. Fabricante: .....

1.2. Número de código del motor del fabricante: .....

1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos ([2]):

1.4. Número y disposición de los cilindros: .....

1.4.1. Diámetro interior: ..... mm

1.4.2. Carrera del pistón: ..... mm

1.4.3. Orden de encendido: .....

1.5. Volumen del motor: ..... cm^3

1.6. Relación de compresión volumétrica ([3]): .....

1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón: .....

1.8. Superficie transversal mínima de los orificios de entrada y salida: ..... cm^2

1.9. Régimen de ralentí: ..... min^{-1}

1.10. Potencia máxima neta: ..... kW a ..... min^{-1}

1.11. Régimen del motor máximo permitido: ..... min^{-1}

1.12. Par máximo neto: ..... Nm a ..... min^{-1}

1.13. *Sistema de combustión*: encendido por compresión/encendido por chispa ([2])

1.14. *Combustible*: diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol ([2])

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 ([2])

1.15.1.3. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....

1.15.1.4. Relación(es) motriz (si procede): .....

1.15.2. Aire

1.15.2.1. Ventilador: sí/no ([2])

1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....

1.15.2.3. Relación(es) motriz (si procede): .....

1.16. *Temperatura admitida por el fabricante*

1.16.1. Refrigeración por líquido: Temperatura máxima a la salida: ..... K

1.16.2. Refrigeración por aire: ..... punto de referencia: .....

Temperatura máxima en el punto de referencia: ..... K

([1]) En el caso de motores y sistemas no convencionales, el fabricante deberá facilitar las características equivalentes a las enumeradas en el presente documento.
([2]) Táchese lo que no proceda.
([3]) Especifíquese la tolerancia.

▼B

1.16.3. Temperatura máxima del aire a la salida del radiador de entrada (si procede):

..... K

1.16.4. Temperatura máxima en el o en los tubos de escape adyacentes a la o a las bridas externas del o de los colectores de escape o turbocompresor(es):

..... K

1.16.5. Temperatura del carburante: mín. ..... K, máxima: ..... K

para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores de gas, en la fase final del regulador depresión

1.16.6. Presión del carburante: mín. ..... kPa, máx. ..... kPa

en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN

1.16.7. Temperatura del lubricante: mín. ..... K, máx. ..... K

1.17. *Bomba de sobrealimentación:* sí/no ([1])

1.17.1. Marca: .....

1.17.2. Tipo: .....

1.17.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de desagüe, si procede):

.....

1.17.4. Radiador: sí/no ([1])

1.18. *Sistema de admisión*

Vacío de admisión máximo admisible para un régimen especificado del motor y a plena carga, tal y como se especifica en las condiciones de funcionamiento de la Directiva 80/1269/CEE del Consejo, de 16 de diciembre de 1980, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la potencia de los motores de los vehículos a motor ([2])

..... kPa

1.19. *Sistema de gases de escape*

Contrapresión máxima admisible de escape para un régimen especificado del motor y a plena carga, tal y como se especifica en las condiciones de funcionamiento de la Directiva 80/1269/CEE:

..... kPa

Volumen del sistema de gases de escape: ..... dm^3

►(1) 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 calibrado del software: .....◄

([1]) Táchese lo que no proceda.

([2]) DO L 375 de 31.12.1980, p. 46. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 1999/99/CE de la Comisión (DO L 334 de 28.12.1999, p. 32).

▼B

2. **Medidas adoptadas contra la contaminación ambiental**

2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y esquemas): .....

2.2. Dispositivos adicionales anticontaminación (si existen y no se han incluido en otro punto): .....

2.2.1. Catalizador: sí/no [1]

2.2.1.1. Marca(s): .....

2.2.1.2. Tipo(s): .....

2.2.1.3. Número de catalizadores y elementos: .....

2.2.1.4. Dimensiones, forma y volumen del o de los catalizadores: .....

2.2.1.5. Tipo de reacción 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 carcasa del o de los catalizadores: .....

2.2.1.11. Localización del o de los catalizadores (lugar y distancia de referencia en el conducto de escape): .....

►(1) 2.2.1.12. Rango de temperaturas normales de funcionamiento (K): .....

2.2.1.13. Reactivos consumibles (en su caso):

2.2.1.13.1. Tipo y concentración de reactivo necesarios para la acción catalítica: .....

2.2.1.13.2. Rango de temperaturas normales de funcionamiento del reactivo: .....

2.2.1.13.3. Norma internacional (en su caso): .....

2.2.1.13.4. Frecuencia de reposición del reactivo: continua/mantenimiento [1]: .....◄

2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no [1]

2.2.2.1. Marca(s): .....

2.2.2.2. Tipo: .....

2.2.2.3. Localización: .....

2.2.3. Inyección de aire: sí/no [1]

2.2.3.1. Tipo (impulsos de aire, bomba de aire, etc.): .....

[1] Táchese lo que no proceda.

▼B

2.2.4. Recirculación de los gases de escape: sí/no ([1])

►[1] 2.2.4.1. Características (marca, tipo, caudal, etc.): ..... ◄

2.2.5. Purgador de partículas: sí/no ([1])

2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del purgador de partículas: .....

2.2.5.2. Tipo y diseño del purgador de partículas: .....

2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en el conducto de escape): .....

2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o esquema: .....

►[2] 2.2.5.5. Rango de temperaturas (K) y de presiones (kPa) normales de funcionamiento: .....

2.2.5.6. En caso de regeneración periódica:

— Número de ciclos de pruebas ETC entre 2 regeneraciones (n1)

— Número de ciclos de pruebas ETC durante la regeneración (n2) ◄

2.2.6. Otros sistemas: sí/no ([1])

2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....

3. **Alimentación de carburante**

3.1. *Motores diésel*

3.1.1. Bomba de alimentación

Presión ([2]): ..... kPa o diagrama característico ([1]): .....

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. Salida: ..... mm^3 ([2]) por carrera del pistón a un régimen del motor de ..... rpm a inyección completa, o diagrama característico ([1]) ([2]): .....

Menciónese el método empleado: sobre el motor/sobre el banco de bomba ([1])

Si existe un limitador de presión de admisión, indíquese la salida del carburante característica y la presión de admisión 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 ([2]): .....

3.1.2.1.4.2. Regulación de la inyección estática ([2]): .....

3.1.2.2. Conductos de inyección

3.1.2.2.1. Longitud: ..... mm

3.1.2.2.2. Diámetro interno: ..... mm

►[3] 3.1.2.2.3. Conducto común, marca y tipo: ..... ◄

3.1.2.3. Inyector(es)

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

▼B

3.1.2.3.1. Marca(s): .....

3.1.2.3.2. Tipo(s): .....

3.1.2.3.3. «Presión de apertura» ..... kPa (2)
o diagrama característico (1) (2): .....

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 al cual se inicia el cierre de la admisión a carga completa: ..... rpm

3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: ..... rpm

3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: ..... rpm

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 de gas* (3)

3.2.1. Carburante: gas natural/GLP (1)

3.2.2. Regulador o reguladores de presión o evaporador/regulador(es) de presión (2)

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 principales de ajuste: .....

3.2.2.6. Número de puntos principales de ralentí: .....

3.2.2.7. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE (*): .....

3.2.3. Sistema de alimentación: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa (1)

3.2.3.1. Regulación de la riqueza de la mezcla: .....

3.2.3.2. Descripción del sistema y/o diagrama y esquemas: .....

3.2.3.3. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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: .....

(1) Táchese lo que no proceda.
(2) Especifíquese la tolerancia.
(3) En caso de que el sistema se haya diseñado de manera distinta, facilítese información equivalente (para el punto 3.2).
(*) Directiva 1999/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 1999, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores diésel destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos (DO L 44 de 16.2.2000, p. 1).

▼B

3.2.4.6. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

3.2.5. Inyección del colector de admisión

3.2.5.1. Inyección: monopunto/multipunto ([1])

3.2.5.2. Inyección: continua/simultánea/secuencial ([1])

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

3.2.6. Inyección directa

3.2.6.1. Bomba de inyección/regulador de presión ([1])

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 ([2]): .....

3.2.6.2.4. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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. Instalación específica para combustible de GN

3.2.8.1. Variante 1
(únicamente en el caso de las homologaciones de motores para varias composiciones específicas de carburante)

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

▼B

3.2.8.1.1.	Composición del carburante:			
	metano (CH_4):	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol
	etano (C_2H_6):	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol
	propano (C_3H_8):	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol
	butano (C_4H_{10}):	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol
	C5/C5+:	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol
	oxígeno (O_2):	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol
	inertes (N_2, He etc):	base: ..... % mol	min. ..... % mol	max. ..... % mol

3.2.8.1.2. Inyectores

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 las homologaciones de motores para varias composiciones específicas de carburante)

4. **Distribución**

4.1. Elevación máxima de válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a puntos fijos o datos equivalentes:

.....

4.2. Referencia y/o escalas de ajuste ([1]): .....

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) ([1])

5.2. Dispositivo de control del encendido

5.2.1. Marca(s): .....

5.2.2. Tipo(s): .....

5.3. Curva/mapa de avance del encendido ([1]) ([2]): .....

5.4. Regulación del encendido ([2]): ..... grados antes del PMS a un régimen de ..... rpm y a una presión del colector 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): .....

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

▼B

6. **Instalación accionada por el motor**

Cuando se presente el motor para efectuar las pruebas oportunas, deberá ir acompañado de los dispositivos auxiliares que se precisan para su funcionamiento (por ejemplo, ventilador, bomba de agua, etc.), tal y como se especifica en las condiciones de funcionamiento enunciadas en el punto 5.1.1 del anexo I de la Directiva 80/1269/CEE.

6.1. *Dispositivos auxiliares que es preciso instalar para la prueba*

Si resulta imposible o inapropiado instalar los dispositivos auxiliares en el banco de pruebas, se determinará la potencia absorbida por los mismos y se restará de la potencia del motor medida en toda la zona de operación del o de los ciclos de pruebas.

6.2. *Dispositivos auxiliares que es preciso retirar para la prueba*

Los dispositivos auxiliares que se precisen exclusivamente para el funcionamiento del vehículo (por ejemplo, el compresor de aire, el sistema de climatización, etc.) se desmontarán para la prueba. Si alguno de estos dispositivos auxiliares no se puede retirar, se determinará la potencia absorbida por los mismos y se sumará a la potencia del motor medida en toda la zona de operación del o de los ciclos de pruebas.

7. **Información suplementaria relativa a las condiciones de prueba**

7.1. *Lubricante empleado*

7.1.1. Marca: .....

7.1.2. Tipo: .....

(Indíquese el porcentaje de aceite en la mezcla en caso de que se mezclen el lubricante y el carburante): ...

.....

7.2. *Instalación accionada por el motor (si procede)*

Sólo será preciso determinar la potencia absorbida por los dispositivos auxiliares,

— si no se han instalado en el motor los dispositivos auxiliares que se precisan para su funcionamiento, y/o

— si se han instalado en el motor los dispositivos auxiliares que no se precisan para su funcionamiento.

7.2.1. Enumeración y elementos de identificación: .....

7.2.2. Potencia absorbida en los diferentes regímenes del motor indicados:

Equipo	Potencia absorbida (kW) en diferentes regímenes del motor						
	Ralentí	Régimen bajo	Régimen alto	Régimen A (1)	Régimen B (1)	Régimen C (1)	Régimen de referencia (2)
P(a) Dispositivos auxiliares que se precisan para el funcionamiento del motor (se restan de la potencia del motor medida) (punto 6.1)							
P(b) Dispositivos auxiliares que no se precisan para el funcionamiento del motor (se suman a la potencia del motor medida) (punto 6.2)							

(1) Prueba ESC.
(2) Sólo prueba ETC.

▼B

8. **Rendimiento del motor**

8.1. *Regímenes del motor* ([1])

Régimen bajo (n_{lo}): ..... rpm

Régimen alto (n_{hi}): ..... rpm

para los ciclos ESC y ELR

Ralentí: ..... rpm

Régimen A: ..... rpm

Régimen B: ..... rpm

Régimen C: ..... rpm

para el ciclo ETC

Régimen de referencia: ..... rpm

8.2. Potencia del motor (medida conforme a la Directiva 80/1269/CEE) en kW

	Régimen del motor				
	Ralentí	Régimen A ([1])	Régimen B ([1])	Régimen C ([1])	Régimen de referencia ([2])
P(m) Potencia medida en el banco de pruebas					
P(a) Potencia absorbida por los dispositivos auxiliares que es preciso instalar para la prueba (punto 6.1) — si están instalados — si no están instalados	0	0	0	0	0
P(b) Potencia absorbida por los dispositivos auxiliares que es preciso retirar para la prueba (punto 6.2) — si están instalados — si no están instalados	0	0	0	0	0
P(n) Potencia neta del motor = P(m) – P(a) + P(b)					

([1]) Prueba ESC.
([2]) Sólo prueba ETC.

([1]) Especifíquese la tolerancia, que no debe rebasar el ± 3 % de los valores declarados por el fabricante.

▼B

8.3. *Ajuste del dinamómetro (kW)*

El ajuste del dinamómetro para los ciclos ESC y ELR y para el ciclo de referencia de la prueba ETC se basará en la potencia neta del motor P(n), especificada en el punto 8.2. Se recomienda instalar el motor en el banco de pruebas en condiciones netas. En este caso, P(m) y P(n) son idénticos. Si resulta imposible o inapropiado hacer funcionar el motor en condiciones netas, el ajuste del dinamómetro se corregirá a condiciones netas mediante la fórmula anterior.

8.3.1. Pruebas ESC y ELR

El ajuste del dinamómetro se calculará mediante la fórmula que figura en el punto 1.2 del apéndice 1 del anexo III.

Porcentaje de carga	Régimen del motor			
	Ralentí	Régimen A	Régimen B	Régimen C
10	—			
25	—			
50	—			
75	—			
100				

8.3.2. Prueba ETC

Si no se prueba el motor en condiciones netas, el fabricante del motor deberá facilitar la fórmula de corrección para convertir la potencia medida o el trabajo producido durante el ciclo, determinados de conformidad con lo dispuesto en el punto 2 del apéndice 2 del anexo III, en potencia neta o trabajo neto producido durante el ciclo. Dicha fórmula debe referirse a toda la zona de operación del ciclo y precisa la aprobación del servicio técnico.

►(1) 9. **Sistema de diagnóstico a bordo (DAB)**

9.1. Descripción escrita y/o plano del IMF ([1]): .....

9.2. Lista y función de todos los componentes supervisados por el sistema DAB: .....

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

9.3.1. Motores diésel/de gas ([1]):

9.3.1.1. Supervisión del catalizador ([1]): .....

9.3.1.2. Supervisión del sistema de reducción de NO_x ([1]): .....

9.3.1.3. Supervisión del filtro de partículas diésel ([1]): .....

9.3.1.4. Supervisión del sistema electrónico de alimentación ([1]): .....

9.3.1.5. Otros componentes supervisados por el sistema DAB ([1]): .....

9.4. Criterios de activación del IMF (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico): .....

9.5. Lista de todos los códigos de salida DAB y formatos utilizados (con las explicaciones correspondientes de cada uno de ellos): .....

10. **Limitador del par motor**

10.1. Descripción de la activación del limitador del par motor

10.2. Descripción de la limitación de la curva de plena carga. ◄

►(2) ([1]) Táchese lo que no proceda. ◄

►(1) (2) M1

▼B

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 ([1]): .....

1.4. Cilindrada unitaria: .....

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: .....

1.9. Sistema de encendido (motores de gas): .....

1.10. Características diversas:

— sistema de turborrefrigeración ([1]): .....

— recirculación de los gases de escape ([1]): .....

— inyección/emulsión de agua ([1]): .....

— inyección de aire ([1]): .....

1.11. Tratamiento posterior de los gases de escape ([1]): .....

Prueba de relación idéntica (o menor para el motor de origen) entre: capacidad del sistema/salida de carburante por carrera del pistón, de acuerdo con el o los números de diagrama: .....

2. **Relación de la familia de motores**

2.1. Nombre de la familia de motores diésel: .....

2.1.1. Especificación de los motores de esta familia: .....

					Motor de origen
Tipo de motor					
Número de cilindros					
Régimen nominal (rpm)					
►(1) Caudal de combustible por carrera del pistón (mm^3) ◄					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen de par máximo (rpm)					
Salida de carburante por carrera del pistón (mm^3)					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí bajo (rpm)					
Cilindrada (en % del motor de origen)					100

([1]) Si no procede, escríbase n.p.

►(1) M1

▼B

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

2.2.1. Especificación de los motores de esta familia: .....

					Motor de origen
Tipo de motor					
Número de cilindros					
Régimen nominal (rpm)					
Salida de carburante por carrera del pistón (mg)					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen de par máximo (rpm)					
Salida de carburante por carrera del pistón (mm^3)					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí bajo (rpm)					
Cilindrada (en % del motor de origen)					100
Regulación de la chispa					
Caudal de recirculación de los gases de escape					
Bomba de aire sí/no					
Caudal efectivo de la bomba de aire					

▼B

Apéndice 3

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL TIPO DE MOTOR DE LA FAMILIA [1]

1.	**Descripción del motor**
1.1.	Fabricante: .....
1.2.	Número de código del motor del fabricante: .....
1.3.	Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos [2]
1.4.	Número y disposición de los cilindros: .....
1.4.1.	Diámetro interior: ..... mm
1.4.2.	Carrera del pistón: ..... mm
1.4.3.	Orden de encendido: .....
1.5.	Volumen del motor: ..... cm^3
1.6.	Relación de compresión volumétrica [3]: .....
1.7.	Dibujo(s) de la cámara de combustión y la corona del pistón: .....
1.8.	Superficie transversal mínima de los orificios de entrada y salida: ..... cm^2
1.9.	Régimen de ralentí: ..... min^{-1}
1.10.	Potencia máxima neta: ..... kW a ..... min^{-1}
1.11.	Régimen del motor máximo permitido: ..... min^{-1}
1.12.	Par máximo neto: ..... Nm a ..... min^{-1}
1.13.	*Sistema de combustión:* encendido por compresión/encendido por chispa [2]
1.14.	*Combustible*: diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol [2]
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 [2]
1.15.1.3.	Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
1.15.1.4.	Relación(es) motriz (si procede): .....
1.15.2.	Aire
1.15.2.1.	Ventilador: sí/no [2]
1.15.2.2.	Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
1.15.2.3.	Relación(es) motriz (si procede): .....
1.16.	*Temperatura admitida por el fabricante*
1.16.1.	Refrigeración por líquido: temperatura máxima a la salida: ..... K
1.16.2.	Refrigeración por aire: .....
	punto de referencia: .....

[1] A presentar para cada motor de la familia.
[2] Táchese lo que no proceda.
[3] Especifíquese la tolerancia.

▼B

Temperatura máxima en el punto de referencia: ..... K

1.16.3. Temperatura máxima del aire a la salida del radiador de entrada (si procede): ..... K

1.16.4. Temperatura máxima en el o en los tubos de escape adyacentes a la o a las bridas externas del o de los colectores de escape o turbocompresor(es): ..... K

1.16.5. Temperatura del carburante: mín. ..... K, máx. ..... K

para motores diésel en la entrada de la bomba de inyección, y para motores de gas alimentados con GN en la fase final del regulador de presión

1.16.6. Presión del carburante: mín.: ..... kPa, máx.: ..... kPa

en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN

1.16.7. Temperatura del lubricante: mín.: ..... K, máx.: ..... K

1.17. *Bomba de sobrealimentación:* sí/no [1]

1.17.1. Marca: .....

1.17.2. Tipo: .....

1.17.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de desagüe, si procede):

.....

1.17.4. Radiador: sí/no [1]

1.18. *Sistema de admisión*

Vacío de admisión máximo admisible para un régimen especificado del motor y a plena carga tal y como se especifica en las condiciones de funcionamiento de la Directiva 80/1269/CEE:

..... kPa

1.19. *Sistema de gases de escape*

Contrapresión máxima admisible de escape para un régimen especificado del motor y a plena carga, tal y como se especifica en las condiciones de funcionamiento de la Directiva 80/1269/CEE:

..... kPa

Volumen del sistema de gases de escape: .....cm^3

►(1) 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 calibrado del software: .....◄

[1] Táchese lo que no proceda.

►(1) M1

▼B

2.	**Medidas adoptadas contra la contaminación ambiental**
2.1.	Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y esquemas): .....
	.....
2.2.	Dispositivos adicionales anticontaminación (si existen y no se han incluido en otro punto) .....
2.2.1.	Catalizador: sí/no [1]
2.2.1.1.	Marca(s): .....
2.2.1.2.	Tipo(s): .....
2.2.1.3.	Número de catalizadores y elementos: .....
2.2.1.4.	Dimensiones, forma y volumen del o de los catalizadores: .....
2.2.1.5.	Tipo de reacción catalítica: .....
2.2.1.6.	Carga total de metales preciosos: .....
2.2.1.8.	Sustrato (estructura y material): .....
2.2.1.9.	Densidad celular: .....
2.2.1.10.	Dimensiones, forma y volumen del o de los catalizadores: .....
2.2.1.11.	Localización (distancia de referencia en el conducto de escape): .....
	.....
►(1) 2.2.1.12.	Rango de temperaturas normales de funcionamiento (K): .....
2.2.1.13.	Reactivos consumibles (en su caso):
2.2.1.13.1.	Tipo y concentración de reactivo necesarios para la acción catalítica: .....
2.2.1.13.2.	Rango de temperaturas normales de funcionamiento del reactivo: .....
2.2.1.13.3.	Norma internacional (en su caso): .....
2.2.1.13.4.	Frecuencia de reposición del reactivo: continua/mantenimiento [1]: ◄
2.2.2.	Sensor de oxígeno: sí/no [1]
2.2.2.1.	Marca: .....
2.2.2.2.	Tipo: .....
2.2.2.3.	Localización: .....
2.2.3.	Inyección de aire: sí/no [1]
2.2.3.1.	Tipo (impulsos de aire, bomba de aire, etc.): .....

[1] Táchese lo que no proceda.

►(1) M1

▼B

2.2.4.	Recirculación de los gases de escape: sí/no ([1])	
►(1) 2.2.4.1.	Características (marca, tipo, caudal, etc.):	◄
2.2.5.	Purgador de partículas: sí/no ([1])	
2.2.5.1.	Dimensiones, forma y capacidad del purgador de partículas:	
2.2.5.2.	Tipo y diseño del purgador de partículas:	
2.2.5.3.	Localización (distancia de referencia en el conducto de escape):	
2.2.5.4.	Método o sistema de regeneración, descripción y/o esquema:	
	.....	
►(2) 2.2.5.5.	Rango de temperaturas (K) y de presiones (kPa) normales de funcionamiento:	
2.2.5.6.	En caso de regeneración periódica:	
	— Número de ciclos de pruebas ETC entre 2 regeneraciones (n1)	
	— Número de ciclos de pruebas ETC durante la regeneración (n2)	◄
2.2.6.	Otros sistemas: sí/no ([1])	
2.2.6.1.	Descripción y funcionamiento:	
3.	**Alimentación de carburante**	
3.1.	*Motores diésel*	
3.1.1.	Bomba de alimentación	
	Presión ([2]): ..... kPa o diagrama característico ([1]):	
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.	Salida: ..... mm^3 ([2]) por carrera del pistón a un régimen del motor de ..... rpm a inyección completa, o diagrama característico ([1]) ([2]):	
	Menciónese el método empleado: sobre el motor/sobre el banco de bomba ([1])	
	Si existe un limitador de presión de admisión, indíquese la salida del carburante característica y la presión de admisión 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 ([2]):	
3.1.2.1.4.2.	Regulación de la inyección estática ([2]):	
3.1.2.2.	Conductos de inyección	
3.1.2.2.1.	Longitud: ..... mm	
3.1.2.2.2.	Diámetro interno: ..... mm	
►(3) 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 ([2]) o diagrama característico ([1]) ([2]):	

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

▼B

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 al cual se inicia el cierre de la admisión a carga completa: ..... rpm

3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: ..... rpm

3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: ..... rpm

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 de gas* (1)

3.2.1. Carburante: Gas natural/GLP (2)

3.2.2. Regulador o reguladores de presión o evaporador/regulador(es) de presión (3)

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 principales de ajuste: .....

3.2.2.6. Número de puntos de ajuste de ralentí: .....

3.2.2.7. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

3.2.3. Sistema de alimentación: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa (2)

3.2.3.1. Regulación de la riqueza de la mezcla: .....

3.2.3.2. Descripción del sistema y/o diagrama y esquemas: .....

3.2.3.3. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

3.2.5. Inyección del colector de admisión

3.2.5.1. Inyección: monopunto/multipunto (2)

3.2.5.2. Inyección: continua/simultánea/secuencial (2)

3.2.5.3. Equipo de inyección

(1) En caso de que el sistema se haya diseñado de manera distinta, facilítese información equivalente (para el punto 3.2).
(2) Táchese lo que no proceda.
(3) Especifíquese la tolerancia.

▼B

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

3.2.6. Inyección directa

3.2.6.1. Bomba de inyección/regulador de presión ([1])

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 certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

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 ([2]): .....

3.2.6.2.4. Número de certificado de conformidad con la Directiva 1999/96/CE: .....

3.2.7. Unidad electrónica de control

3.2.7.1. Marca(s): .....

3.2.7.2. Tipo(s): .....

3.2.7.3. Posibilidades de ajuste: .....

3.2.8. Instalación específica para combustible de GN

3.2.8.1. Variante 1

(únicamente en el caso de las homologaciones de motores para varias composiciones específicas de carburante)

3.2.8.1.1. Composición del carburante

metano (CH_4):	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol
etano (C_2H_6):	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol
propano (C_3H_8):	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol
butano (C_4H_{10}):	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol
C5/C5+:	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol
oxígeno (O_2):	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol
inertes (N_2, He, etc.):	base: ..... % mol:	mín.: ..... % mol:	máx.: ..... % mol

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

▼B

3.2.8.1.2. Inyectores

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 las homologaciones de motores para varias composiciones específicas de carburante)

4. **Distribución**

4.1. Elevación máxima de válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a puntos fijos de datos equivalentes:

.....

4.2. Referencia y/o escalas de ajuste ([1]): .....

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) ([1])

5.2. *Dispositivo de control del encendido*

5.2.1. Marca(s): .....

5.2.2. Tipo(s): .....

5.3. Curva/mapa de avance del encendido ([1]) ([2]): .....

5.4. Regulación del encendido ([1]): ..... grados antes del PMS a un régimen de ..... rpm y a una presión del colector 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): .....

►(1) 6. **Sistema de diagnóstico a bordo (DAB)**

6.1. Descripción escrita y/o plano del IMF ([1]): .....

6.2. Lista y función de todos los componentes supervisados por el sistema DAB: .....

6.3. Descripción escrita (principios generales de funcionamiento del DAB) para: .....

6.3.1. Motores diésel/de gas ([1]):

6.3.1.1. Supervisión del catalizador ([1]): .....

6.3.1.2. Supervisión del sistema de reducción de NO_x ([1]): .....

6.3.1.3. Supervisión del filtro de partículas diésel ([1]): .....

6.3.1.4. Supervisión del sistema electrónico de alimentación ([1]): .....

6.3.1.5. Otros componentes supervisados por el sistema DAB ([1]): .....

6.4. Criterios para la activación del IMF (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico): .....

6.5. Lista de todos los códigos de salida DAB y formatos utilizados (con las explicaciones correspondientes de cada uno de ellos): .....

7. **Limitador del par motor**

7.1. Descripción de la activación del limitador del par motor

7.2. Descripción de la limitación de la curva de plena carga ◄

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

▼B

Apéndice 4

CARACTERÍSTICAS DE LAS PIEZAS DEL VEHÍCULO RELACIONADAS CON EL MOTOR

1. Presión negativa del sistema de admisión para un régimen especificado del motor y a plena carga: ..... kPa

2. Contrapresión del sistema de gases de escape para un régimen especificado del motor y a plena carga: ..... kPa

3. Volumen del sistema de gases de escape: ..... cm^3

4. Potencia absorbida por los dispositivos auxiliares que se precisan para el funcionamiento del motor, tal y como se definen en las condiciones de funcionamiento de la Directiva 80/1269/CEE, anexo I, punto 5.1.1.

Equipo	Potencia absorbida (kW) en diferentes regímenes del motor						
	Ralentí	Régimen bajo	Régimen alto	Régimen A (1)	Régimen B (1)	Régimen C (1)	Régimen de referencia (2)
P(a) Dispositivos auxiliares que se precisan para el funcionamiento del motor (se restan de la potencia del motor medida) (punto 6.1 del apéndice 1)							

(1) Prueba ESC.
(2) Sólo prueba ETC.

▼M1

Apéndice 5

INFORMACION RELATIVA AL SISTEMA DAB

1. Con arreglo a lo previsto en el anexo IV, punto 5, de la Directiva 2005/78/CE, el fabricante del vehículo proporcionará la siguiente información adicional para permitir la fabricación de piezas de recambio y de mantenimiento compatibles con el DAB, herramientas de diagnosis y equipos de prueba, salvo que dicha información esté protegida por derechos de propiedad intelectual o constituya un conjunto de conocimientos técnicos específicos (*know-how*) de los fabricantes o de los proveedores del fabricante del equipo original (OEM).

   Cuando corresponda, la información que se facilita en el presente punto deberá repetirse en el apéndice 2 del certificado de homologación de tipo CE (véase el anexo VI de la presente Directiva).

1.1. Una descripción del tipo y número de ciclos de preacondicionamiento utilizados para la homologación de tipo original del vehículo.

1.2. Una descripción del tipo de ciclo de demostración del sistema DAB utilizado para la homologación original del vehículo en lo relativo al componente supervisado por el sistema DAB.

1.3. Una lista exhaustiva de todos los componentes captados por el dispositivo de detección de errores y de activación del IMF (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico), incluida la lista de parámetros secundarios pertinentes captados para cada uno de los componentes supervisados por el sistema DAB. Una lista de todos los códigos de salida DAB y formatos utilizados (junto con una explicación para cada uno de ellos) para los distintos componentes del grupo motopropulsor relacionados con las emisiones así como para componentes individuales no relacionados con las emisiones, cuando la supervisión del componente se utiliza para determinar la activación del IMF.

1.3.1. La información requerida en este punto se podrá comunicar, por ejemplo, en forma de un cuadro como el siguiente, que se adjuntará al presente anexo:

Componente	Código de error	Estrategia de supervisión	Criterio de detección de errores	Criterios de activación del IMF	Parámetros secundarios	Preacondicionamiento	Prueba de demostración
Catalizador SCR	Pxxxx	Señales de los sensores de NO_x 1 y 2	Diferencia entre las señales de los sensores1y2 3.er ciclo	Régimen del motor, carga del motor, temperatura del catalizador, actividad del reactivo	Tres ciclos de pruebas DAB (3 ciclos cortos ESC)	Ciclo de pruebas DAB (ciclo corto ESC)	

1.3.2. La información requerida por el presente apéndice podrá limitarse a la lista completa de los códigos de error registrados por el sistema DAB en aquellos casos en no sea aplicable el anexo IV, punto 5.1.2.1, de la Directiva 2005/78/CE, como en el caso de las piezas de recambio o mantenimiento. Esta información podrá comunicarse, por ejemplo, completando las dos primeras columnas del cuadro del punto 1.3.1 anterior.

   Se pondrá a disposición del organismo competente en materia de homologaciones el expediente de homologación completo, como parte del material adicional solicitado en el anexo I, punto 6.1.7.1, de la presente Directiva, titulado «Requisitos relativos a la documentación».

1.3.3. La información requerida en el presente punto deberá repetirse en el apéndice 2 del certificado de homologación de tipo CE (véase el anexo VI de la presente Directiva).

   Cuando no sea aplicable el anexo IV, punto 5.1.2.1, de la Directiva 2005/78/CE en el caso de piezas de recambio o de servicio, la información proporcionada en el apéndice 2 del certificado de homologación de tipo CE (anexo VI de la presente Directiva) puede limitarse a la mencionada en el punto 1.3.2.

▼B

ANEXO III

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El presente anexo describe los métodos que deberán aplicarse para determinar las emisiones de gases contaminantes, partículas y humos de los motores sometidos a prueba. Se describen tres ciclos de pruebas que deberán aplicarse de conformidad con el punto 6.2. del anexo I:

— el ciclo ESC, que consiste en un ciclo de estado continuo de 13 fases,

— el ciclo ELR, que consiste en fases de carga transitorias a diferentes regímenes del motor, que forman parte de un mismo procedimiento de prueba y tienen lugar simultáneamente;

— el ciclo ETC, que consiste en una secuencia segundo a segundo de fases transitorias.

1.2. La prueba se efectuará con el motor instalado en un banco de pruebas y acoplado a un dinamómetro.

1.3. **Principio de medición**

Las emisiones a medir en los gases de escape de un motor incluyen los gases contaminantes (hidrocarburos en el caso de motores diésel y motores de gas alimentados con GLP, e hidrocarburos no metánicos en el caso de motores de gas alimentados con GN, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno), las partículas (exclusivamente los motores diésel), y los humos (motores diésel en la prueba ELR exclusivamente). Asimismo, a menudo se utiliza el dióxido de carbono como gas indicador para determinar la relación de dilución de sistemas de dilución con y sin reducción del caudal. La buena práctica recomienda la medición general de dióxido de carbono como una herramienta excelente para la detección de problemas de medición durante la prueba de funcionamiento continuo.

▼M1

1.3.1. *Prueba ESC*

A lo largo de una secuencia prescrita de condiciones de funcionamiento del motor caliente, las cantidades de dichas emisiones de escape se determinarán de forma continua tomando una muestra del gas de escape diluido o sin diluir. El ciclo de pruebas consistirá en un número determinado de fases de régimen y de potencia que cubren el rango típico de las condiciones de funcionamiento de los motores diésel. Durante cada fase, se determinará la concentración de cada gas contaminante, el caudal de gas de escape y la potencia suministrada, 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 presente anexo, apéndice 1. Asimismo, se medirán los NO_x en tres puntos de prueba de la zona de control seleccionada por el servicio técnico y los valores determinados se compararán con los valores calculados a partir de las fases del ciclo de pruebas que abarquen los puntos de prueba seleccionados. El control de NO_x garantizará la eficacia del control de emisiones del motor dentro del rango típico de las condiciones de funcionamiento del motor.

▼B

1.3.2. *Prueba ELR*

A lo largo de una prueba prescrita de respuesta bajo carga, los humos de un motor caliente se determinarán por medio de un opacímetro. La prueba consiste en cargar el motor a un régimen constante de un 10 % a un 100 % de carga a tres regímenes del motor distintos. Asimismo, se probará el motor con una cuarta fase de carga seleccionada por el servicio técnico. ([1]) El valor de esta cuarta fase de carga se comparará con los valores de las anteriores fases de carga. El pico de emisión de humos se determinará por medio de un algoritmo promediador, como se describe en el apéndice 1 del presente anexo.

([1]) Los puntos de prueba deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de distribución aleatoria homologados.

▼M1

1.3.3. *Prueba 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 arriba mencionados tras diluir el gas de escape total con aire ambiente acondicionado (sistema CVS con dilución doble para partículas) o determinando los componentes gaseosos en el gas de escape sin diluir y las partículas con un sistema de dilución de flujo parcial. Utilizando las señales de retorno de par y de régimen del dinamómetro del motor, se integrará la potencia con respecto a la duración del ciclo, con lo que se obtendrá el trabajo producido por el motor a lo largo del ciclo. En el caso de un sistema CVS, se determinará la concentración de NO_x y de HC a lo largo del ciclo integrando la señal del analizador, mientras que la concentración de CO, CO_2, y NMHC podrá determinarse integrando la señal del analizador o tomando muestras con bolsas. Si se miden en el gas de escape sin diluir, todos los componentes gaseosos se determinarán a lo largo del ciclo integrando 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 sin diluir a lo largo del ciclo, con el fin de calcular los valores de emisión másica de los contaminantes. Dichos valores de emisión másica se compararán con el trabajo del motor, a fin de calcular la cantidad de cada contaminante emitido en gramos por kilovatio hora, según el método descrito en el presente anexo, apéndice 2.

▼B

2. CONDICIONES DE PRUEBA

▼M1

2.1. **Condiciones de prueba del motor**

2.1.1. Se medirá la temperatura absoluta (T_a) del aire del motor en el punto de entrada, expresada en grados Kelvin, y la presión atmosférica seca (p_s), expresada en kPa, y se determinará el parámetro f_a con arreglo a las disposiciones siguientes. En el caso de motores de varios cilindros que posean distintos grupos de colectores, como por ejemplo motores en «V», se tomará la temperatura media de los distintos grupos.

a) Para motores de encendido por compresión:

Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

$$\mathrm{fa} = \left(\frac{99}{\mathrm{p_s}}\right) \times \left(\frac{\mathrm{Ta}}{298}\right)^{0,7}$$

Motores con turbocompresor con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$\mathrm{fa} = \left(\frac{99}{\mathrm{p_s}}\right)^{0,7} \times \left(\frac{\mathrm{Ta}}{298}\right)^{1,5}$$

b) Para motores de encendido por chispa:

$$\mathrm{fa} = \left(\frac{99}{\mathrm{p_s}}\right)^{1,2} \times \left(\frac{\mathrm{Ta}}{298}\right)^{0,6}$$

2.1.2. *Validez de la prueba*

Para que una prueba se considere válida, el factor f_a deberá ser tal que:

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

▼B

2.2. **Motores turborrefrigerados**

Se registrará la temperatura del aire del turbocompresor, el cual deberá estar, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, a ± 5

▼B

K de la temperatura máxima del aire del turbocompresor especificada en el punto 1.16.3 del apéndice 1 del anexo II. La temperatura mínima del agente refrigerante será de 293 K (20 °C).

Si se utiliza un sistema de control en taller o un ventilador externo, la temperatura del aire del turbocompresor deberá estar a ± 5 K de la temperatura máxima del aire del turbocompresor especificada en el punto 1.16.3 del apéndice 1 del anexo II, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. El valor de configuración del turborrefrigerador para cumplir las condiciones arriba expuestas no se controlará y se utilizará durante todo el ciclo de prueba.

2.3. **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 de ± 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 de ± 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 de ± 40 % del especificado por el fabricante. Podrá utilizarse un sistema de control en taller, 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 punto 3.4 del apéndice 4 del anexo III y en los puntos 2.2.1, EP y 2.3.1, EP del anexo V.

Si el motor incorpora un dispositivo de tratamiento posterior de los gases de escape, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que el existente en un punto situado a una distancia de al menos 4 diámetros de tubo más arriba, en dirección a la entrada del comienzo de la sección de expansión donde se encuentra el dispositivo de tratamiento posterior de los gases de escape. La distancia entre la brida del colector de escape o salida del turbocompresor y el dispositivo será la misma que la indicada en la configuración del vehículo o en las especificaciones de distancia del fabricante. La contrapresión o limitación de caudal de los gases de escape se regirá por estos mismos criterios y podrá regularse con una válvula. El contenedor de tratamiento posterior podrá retirarse durante las pruebas simuladas y el análisis gráfico del motor, para sustituirse con un contenedor equivalente que incorpore un portacatalizador inactivo.

2.5. **Sistema de refrigeración**

Se utilizará un sistema de refrigeración del motor que posea la suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas normales de funcionamiento prescritas por el fabricante.

2.6. **Aceite lubricante**

Las especificaciones del aceite lubricante utilizado para la prueba se registrarán y se presentarán junto con los resultados de la prueba, tal y como se especifica en el punto 7.1 del apéndice 1 del anexo II.

2.7. **Carburante**

Se utilizará el carburante de referencia especificado en el anexo IV.

El fabricante especificará la temperatura y el punto de medición del carburante dentro de los límites indicados en el punto 1.16.5 del apéndice 1 del anexo II. La temperatura del carburante no será inferior a 306 K (33 °C). A menos que se especifique un valor concreto, será de 311 K ± 5 K (38 °C ± 5 °C) en la entrada de la alimentación de carburante.

Para los motores alimentados con GN y GLP, la temperatura del carburante y el punto de medición se situarán entre los límites indicados en el punto 1.16.5 del apéndice 1 del anexo II o en el punto 1.16.5 del apéndice 3 del anexo II en los casos en que el motor no sea un motor de origen.

▼M1

2.8. Si el motor incorpora un sistema de postratamiento de los gases de escape, las emisiones medidas en el ciclo de pruebas deberán ser representativas de las emisiones que se produzcan en condiciones reales de uso. En el caso de un motor equipado con un sistema de postratamiento que requiera el consumo de un reactivo, el reactivo utilizado para todas las

▼M1

pruebas se ajustará a lo dispuesto en elanexo II, apéndice 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 la prueba ETC y el fabricante declarará las condiciones normales en las que dicha regeneración se realiza (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.).

Para comprobar el proceso de regeneración, se realizará un mínimo de 5 pruebas ETC. Durante las pruebas, se registrará la presión y la temperatura de los gases 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 durante la prueba por un período de tiempo suficiente.

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

Si el postratamiento de los gases de escape dispone de una fase de seguridad que cambia a una fase de regeneración periódica, se la someterá a prueba con arreglo a lo dispuesto en el punto 2.8.2. En este caso específico, se podrán superar los límites de emisión que figuran en el anexo I, cuadro 2, que no serán ponderados.

2.8.2. Para el postratamiento de los gases de escape basado en un proceso de regeneración periódica, las emisiones se medirán en un mínimo de dos pruebas ETC, una durante y otra fuera de la regeneración en un sistema de postratamiento estabilizado, y los resultados se ponderarán.

El proceso de regeneración se producirá un mínimo de una vez durante la prueba ETC. El motor podrá estar equipado con un interruptor que pueda impedir o permitir la ejecución del proceso de regeneración, siempre que esta operación no repercuta en el calibrado original del motor.

El fabricante declarará las condiciones correspondientes a los parámetros normales en las que se produce el proceso de regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.), y su duración (n2). También proporcionará todos los datos para determinar el período entre dos regeneraciones (n1). El fabricante del motor y el servicio técnico acordarán el procedimiento exacto para determinar dicho período basándose en criterios técnicos bien fundados.

El fabricante proporcionará un sistema de postratamiento que haya sido cargado con el fin de conseguir la regeneración durante una prueba 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 varias pruebas ETC aproximadamente equidistantes. Se recomienda realizar al menos una ETC con la menor antelación posible a una prueba de regeneración y una ETC inmediatamente después de una prueba de regeneración. Como alternativa, el fabricante podrá proporcionar datos para mostrar que las emisiones permanecen constantes (± 15 %) entre fases de regeneración. En este caso, podrán utilizarse las emisiones de tan sólo una prueba ETC.

Durante la prueba de regeneración, se registrarán todos los datos necesarios para detectar la regeneración (emisiones de CO y NO_x, temperatura antes y después del sistema de postratamiento, contrapresión de escape, etc.).

Durante el proceso de regeneración, pueden superarse los límites de emisión establecidos en el anexo I, cuadro 2.

Las emisiones medidas se ponderarán con arreglo al presente anexo, apéndice 2, puntos 5.5 y 6.3, y el resultado final no superará los límites que figuran en el anexo I, cuadro 2.

▼B

Apéndice 1

CICLOS DE PRUEBA ESC Y ELR

1. VALORES DE AJUSTE 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 lo siguiente:

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

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

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

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

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

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

a) de conformidad con la Directiva 80/1269/CEE se medirán puntos de prueba adicionales durante la homologación de la potencia del motor, a fin de determinar con precisión n_{hi} y n_{lo}. La potencia máxima, n_{hi} y n_{lo} se determinarán a partir de la curva de potencia, y los regímenes del motor A, B y C se calcularán de conformidad con lo arriba expuesto;

b) se analizará gráficamente el motor por toda la curva de plena carga, desde el régimen máximo sin carga hasta el régimen de ralentí, utilizando al menos 5 puntos de medición en intervalos de 1000 rpm y puntos de medición a ± 50 rpm del régimen a la potencia máxima declarada. La potencia máxima, n_{hi} y n_{lo} se determinarán a partir de esta curva de representación gráfica, y los regímenes del motor A, B y C se calcularán de conformidad con lo arriba expuesto.

Si los regímenes del motor medidos A, B y C presentan una desviación no superior al ± 3 % de los regímenes del motor declarados por el fabricante, serán estos regímenes del motor declarados los que se utilicen para la prueba de emisiones. Si se rebasa el límite de tolerancia de cualquiera de los regímenes del motor, serán los regímenes del motor medidos los que se utilicen para la prueba de emisiones.

1.2. **Determinación de los valores de ajuste del dinamómetro**

La curva de par de giro a plena carga se determinará mediante experimentación para calcular los valores de par para las fases de prueba especificadas en condiciones netas, tal y como se especifica en el punto 8.2. del apéndice 1 del anexo II. Se tendrá en cuenta la potencia absorbida por la instalación accionada por el motor, si procede. El valor de ajuste del dinamómetro para cada una de las fases de prueba se calculará mediante la fórmula:

s = P(n) × (L/100) si la prueba se efectúa en condiciones netas

s = P(n) × (L/100) + (P(a) - P(b)) si la prueba no se efectúa en condiciones netas

donde

s = valor de ajuste del dinamómetro, en kW,

▼B

P(n) = potencia neta del motor, indicada en el punto 8.2 del apéndice 1 del anexo II, en kW,

L = porcentaje de carga, indicado en el punto 2.7.1, en %,

P(a) = potencia absorbida por los dispositivos auxiliares que es preciso instalar, como se indica en el punto 6.1 del apéndice 1 del anexo II,

P(b) = potencia absorbida por los dispositivos auxiliares que es preciso retirar, como se indica en el punto 6.2 del apéndice 1 del anexo II.

2. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO ESC

A petición del fabricante, podrá efectuarse una prueba simulada para acondicionar el motor y el sistema de escape antes del ciclo de medición.

▼M1

2.1. **Preparación de los filtros de muestreo**

Al menos una hora antes de la prueba, se introducirá cada filtro en una caja de petri, parcialmente cubierta, que esté protegida de la contaminación por polvo, y se colocará en una cámara de pesado para su estabilización. Una vez finalizado el período de estabilización, se pesará cada uno de los filtros y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro en una caja de petri cerrada o en un portafiltros sellado hasta que se precise para la prueba. El filtro se utilizará en el plazo de ocho horas después de que se extraiga de la cámara de pesado. Se registrará la tara.

▼B

2.2. **Instalación del equipo de medición**

Los instrumentos y sondas de muestreo se instalarán según sea necesario. Cuando se utilice un sistema de dilución sin reducción del caudal para la dilución del gas de escape, se conectará el tubo de escape 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 normas de buena práctica.

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

Inicialmente, el sistema de muestreo de partículas se podrá en marcha 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 de la prueba. Si el aire de dilución no se filtra, podrán efectuarse mediciones al principio y al final del ciclo, y calcular el promedio de los valores obtenidos.

2.5. **Ajuste de la relación de dilución**

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

Para los sistemas que utilicen la medición de la concentración de CO_2 o de NO_x para controlar la relación de dilución, es preciso medir el contenido de CO_2 o de NO_x en el aire de dilución al principio y al final de cada prueba. La diferencia máxima entre las mediciones de la concentración de fondo de CO_2 o NO_x en el aire de dilución, efectuadas antes y después de la prueba, será igual o inferior a 100 ppm o 5 ppm, respectivamente.

2.6. **Verificación de los analizadores**

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

▼B

2.7. **Ciclo de prueba**

2.7.1. *Se seguirá el siguiente ciclo de 13 fases para el funcionamiento del dinamómetro en el motor de prueba:*

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
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 prueba*

Se iniciará la secuencia de prueba. Las diferentes fases de la prueba seguirán el orden establecido en el punto 2.7.1.

Se hará funcionar el motor durante el tiempo prescrito para cada fase, debiéndose alcanzar el régimen del motor y efectuar los cambios de carga en los primeros 20 segundos. El régimen especificado se mantendrá con una desviación máxima de ± 50 rpm y el par especificado se mantendrá a ± 2 % del par máximo al régimen de ensayo.

A petición del fabricante, la secuencia de prueba podrá repetirse un número suficiente de veces para tomar muestras de más cantidad de masa de partículas en el filtro. El fabricante facilitará una descripción detallada de los procedimientos de cálculo y evaluación de datos. Las emisiones de gases sólo se determinarán en el primer ciclo.

2.7.3. *Respuesta de los analizadores*

La información de salida de los analizadores se registrará en un registrador de banda o se medirá con un sistema equivalente de adquisición de datos, mientras el gas de escape circula a través de los analizadores durante el ciclo de prueba.

▼M1

2.7.4. *Muestreo de partículas*

Se utilizará un solo filtro para todo el procedimiento de prueba. Se tendrán en cuenta los factores de ponderación modal especificados en el procedimiento del ciclo de pruebas, tomando una muestra proporcional al caudal másico de escape durante cada fase del ciclo. Para ello es preciso ajustar el caudal y el tiempo de muestreo y/o la relación de dilución, de modo que se cumpla el criterio de los factores de ponderación efectivos que se menciona en el punto 5.6.

El tiempo de muestreo para cada fase será de al menos 4 segundos para un factor de ponderación de 0,01. El muestreo tendrá lugar lo más tarde posible en cada fase. El muestreo de partículas concluirá como máximo 5 segundos antes del final de cada fase.

▼B

2.7.5. *Condiciones del motor*

A lo largo de cada fase se registrará el régimen y la carga del motor, la temperatura y presión negativa del aire de admisión, la temperatura y contrapresión de los gases de escape, el caudal de carburante y el caudal de aire o gas de escape, la temperatura del aire del turbocompresor, y la temperatura y la humedad del carburante. Los requisitos de régimen y de carga (véase el punto 2.7.2) se cumplirán durante el muestreo de partículas, y en todo caso durante el último minuto de cada fase.

▼B

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

2.7.6. *Medición de NO_x en la zona de control*

La medición de 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 ([1]). Cada medición tendrá una duración de 2 minutos.

El procedimiento de medición es idéntico al de medición de NO_x en el ciclo de 13 fases, y se efectuará 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 del anexo III.

Los cálculos se efectuarán según lo indicado en el punto 4.

2.7.7. *Segunda verificación de los analizadores*

Una vez finalizada la prueba de emisiones se utilizarán un gas de puesta a cero y el mismo gas de ajuste de la sensibilidad para efectuar una segunda verificación. Se considerará que la prueba es aceptable si la diferencia entre los resultados obtenidos antes y después de la prueba es inferior al 2 % del valor del gas de ajuste de la sensibilidad.

3. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO 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 tratamiento posterior de los gases 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, en su caso, los requisitos del punto 10 de la norma ISO IDS 11614.

Antes de proceder a la comprobación del cero y del valor límite de escala, se calentará y estabilizará el opacímetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante del instrumento. Si el opacímetro incorpora un sistema de barrido por aire para impedir las deposiciones de hollín en los componentes ópticos de medición, este sistema se activará y se ajustará también según las recomendaciones del fabricante.

3.2. **Verificación del opacímetro**

La comprobación del cero y del valor límite de escala se efectuarán en el modo de lectura de opacidad, ya que la escala de opacidad ofrece dos puntos de calibrado realmente definibles, que son el 0 % de opacidad y el 100 % de opacidad. A continuación se calcula correctamente el coeficiente de absorción de la luz en base a la opacidad medida y a la L_A, facilitada por el fabricante del opacímetro, cuando el instrumento se pone de nuevo en el modo de lectura k para realizar la prueba.

Si no se bloquea el haz luminoso del opacímetro, se ajustará la lectura al 0,0 % ± 1,0 % de opacidad. Si la luz no llega al receptor, la lectura se ajustará al 100,0 % ± 1,0 % de opacidad.

3.3. **Ciclo de prueba**

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 de conformidad con las recomendaciones del fabricante. Con esta fase de preacondicionamiento se pretende también proteger la medición real de la influencia de los depósitos que puedan haberse acumulado en el sistema de escape durante una prueba anterior.

Una vez estabilizado el motor, se iniciará el ciclo 20 ± 2 s después de la fase de preacondicionamiento. A petición del fabricante, podrá efectuarse una prueba simulada para acondicionar mejor el motor antes del ciclo de medición.

([1]) Los puntos de prueba deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de distribución aleatoria homologados.

▼B

3.3.2. *Secuencia de prueba*

La prueba consiste 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 en el punto 1.1 del anexo III, seguidas del ciclo 4 a un régimen dentro de la zona de control y con un carga de entre el 10 % y el 100 %, seleccionada por el servicio técnico ([1]). Se seguirá la siguiente secuencia de funcionamiento del dinamómetro en el motor que se somete a la prueba, como se muestra en la figura 3.

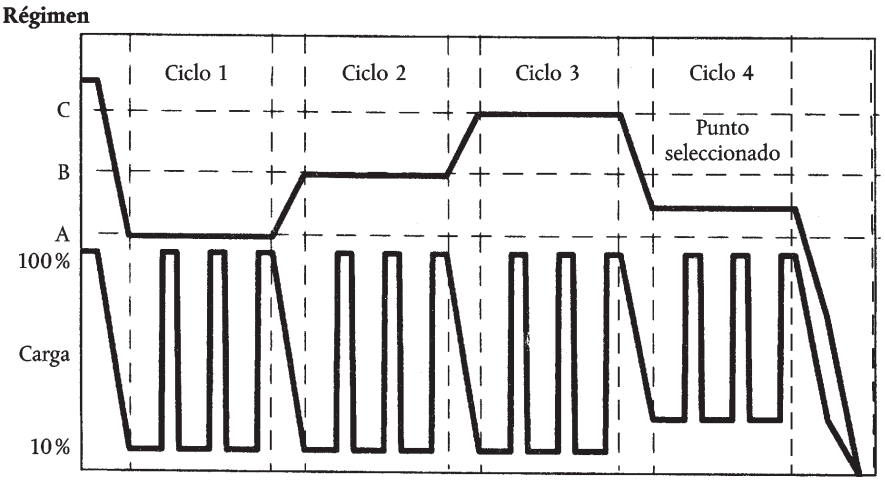


Figura 3

Secuencia de la prueba ELR

a) El motor se hará funcionar al régimen A del motor y a una carga del 10 % durante 20 ± 2 s. No se rebasará un margen de ± 20 rpm respecto al régimen especificado y de ± 2 % del par máximo al régimen de la prueba.

b) Al finalizar el segmento anterior, la palanca de control de régimen se llevará rápidamente a la posición de apertura máxima y se mantendrá así durante 10 ± 1 s. Se aplicará al dinamómetro la carga necesaria para mantener el régimen del motor a + 150 rpm durante los primeros 3 s, y a ± 20 rpm durante el resto del segmento.

c) La secuencia descrita en las letras a) y b) se repetirá dos veces.

d) Tras finalizar la tercera fase de carga, y antes de que transcurran 20 ± 2 s, se ajustará el motor al régimen de revoluciones B y a una carga del 10 %.

e) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor funcionando al régimen de revoluciones B.

f) Tras finalizar la tercera fase de carga, y antes de que transcurran 20 ± 2 s, se ajustará el motor al régimen de revoluciones C y a una carga del 10 %.

g) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor funcionando al régimen de revoluciones C.

h) Tras finalizar la tercera fase de carga, y antes de que transcurran 20 ± 2 s, se ajustará el motor al régimen seleccionado y a cualquier carga superior al 10 %.

i) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor funcionando al régimen de revoluciones seleccionado.

([1]) Los puntos de prueba deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de distribución aleatoria homologados.

▼B

3.4. **Validación del ciclo**

Las desviaciones normales relativas con respecto a los valores medios de humos para cada uno de los regímenes de la prueba (A, B, C) deberán ser inferiores al 15 % del valor medio (SV_A, SV_B, SV_C, calculados según se indica en el punto 6.3.3 a partir de las tres fases de carga sucesivas, a cada uno de los regímenes de la prueba), o al 10 % del valor límite indicado en la tabla 1 del anexo I, lo que sea mayor. Si la diferencia es mayor, se repetirá la secuencia hasta que 3 fases de carga sucesivas cumplan el criterio de validación.

3.5. **Segunda verificación del opacímetro**

El valor de deriva del cero que se observa en el opacímetro después de la prueba no deberá rebasar el ± 5,0 % del valor límite indicado en la tabla 1 del anexo I.

▼M1

4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE GAS DE ESCAPE

4.1. **Determinación del caudal másico del gas de escape sin diluir**

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

4.1.1. *Método de medición directa*

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

— dispositivos de diferencial de presión, como las toberas medidoras de caudal,

— caudalímetro ultrasónico,

— caudalímetro de remolino.

Deberán adoptarse precauciones para evitar errores de medida que influyan en los 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 especial, 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*

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 precisión total del punto 4.1. El cálculo del caudal de gases de escape se realizará como sigue:

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

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

Para calcular las emisiones en el gas 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_{mdew}) se medirá en cada fase con un PDP-CVS, CFV-CVS o SSV-CVS con arreglo a las fórmulas generales que figuran en el presente anexo, apéndice 2, punto 4.1. La precisión será del ± 2 % de la lectura o superior, y se determinará de conformidad con lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 5, punto 2.4.

5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GASES

5.1. **Evaluación de datos**

Para la evaluación de las emisiones de gases, se promediará la lectura que indique el registrador durante los últimos 30 segundos de cada fase, y las concentraciones medias (conc) de HC, CO y NO_x durante cada fase se determinarán a partir del promedio de las lecturas del registrador y a los correspondientes datos de calibrado. Podrá utilizarse un tipo distinto de registro si se garantiza una adquisición de datos equivalente.

▼M1

Para la medición de NO_x en la zona de control, los requisitos arriba expuestos sólo serán de aplicación para los NO_x.

El caudal de gas de escape q_{mew} o el caudal de gas de escape diluido q_{mdew}, que pueden utilizarse opcionalmente, se determinarán de conformidad con lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 4, punto 2.3.

5.2. **Corrección seco/húmedo**

La concentración medida se convertirá a condiciones húmedas mediante las fórmulas siguientes, si no se ha medido ya en condiciones húmedas. La conversión se realizará para cada fase.

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

Para el gas de escape sin diluir:

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

o

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

donde:

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

p_b = presión atmosférica total, en kPa

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

k_f = $0{,}055584 \times w_{ALF} - 0{,}0001083 \times w_{BET} - 0{,}0001562 \times w_{GAM} + 0{,}0079936 \times w_{DEL} + 0{,}0069978 \times w_{EPS}$

Para el gas de escape diluido:

$$K_{We1} = \left(1 - \frac{\alpha \times \%\, c_{wCO_2}}{200}\right) - K_{W1}$$

o

$$K_{We2} = \left(\frac{(1 - K_{W1})}{1 + \frac{\alpha \times \%\, c_{dCO_2}}{200}}\right)$$

Para el aire de dilución:

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

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

▼M1

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 g de agua por kg de aire seco

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

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

5.3. **Corrección de NO_x para humedad y temperatura**

Como la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x deberá corregirse para la humedad y temperatura concretas del aire ambiente mediante los factores que figuran en las fórmulas siguientes. Los factores son válidos en el rango comprendido entre 0 y 25 g/kg de aire seco.

a) Para motores de encendido por compresión:

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

con:

T_a = temperatura del aire de admisión, en K

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

donde:

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

b) Para motores de encendido por chispa:

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

donde:

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

5.4. **Cálculo del caudal másico de las emisiones**

El caudal másico de las emisiones (g/h) para cada fase se calculará de la manera que figura a continuación. Para el cálculo de 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 convertirá a condiciones húmedas con arreglo al punto 5.2, si no se ha medido ya en condiciones húmedas. En el cuadro 6 figuran los valores de u_{gas} para determinados componentes basados en las propiedades del gas ideal y en los combustibles correspondientes a la presente Directiva.

a) Para el gas de escape sin diluir:

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

donde:

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

c_{gas} = concentración del respectivo componente en el gas de escape sin diluir, en ppm

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

▼M1

b) Para el gas diluido:

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

donde:

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

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

q_{mdew} = caudal másico del gas de escape diluido, en kg/h

donde:

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

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

5.5. **Cálculo de las emisiones específicas**

Las emisiones (g/kWh) de todos los componentes individuales se calcularán 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_{gas} es la masa del gas correspondiente

P_n es la potencia neta determinada con arreglo al anexo II, punto 8.2.

Los factores de ponderación utilizados en el cálculo que figura arriba son conformes al punto 2.7.1.

Cuadro 6

Valores de u_{gas} en el gas de escape diluido y sin diluir correspondientes a distintos componentes del gas de escape

Combustible		NO_x	CO	THC/ NMHC	CO_2	CH_4
Diésel	Gas de escape sin diluir	0,001587	0,000966	0,000479	0,001518	0,000553
	Gas de escape diluido	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,000553
Etanol	Gas de escape sin diluir	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,000561
	Gas de escape diluido	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,000553
GNC	Gas de escape sin diluir	0,001622	0,000987	0,000523	0,001552	0,000565
	Gas de escape diluido	0,001588	0,000967	0,000584	0,001519	0,000553
Propano	Gas escape sin diluir	0,001603	0,000976	0,000511	0,001533	0,000559
	Gas de escape diluido	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,000553

▼M1

Combustible		NO_x	CO	THC/ NMHC	CO_2	CH_4
Butano	Gas de escape sin diluir	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,000558
	Gas de escape diluido	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,000553

Notas:

— valores *u* del gas de escape sin diluir basados en las propiedades del gas ideal a λ = 2, aire seco, 273 K, 101,3 kPa
— valores *u* del gas de escape diluido basados en la densidad del aire y las propiedades del gas ideal
— valores *u* del GNC con una precisión situada en el 0,2 % para una composición másica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
— el valor *u* del GNC para HC corresponde a $CH_{2,93}$ (para HC total, utilícese el valor *u* de CH_4).

5.6. **Cálculo de los valores de control de zona**

Para los tres puntos de control seleccionados según lo dispuesto en el punto 2.7.6, la emisión de NO_x se medirá y calculará de conformidad con el punto 5.6.1, y también se determinará mediante interpolación a partir de las fases del ciclo de pruebas que más cerca estén del 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_x en cada uno de los puntos de control (Z) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{NOx,Z} = 0{,}001587 \times c_{NOx,Z} \times k_{h,D} \times q_{mew}$$

$$NOx_Z = \frac{m_{NOx,Z}}{P(n)_Z}$$

5.6.2. *Determinación de valor de emisión a partir del ciclo de pruebas*

La emisión de NO_x para cada uno de los puntos de control se interpolará a partir de las cuatro fases más cercanas del ciclo de pruebas que abarquen el punto de control seleccionado Z, como se muestra en la figura 4. Para estas fases (R, S, T, U), serán de aplicación las definiciones siguientes:

$$\text{Régimen(R)} = \text{Régimen(T)} = n_{RT}$$

$$\text{Régimen(S)} = \text{Régimen(U)} = n_{SU}$$

$$\text{Porcentaje de carga(R)} = \text{Porcentaje de carga(S)}$$

$$\text{Porcentaje de carga(T)} = \text{Porcentaje de carga(U).}$$

La emisión de NO_x 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

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

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

▼M1

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

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

donde:

E_R, E_S, E_T, E_U = emisión específica de NO_x de las fases que incluyan ese punto de control, calculada según lo dispuesto en el punto 5.6.1

M_R, M_S, M_T, M_U = par motor de las fases que incluyan ese punto de control.

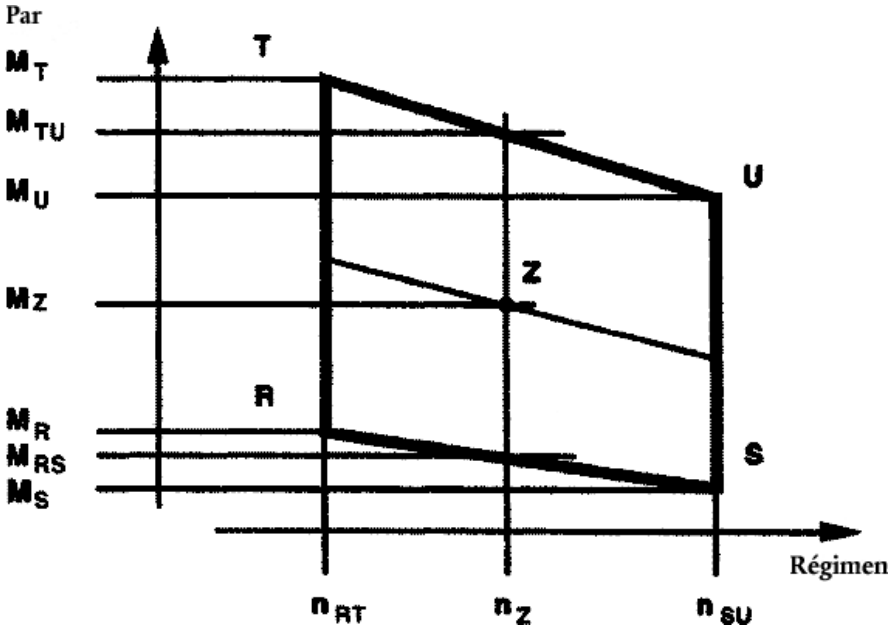


Figura 4

Interpolación del punto de control de NO_x

5.6.3. *Comparación de los valores de emisión de NO_x*

La medición específica de NO_x medida en el punto de control Z ($NO_{x,Z}$) se compara con el valor interpolado (E_Z) de la manera siguiente:

$$NOx_{diff} = 100 \times \frac{NOx_Z - E_Z}{E_Z}$$

6. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE PARTÍCULAS

6.1. **Evaluación de datos**

En la evaluación de las partículas, se registrarán para cada fase las masas totales de las muestras (m_{sep}) que pasan por el filtro.

Los filtros se devolverán a la cámara de pesado y se acondicionarán durante un mínimo de una hora y un máximo de ochenta horas y, a continuación, se pesarán. Se registrará el peso bruto de los filtros y se les restará la tara (véase el punto 2.1) para obtener la masa de la muestra de partículas m_f.

▼M1

Si es preciso aplicar una corrección de fondo, se registrarán la masa del aire de dilución (m_d) que pasa por el filtro 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 medición y se promediarán los valores.

6.2. **Sistema de dilución de flujo parcial**

Los resultados finales de ensayo notificados de la emisión de partículas se determinarán de la manera indicada a continuación. Dado que pueden utilizarse varias modalidades de control de la tasa de dilución, es posible utilizar distintos métodos de cálculo de q_{medf}. Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el período 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 el tubo de escape:

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

6.2.2. *Sistemas con medición de la concentración de CO_2 o NO_x*

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

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

donde:

c_{wE} = = concentración en condiciones húmedas del gas indicador en el gas de escape sin diluir,

c_{wD} = = concentración en condiciones húmedas del gas indicador en el gas de escape diluido,

c_{wA} = = concentración en condiciones húmedas del gas indicador en el aire de dilución.

Las concentraciones medidas en condiciones secas deberán convertirse en concentraciones en condiciones húmedas con arreglo a lo dispuesto en el punto 5.2 del presente apéndice.

6.2.3. *Sistemas con medición de CO_2 y método de balance del carbono* ([1])

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

donde:

$c_{(CO2)D}$ = concentración de CO_2 del gas de escape diluido

$c_{(CO2)A}$ = concentración de CO_2 del aire de dilución

(concentraciones en % del volumen en condiciones húmedas).

([1]) El valor sólo es válido para el combustible de referencia especificado en el anexo IV.

▼M1

Esta ecuación se basa en la suposición del balance de carbono (los átomos de carbono que recibe el motor se emiten como CO_2) y se determina de la manera siguiente:

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

y

$$r_d = \frac{206{,}5 \times q_{mf}}{q_{mew} \times \left[c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A}\right]}$$

6.2.4. *Sistemas con medición del 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 período de muestreo. El caudal de gas de escape diluido q_{mdew} se determinará de conformidad con lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 2, punto 4.1. La masa total de la muestra m_{sep} se calculará con arreglo a lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 2, punto 6.2.1.

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 sustituye por q_{mdew}, determinado con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.3.

$$PT_{mass} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{q_{medf}}{1000}$$

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

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

$i = 1, \ldots n$

Podrá aplicarse una corrección de fondo al caudal másico de partículas de la manera siguiente:

$$PT_{mass} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{Di}\right) \times W_{f\,i} \right] \right\} \times \frac{\overline{q_{medf}}}{1000}$$

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

▼B

►M1 7. ◄ CÁLCULO DE LOS VALORES DE HUMOS

►M1 7.1. ◄ **Algoritmo de Bessel**

Se utilizará el algoritmo de Bessel para calcular los valores promediados en un 1 s a partir de las lecturas de humos instantáneas, convertidas según lo expuesto en el punto 6.3.1. 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, es preciso repetir el punto 6.1.1 siempre que cambie el tiempo de respuesta y/o la frecuencia de muestreo del sistema.

►M1 7.1.1. ◄ *Cálculo del tiempo de respuesta del filtro y de las constantes de Bessel*

El tiempo de respuesta de Bessel (t_F) que se precisa es una función de los tiempos de respuesta física y eléctrica del sistema del opacímetro, como se indica en el punto 5.2.4 del apéndice 4 del anexo III, y se calculará mediante la ecuación siguiente:

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

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 < 0,01s (véase el anexo VII). El tiempo de respuesta se define como el tiempo transcurrido desde que la salida 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 viene dada por la siguiente fórmula:

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

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

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

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

donde:

$D = 0{,}618034$

$\Delta t = \frac{1}{\text{frecuencia de muestreo}}$

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

►M1 7.1.2. ◄ *Cálculo del algoritmo de Bessel*

Utilizando los valores de E y K, la respuesta, promediada en 1 s según Bessel, 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} define el tiempo de respuesta t_F para ese valor de f_c. Si este tiempo de

▼B

respuesta no se acerca lo bastante al tiempo de respuesta que se precisa, se seguirá iterando hasta que el tiempo de respuesta efectivo sea el ± 1 % del tiempo de respuesta que se precisa, es decir:

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

►M1 7.2. ◄ **Evaluación de datos**

Los valores de medición de humos se muestrearán con una frecuencia mínima de 20 Hz.

►M1 7.3. ◄ **Determinación de los humos**

►M1 7.3.1. ◄ *Conversión de datos*

Como la unidad básica de medida de todos los opacímetros es la transmitancia, los valores de humos se convertirán de transmitancia (τ) al coeficiente de absorción de la 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 la luz, en m^{-1},

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

N = opacidad, en %,

τ = transmitancia, en %.

Se aplicará la conversión antes de procesar ningún otro dato.

►M1 7.3.2. ◄ *Cálculo del valor de humos promediado según Bessel*

La frecuencia de corte adecuada f_c es la que produce el tiempo de respuesta deseado del filtro t_F. Una vez se ha determinado esta frecuencia mediante el proceso iterativo descrito en el punto 6.1.1, se calcularán las constantes adecuadas E y K del algoritmo de Bessel. A continuación se aplicará el algoritmo de Bessel al vestigio instantáneo de humos (valor k), como se indica en el punto 6.1.2:

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

El algoritmo de Bessel es de naturaleza recursiva. Por tanto, se precisan 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. Se puede asumir que estos valores son cero.

Para cada fase de carga de los tres regímenes A, B y C, se seleccionará el valor máximo Y_{max} en 1 s de cada uno de los valores Y_i de cada vestigio de humos.

►M1 7.3.3. ◄ *Resultado final*

Los valores medios de humos (SV) de cada ciclo (régimen de prueba) se calcularán de la manera siguiente:

Para el régimen de prueba A: $SV_A = (Y_{max1,A} + Y_{max2,A} + Y_{max3,A}) / 3$

Para el régimen de prueba B: $SV_B = (Y_{max1,B} + Y_{max2,B} + Y_{max3,B}) / 3$

Para el régimen de prueba C: $SV_C = (Y_{max1,C} + Y_{max2,C} + Y_{max3,C}) / 3$

donde

Y_{max1}, Y_{max2}, Y_{max3} = valor de humos máximo promediado en 1 s según Bessel para cada una de las tres fases de carga

El valor final se calculará de la manera siguiente:

$$SV = (0{,}43 \times SV_A) + (0{,}56 \times SV_B) + (0{,}01 \times SV_C)$$

▼B

Apéndice 2

CICLO DE PRUEBA ETC

1. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS GRÁFICO DEL MOTOR

1.1. **Determinación de los regímenes máximo y mínimo para el análisis gráfico del motor**

Para generar el ETC en la celda de ensayo, es preciso analizar gráficamente el motor antes que el ciclo de prueba para determinar el régimen en función de la curva de par de giro. Los regímenes máximo y mínimo de análisis gráfico del motor se definen de la manera siguiente:

Régimen mínimo de análisis gráfico = régimen de ralentí.

Régimen máximo de análisis gráfico = $n_{hi} \times 1{,}02$ o el régimen al que el par a plena carga es cero, lo que sea menor.

1.2. **Determinación de la gráfica de la potencia del motor**

Es preciso calentar el motor a la máxima potencia a fin de estabilizar los parámetros del motor según las recomendaciones del fabricante y las normas de buena práctica. Una vez estabilizado el motor, se determinará la gráfica del motor de la manera siguiente:

a) se pondrá en funcionamiento el motor sin carga y al régimen de ralentí;

b) se hará funcionar el motor en condiciones de plena carga/a todo gas al régimen mínimo de análisis gráfico;

c) se irá aumentando el régimen del motor a un ritmo medio de 8 ± 1 min^{-1}/s del mínimo al máximo régimen de análisis gráfico. Se registrarán los puntos de régimen y de par con una frecuencia de al menos un punto por segundo.

1.3. **Generación de la curva de análisis gráfico**

Todos los puntos de datos registrados de conformidad con el punto 1.2 se relacionarán entre sí mediante la interpolación lineal entre puntos. La curva de par de giro resultante es la curva de análisis gráfico, que se utilizará para convertir los valores de par normalizados del ciclo del motor en valores de par efectivos para el ciclo de prueba, como se describe en el punto 2.

1.4. **Otros procedimientos de análisis gráfico**

Si un fabricante opina que las técnicas de análisis gráfico arriba descritas no son seguras o no son representativas de un motor en concreto, podrán utilizarse otras técnicas. Estas otras técnicas deberán tener la misma finalidad que los procedimientos de análisis gráfico especificados, que consisten en determinar el par máximo disponible en todos los regímenes del motor que se dan durante los ciclos de prueba. Las desviaciones que, por motivos de seguridad o representatividad, se produzcan respecto a las técnicas de análisis gráfico especificadas en el presente punto se someterán a la aprobación del Servicio técnico, junto con la justificación de su empleo. No obstante, bajo ningún concepto se utilizarán barridos continuos descendentes del régimen del motor parar motores de velocidad regulada o motores con turbocompresor.

1.5. **Repetición de las pruebas**

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

— según los técnicos, ha transcurrido un intervalo de tiempo excesivo desde que se efectuara el último análisis gráfico, o bien

— se han efectuado cambios físicos o recalibrados del motor que pueden influir potencialmente en su rendimiento.

▼B

2. GENERACIÓN DEL CICLO DE PRUEBAS DE REFERENCIA

El ciclo de transición se describe en el apéndice 3 del presente anexo. Los valores normalizados de par y de régimen deberán cambiarse por los valores efectivos que se obtengan en el ciclo de referencia.

2.1. **Régimen efectivo**

El régimen se desnormalizará mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Régimen efectivo} = \frac{\%\ \text{régimen (régimen de referencia} - \text{régimen de ralentí)}}{100} + \text{régimen de ralentí}$$

El régimen de referencia (n_{ref}) corresponde a los valores de régimen al 100 % especificados en el plan de servicio del dinamómetro del motor, en el apéndice 3. Se define como sigue (véase la figura 1 del anexo I):

$$n_{ref} = n_{lo} + 95\ \% \times (n_{hi} - n_{lo})$$

donde n_{hi} y n_{lo} se especifican de conformidad con el punto 2 del anexo I, o bien se determinan con arreglo al punto 1.1 del apéndice 1 del anexo III.

2.2. **Par efectivo**

El par se normaliza al par máximo al régimen correspondiente. Es preciso desnormalizar los valores de par del ciclo de referencia, utilizando la curva de análisis gráfico determinada según el punto 1.3, de la manera siguiente:

$$\text{Par efectivo} = (\%\ \text{par} \times \text{par máximo}/100)$$

para el régimen efectivo correspondiente, determinado según el punto 2.1.

Los valores de par negativos de los puntos de par («m») adoptarán, a efectos de la generación del ciclo de referencia, valores desnormalizados determinados de una de las maneras siguientes:

— 40 % negativo del par positivo disponible en el punto de régimen asociado;

— análisis gráfico del par negativo que se precisa para llevar el motor del régimen mínimo de análisis gráfico al máximo;

— determinación del par negativo que se precisa para llevar el motor al régimen de ralentí y al régimen de referencia, e interpolación lineal entre estos dos puntos.

2.3. **Ejemplo del procedimiento de desnormalización**

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

% régimen = 43,

% par = 82.

Dados los valores siguientes:

régimen de referencia = 2 200 min^{-1}

régimen de ralentí = 600 min^{-1}

resulta que:

$$\text{régimen efectivo} = (43 \times (2\,200 - 600)/100) + 600 = 1\,288\ min^{-1}$$

$$\text{par efectivo} = (82 \times 700/100) = 574\ Nm$$

donde el par máximo observado en la curva de análisis gráfico a 1 288 min^{-1} es de 700 Nm.

▼M1

3. PRUEBA DE EMISIONES

A petición de los fabricantes, podrá efectuarse una prueba simulada para acondicionar el motor y el sistema de escape antes del ciclo de medición.

El rodaje de los motores alimentados con GN y GLP se efectuará mediante la prueba ETC. El motor deberá funcionar durante un mínimo

▼M1

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 de la prueba, los filtros se introducirán en una caja de petri, parcialmente cubierta, para protegerlos de la contaminación por polvo, y se colocarán en una cámara de pesado para estabilizarlos. Una vez finalizado el período de estabilización, se pesará cada filtro y, tras registrar la tara, se guardará en una caja de petri cerrada o en un portafiltros sellado hasta que se precise para la prueba. Los filtros se utilizarán en el plazo de ocho horas después de que se extraigan de la cámara de pesado. Se registrará la tara.

3.2. **Instalación del equipo de medición**

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las indicaciones. 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 funcionará 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 medida antes o después de la prueba. Si el aire de dilución no se filtra, podrán efectuarse mediciones al principio y al final del ciclo, y promediarse 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 flujos 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 superficie del filtro que no supere 325 K (52 °C) (véase el anexo V, punto 2.3.1, DT).

3.6. **Comprobación de los analizadores**

Los analizadores de emisiones se pondrán a cero y se ajustará el fondo de escala. Si se utilizan bolsas de muestreo, se evacuarán.

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 o el dinamómetro. También se puede optar por iniciar la prueba directamente desde la fase de preacondicionamiento del motor sin pararlo, después de que éste alcance el régimen de ralentí.

3.8. **Ciclo de pruebas**

3.8.1. *Secuencia de prueba*

La secuencia de prueba se iniciará si el motor ha llegado al régimen de ralentí. La prueba se efectuará de conformidad con el ciclo de referencia establecido en el punto 2 del presente apéndice. Los puntos del mando del régimen y del par motor se ajustarán a una frecuencia mínima de 5 Hz (se recomienda 10 Hz). Los valores del régimen y del par del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de prueba, y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

▼M1

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 prueba, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, el equipo de medición se pondrá en marcha, y simultáneamente:

— empezará a recoger o a analizar el aire de dilución,

— empezará a recoger o a analizar el gas de escape diluido,

— empezará a medir el volumen de gas de escape diluido (CVS) y las temperaturas y presiones necesarias,

— empezará a registrar los valores del régimen y del par del dinamómetro.

Los HC y NO_x se medirán de forma continua en el túnel de dilución a una frecuencia de 2 Hz. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de pruebas. El tiempo de respuesta del sistema no excederá de veinte segundos y, si es preciso, se coordinará con las fluctuaciones de caudal del CVS y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de pruebas. El CO, el CO_2, el NMHC y el CH_4 se determinarán mediante integración o analizando las concentraciones acumuladas durante el ciclo en la bolsa de muestreo. Las concentraciones de los gases contaminantes en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogiendo muestras con la bolsa de fondo. 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 sin diluir

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de prueba, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, el equipo de medición se pondrá en marcha, y simultáneamente:

— empezará a analizar las concentraciones del gas de escape sin diluir,

— empezará a medir el caudal del gas de escape o del aire de admisión y del combustible,

— empezará a registrar los valores del régimen y del par del dinamómetro.

Para evaluar las emisiones gaseosas, las concentraciones de las emisiones (HC, CO y 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. 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 los analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibrado 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, las curvas de las concentraciones registradas y del caudal másico del gas de escape se alinearán mediante el tiempo de transformación, definido en el anexo I, punto 2. 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 el presente anexo, apéndice 5, puntos 4.2.1 y 1.5, y se registrará.

3.8.3. *Muestreo de partículas (si es aplicable)*

3.8.3.1. Sistema de dilución de flujo total

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de prueba, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, el sistema de muestreo de partículas deberá pasarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si no se aplica una compensación del caudal, las bombas de muestreo se ajustarán de manera que el caudal que pasa por la sonda de muestreo de partículas o el tubo de transferencia se mantenga a un valor de ± 5 % del caudal establecido. Si se aplica una compensación del caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), es preciso demostrar que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de ± 5 % respecto a su valor preestablecido (excepto durante los primeros diez segundos de muestreo).

▼M1

Nota: En caso de 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 de los caudalímetros de gas o del instrumento medidor del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (con un margen de ± 5 %) debido a la elevada carga de partículas del filtro, se invalidará la prueba y volverá a efectuarse utilizando un caudal menor o un filtro de diámetro mayor.

3.8.3.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de prueba, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, el sistema de muestreo de partículas deberá pasarse 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 elanexo III, apéndice 5, punto 3.3. Si el tiempo combinado de transformación de la medición del caudal del gas de escape (véase el punto 4.2.1) y del sistema de dilución 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 una prueba pregrabada. En este caso, el tiempo de subida será $\leq$ 1 segundo y el tiempo de retraso de la combinación $\leq$ 10 segundos.

La respuesta de todo el sistema estará determinada de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas, $q_{mp,i}$, proporcional al caudal másico del gas 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 q_{mp} máximo,

— la intersección de la línea de regresión con q_{mp} no será superior a ± 2 % del q_{mp} máximo.

Existe la opción de realizar una prueba previa y de utilizar la señal del caudal másico de escape de dicha prueba 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 del gas 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 $q_{mew,pre}$ de la prueba previa, 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 la prueba efectiva, con una alienación del tiempo de $q_{mew,i}$ de $t_{50,F}$ 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 anexo III, apéndice 5, punto 3.3.

3.8.4. *Parada del motor*

Si el motor se para en algún momento del ciclo de pruebas, se preacondicionará, se arrancará de nuevo y se repetirá la prueba. Si cualquiera de los equipos que se precisan para la prueba sufre un mal funcionamiento durante el ciclo de pruebas, se invalidará la prueba.

3.8.5. *Operaciones después de la prueba*

Una vez finalizada la prueba, se detendrán la medición del volumen del gas de escape diluido o del caudal de gas de escape sin diluir, la circulación de gas hacia las bolsas de recogida y la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis integrador, el muestreo proseguirá hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de recogida, si se utilizan, se analizarán lo antes posible dentro de un plazo máximo de 20 minutos tras finalizar el ciclo de pruebas.

▼M1

Después de la prueba sobre las emisiones, se utilizará un gas de puesta a cero y el mismo gas de ajuste del fondo de escala para verificar de nuevo los analizadores. La prueba se considerará aceptable si la diferencia entre los resultados anteriores y posteriores a la prueba es inferior a un 2 % del valor del gas de ajuste del fondo de escala.

3.9. **Verificación de la prueba**

3.9.1. *Desplazamiento de datos*

A fin de minimizar el efecto distorsionante del desfase temporal entre los valores obtenidos y los del ciclo de referencia, la secuencia completa de la señal del régimen y del par del motor podrá adelantarse o retrasarse en el tiempo respecto a la secuencia de referencia del régimen y del par. Si se desplazan las señales obtenidas, tanto el régimen como el par deberán desplazarse en igual medida en la misma dirección.

3.9.2. *Cálculo del trabajo del ciclo*

El trabajo efectivo del ciclo W_{act} (kWh) se calculará utilizando todos los pares de valores del régimen y del par registrados. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores obtenidos, en caso de que se seleccione esa opción. El trabajo efectivo del ciclo W_{act} se utilizará para realizar una comparación con el trabajo de referencia del ciclo W_{ref} y para calcular las emisiones específicas del frenado (véanse los puntos 4.4 y 5.2). La misma metodología se utilizará para integrar tanto la potencia de referencia como la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar los valores existentes entre los valores de referencia adyacentes o los valores medidos adyacentes, se empleará la interpolación lineal.

Al integrar el trabajo de referencia y el trabajo efectivo del ciclo, se igualarán a cero y se incluirán todos los valores del 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 pruebas*

Se efectuarán regresiones lineales de los valores obtenidos sobre los valores de referencia para el régimen, el par y la potencia. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores obtenidos, en caso de que se seleccione esa opción. Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación ideal tendrá la forma siguiente:

$$y = mx + b$$

donde:

y = valor (efectivo) del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW),

m = pendiente de la línea de regresión,

x = valor de referencia del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW),

b = intersección de la línea de regresión con el eje de coordenadas 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 con una frecuencia de 1 Hz. Todos los valores de referencia negativos del par y los correspondientes valores obtenidos se eliminarán del cálculo de las estadísticas de validación del par y de la potencia del ciclo. Para que una prueba se considere válida, deben cumplirse los criterios indicados en el cuadro 7.

Cuadro 7

Tolerancias de la línea de regresión

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SE) de y sobre x	Máx. 100 min^{-1}	Máx. 13 % (15 %) (*) del par máximo del motor en el mapa de potencia	Máx. 8 % (15 %) (*) de la potencia máxima del motor en el mapa de potencia

▼M1

	Régimen	Par	Potencia
Pendiente de la línea de regresión, m	0,95 a 1,03	0,83-1,03	0,89-1,03 (0,83-1,03) (*)
Coeficiente de determinación, r^2	Mín. 0,9700 (mín. 0,9500) (*)	Min. 0,8800 (mín. 0,7500) (*)	Min. 0,9100 (mín. 0,7500) (*)
Intersección de la línea de regresión b con el eje de coordenadas y	± 50 min^{-1}	± 20 Nm o ± 2 % (± 20 Nm o ± 3 %) (*) del par máximo, si éste es superior	± 4 kW o ± 2 % (± 4 kW o ± 3 %) (*) de la potencia máxima, si ésta es superior

(*) Hasta el 1 de octubre de 2005, pueden utilizarse los valores indicados entre paréntesis para la prueba de homologación de los motores de gas. (La Comisión informará sobre el desarrollo de la tecnología de los motores de gas para confirmar o modificar las tolerancias de la línea de regresión de este cuadro aplicables a los motores de gas.)

Se permite borrar de los análisis de regresión los puntos especificados en el cuadro 8.

Cuadro 8

Puntos que se permite borrar del análisis de regresión

Condiciones	Puntos que pueden borrarse
Funcionamiento a plena carga y valor del par < 95 % del valor de referencia del par	Par y/o potencia
Funcionamiento a plena carga y valor del régimen < 95 % del valor de referencia del régimen	Régimen y/o potencia
Sin carga, no se trata de un punto de ralentí, y valor del par > valor de referencia del par	Par y/o potencia
Sin carga, valor del régimen ≤ régimen de ralentí + 50 min^{-1} y valor del par = par al ralentí medido/definido por el fabricante ± 2 % del valor máximo del par.	Régimen y/o potencia
Sin carga, valor del régimen > régimen al ralentí + 50 min^{-1} y valor del par > valor de referencia del par	Par y/o potencia
Sin carga y valor 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 del gas de escape diluido**

El caudal total del gas de escape diluido durante el ciclo (kg/prueba) se calculará a partir de los valores medidos durante el ciclo y de los correspondientes valores de calibrado del caudalímetro (V_0 para PDP, K_V para CFV y C_d para SSV), tal como se especifican en el anexo III, apéndice 5, punto 2. 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 (± 6 K para un sistema PDP-CVS, ± 11 K para un sistema CFV-CVS o bien ± 11 K para un sistema SSV-CVS) (véase el anexo V, punto 2.3).

Para el sistema PDP-CVS:

$$m_{ed} = 1{,}293 \times V_0 \times N_P \times (p_b - p_1) \times 273 / (101{,}3 \times T)$$

donde:

V_0 = volumen de gas bombeado por revolución en condiciones de prueba, en m^3/rev

N_P = número total de revoluciones de la bomba por prueba

p_b = presión atmosférica en la celda de ensayo, en kPa

p_1 = presión negativa 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 a lo largo del ciclo, en K

▼**M1**

Para el sistema CFV-CVS:

$$m_{ed} = 1{,}293 \times t \times K_v \times p_p / T^{0{,}5}$$

donde:

t = tiempo del ciclo, en s

K_V = coeficiente de calibrado del tubo Venturi de caudal crítico en condiciones normales

p_p = presión absoluta en la entrada del tubo Venturi, en kPa

T = temperatura absoluta en la entrada del tubo Venturi, en K

Para el sistema SSV-CVS:

$$m_{ed} = 1{,}293 \times Q_{SSV}$$

donde:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1{,}4286} - r_p^{1{,}7143}\right) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1{,}4286}}\right)\right]}$$

con:

A_0 = conjunto de constantes y conversiones de unidades

$$\left(\frac{m^3}{\min}\right)\left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa}\right)\left(\frac{1}{mm^2}\right)$$

= 0,006111 en unidades SI de

d = diámetro de la garganta del SSV, en m

C_d = coeficiente de descarga del SSV

p_p = presión absoluta en la entrada del tubo Venturi, en kPa

T = temperatura en la entrada del tubo Venturi, en K

r_p = relación entre la garganta del SSV y la presión estática absoluta de entrada =

$$1 - \frac{\Delta P}{P_A}$$

r_D = relación entre el diámetro de la garganta del SSV, d, y el diámetro interior del tubo de entrada =

$$\frac{d}{D}$$

Si se utiliza un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones másicas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente.

Para el sistema PDP-CVS:

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \times V_0 \times N_{P,i} \times (p_b - p_1) \times 273 / (101{,}3 \times T)$$

donde:

$N_{P,i}$ = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

Para el sistema CFV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \times \Delta t_i \times K_V \times p_p / T^{0{,}5}$$

donde:

Δt_i = intervalo de tiempo, en s

▼M1

Para el sistema SSV-CVS:

$$m_{ed} = 1{,}293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i$$

donde:

Δt_i = intervalo de tiempo, en s

El cálculo en tiempo real se inicializará con un valor razonable para C_d, por ejemplo, 0,98, o con un valor razonable para Q_{ssv}. Si el cálculo se inicializa con Q_{ssv}, se utilizará el valor inicial de Q_{ssv} para evaluar Re.

Durante todas las pruebas de emisiones, el número Reynolds en la garganta del SSV deberá situarse dentro del rango de números Reynolds utilizados para derivar la curva de calibrado especificada en el presente anexo, apéndice 5, punto 2.4.

4.2. **Determinación del caudal másico del gas de escape sin diluir**

Para calcular las emisiones en el gas de escape sin diluir y controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesario conocer el caudal másico del gas de escape. Para determinar el caudal másico del gas de escape podrá utilizarse cualquiera de los métodos descritos en los puntos 4.2.2 a 4.2.5.

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 presente anexo, apéndice 5, punto 1.5.

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 se exige un tiempo de respuesta $\leq$ 0,3 segundos. En los sistemas de dilución de flujo parcial con control previo basado en una prueba pregrabada, el tiempo de respuesta del sistema de medición del caudal del gas 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 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 se realizará mediante un sistema del tipo:

— dispositivo de diferencial de presión, como las toberas medidoras de caudal,

— caudalímetro ultrasónico,

— caudalímetro de remolino.

Deberán adoptarse precauciones para evitar errores de medida que influyan en los 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 especial, no deberán verse afectadas por la instalación del dispositivo las prestaciones del motor ni las emisiones.

La precisión de la determinación del caudal del gas de escape será como mínimo ± 2,5 % del valor de lectura o ± 1,5 % del valor máximo del motor, si éste es superior.

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 precisión para el caudal total del gas de escape establecido en el punto 4.2.2. El cálculo del caudal del gas de escape se realizará de la manera siguiente:

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

▼M1

4.2.4. *Método de medición con gas indicador*

Este método consiste en medir la concentración de gas indicador 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 indicador. El gas de escape mezclará y diluirá el gas indicador, 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 indicador, la sonda de muestreo del gas de escape se colocará como mínimo un metro después del punto de inyección del gas indicador o a una distancia 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 indicador con la concentración de referencia cuando el gas indicador se inyecta antes del motor.

El caudal del gas indicador 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 indicador.

El cálculo del caudal del gas de escape se realizará de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_a)}$$

donde:

$q_{mew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s

q_{vt} = caudal del gas indicador, en cm^3/min

$c_{mix.i}$ = concentración instantánea del gas indicador después de la mezcla, en ppm

ρ_e = densidad del gas de escape, en kg/m^3 (véase el cuadro 3)

c_a = concentración de fondo del gas indicador en el aire de admisión, en ppm

La concentración de fondo podrá no tenerse en cuenta si es inferior al 1 % de la concentración del gas indicador después de la mezcla ($c_{mix.i}$) a un caudal de escape máximo.

Todo el sistema deberá respetar las especificaciones de precisión relativas al caudal del gas de escape y estar calibrado de acuerdo con lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 5, punto 1.7.

4.2.5. *Método de medición del caudal de aire y de la relación aire-combustible*

El caudal másico del gas de escape se calcula 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:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right)$$

con:

$$A/F_{st} = \frac{138{,}0 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12{,}011 \times \beta + 1{,}00794 \times \alpha + 15{,}9994 \times \varepsilon + 14{,}0067 \times \delta + 32{,}065 \times \gamma}$$

▼M1

$$\lambda_i = \frac{\beta \times \left(100 - \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{2} - c_{HC} \times 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{CO} \times 10^{-4}}{3{,}5 \times c_{CO2}}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3{,}5 \times c_{CO2}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}\right) \times \left(c_{CO2} + c_{CO} \times 10^{-4}\right)}{4{,}764 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \times \left(c_{CO2} + c_{CO} \times 10^{-4} + c_{HC} \times 10^{-4}\right)}$$

donde:

A/F_{st} = relación estequiométrica aire-combustible, en kg/kg

λ = coeficiente de exceso de aire

c_{CO2} = concentración de CO_2 en condiciones secas, en %

c_{CO} = concentración de CO en condiciones secas, en ppm

c_{HC} = concentración de HC, en ppm

Nota: β puede ser 1 para combustibles que contengan carbono y 0 para combustible hidrógeno.

El caudalímetro de aire cumplirá las especificaciones de precisión del presente anexo, apéndice 4, punto 2.2; el analizador de CO_2 utilizado cumplirá las especificaciones del punto 3.3.2 del mismo apéndice, y todo el sistema cumplirá las especificaciones de precisión relativas al caudal del gas de escape.

Existe también la opción de utilizar un equipo de medición de la relación aire-combustible — puede utilizarse, por ejemplo, un sensor del tipo Zirconio para medir el coeficiente de exceso de aire — que cumpla las especificaciones del presente anexo, apéndice 4, punto 3.3.6.

5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

5.1. **Evaluación de datos**

Para la evaluación de las emisiones gaseosas en el gas de escape diluido, las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO_x) y el caudal másico del gas de escape diluido se registrarán de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.8.2.1 y se almacenarán en un sistema informático. En el caso de los analizadores analógicos, se registrará la respuesta y los datos de calibrado 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 sin diluir, las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO_x) y el caudal másico del gas de escape diluido se registrarán de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.8.2.2 y se almacenarán en un sistema informático. En el caso de los analizadores analógicos, se registrará la respuesta y los datos de calibrado podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

5.2. **Corrección en condiciones secas/en condiciones húmedas**

Si la concentración es medida en condiciones secas, se calculará la concentración en condiciones húmedas mediante la fórmula indicada a continuación. Para la medición continua, esta conversión se aplicará a cada medición instantánea antes de proceder a cualquier otro cálculo.

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

Serán aplicables las ecuaciones de conversión del presente anexo, apéndice 1, punto 5.2.

5.3. **Corrección de NO_x en relación con la humedad y la temperatura**

Como la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x deberá corregirse en función de la temperatura del aire ambiente y de la humedad mediante los factores que figuran en el presente anexo, apéndice 1, punto 5.3. Los factores son válidos en el rango comprendido entre 0 y 25 g/kg de aire seco.

▼M1

5.4. **Cálculo del caudal másico de las emisiones**

La masa de las emisiones durante el ciclo (g/prueba) se calculará de la manera siguiente en función del método de medición aplicado. Se calculará la concentración en condiciones húmedas, si se había medido en condiciones secas, con arreglo a lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 1, punto 5.2. Se aplicarán los valores respectivos de u_{gas} que figuran en el presente anexo, apéndice 1, cuadro 6, para determinados componentes basados en las propiedades del gas ideal y los combustibles a los que se aplique esta Directiva.

a) *Para el gas de escape sin diluir:*

$$m_{gas} = u_{gas} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{gas,i} \times q_{mew,i} \times \frac{1}{f}$$

donde:

u_{gas} = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del gas de escape del cuadro 6

$c_{gas,i}$ = concentración instantánea del componente respectivo del gas de escape sin diluir, en ppm

$q_{mew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s

f = frecuencia de muestreo de datos, en Hz

n = número de mediciones

b) *Para el gas de escape diluido sin compensación de caudal:*

$$m_{gas} = u_{gas} \times c_{gas} \times m_{ed}$$

donde:

u_{gas} = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire del cuadro 6

c_{gas} = concentración de fondo media corregida del componente respectivo, en ppm

m_{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:*

$$m_{gas} = \left[u_{gas} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left(c_{e,i} \times q_{mdew,i} \times \frac{1}{f} \right) \right] - \left[\left(m_{ed} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{gas} \right) \right]$$

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

$q_{mdew,i}$ = caudal másico instantáneo del gas de escape diluido, en kg/s

m_{ed} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

u_{gas} = relación entre la densidad del componente del gas de escape y la densidad del aire del cuadro 6

D = factor de dilución (véase el punto 5.4.1)

Si es aplicable, la concentración de NMHC y CH_4 se calculará de la manera siguiente por cualquiera de los métodos indicados en el presente anexo, apéndice 4, punto 3.3.4:

a) *Método GC (sólo con el sistema de dilución de flujo total):*

$$c_{NMHC} = c_{HC} - c_{CH4}$$

▼**M1**

b) *Método NMC:*

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oCutter)} \times \left(1 - E_M\right) - c_{HC(w/Cutter)}}{E_E - E_M}$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/Cutter)} - c_{HC(w/oCutter)} \times \left(1 - E_E\right)}{E_E - E_M}$$

donde:

$c_{HC(w/Cutter)}$ = concentración de HC con el gas de muestreo pasando por el NMC

$c_{HC(w/oCutter)}$ = 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)*

De las concentraciones medidas se restará la concentración de fondo media de los gases contaminantes en el aire de dilución 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:

$$c = c_e - c_d \times \left(1 - \frac{1}{D}\right)$$

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

$$D = \frac{F_s}{c_{CO_2} + \left(c_{HC} + c_{CO}\right) \times 10^{-4}}$$

b) para motores de gas alimentados con GN

$$D = \frac{F_s}{c_{CO_2} + \left(c_{NMHC} + c_{CO}\right) \times 10^{-4}}$$

donde:

c_{CO2} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en % del volumen

c_{HC} = concentración de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1

c_{NMHC} = concentración de NMHC en el gas de escape diluido, en ppm C1

c_{CO} = concentración de CO en el gas de escape diluido, en ppm

▼**M1**

F_S = factor estequiométrico

Las concentraciones medidas en condiciones secas se convertirán en concentraciones en condiciones húmedas con arreglo a lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 1, punto 5.2.

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:

α, ε son las relaciones molares en referencia a un combustible $CH_\alpha O_\varepsilon$

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

5.5. **Cálculo de las emisiones específicas**

Las emisiones (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

a) todos los componentes, excepto los NO_x:

$$M_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}}$$

b) NO_x:

$$M_{gas} = m_{gas} \times \frac{k_h}{W_{act}}$$

donde:

W_{act} = trabajo efectivo del ciclo 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:

$$\overline{M_{Gas}} = (n1 \times \overline{M_{Gas,n1}} + n2 \times \overline{M_{Gas,n2}}) / (n1 + n2)$$

donde:

n1 = número de pruebas ETC entre dos regeneraciones

n2 = número de pruebas ETC durante una regeneración (al menos una prueba ETC)

$M_{gas,n2}$ = emisiones durante una regeneración

$M_{gas,n1}$ = emisiones después de una regeneración.

6. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS (SI PROCEDE)

6.1. **Evaluación de datos**

El filtro de partículas se volverá a introducir en la cámara de pesado a más tardar una hora después de finalizada la prueba. Se acondicionará en una caja 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 procederá a su pesaje. Se registrará el

▼M1

peso bruto de los filtros y se le restará la tara, con lo que se obtendrá 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 pruebas.

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/prueba) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1000}$$

donde:

m_f = masa de partículas muestreada a lo largo del ciclo, en mg

m_{sep} = masa de gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

m_{ed} = masa de gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

Si se utiliza un sistema de doble dilución, la masa de aire de dilución secundario se restará de la masa total de gas de escape doblemente diluido muestreada a través de los filtros de partículas.

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd}$$

donde:

m_{set} = masa de gas de escape doblemente diluido a través del filtro de partículas, en kg

m_{ssd} = masa de aire de dilución secundario, en kg

Si el nivel de fondo de partículas del aire de dilución se determina de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.4, se podrá aplicar una corrección de fondo a la masa de partículas. En tal caso, la masa de partículas (g/prueba) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PT} = \left[\frac{m_f}{m_{sep}} - \left(\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000}$$

donde:

m_{PT}, m_{sep}, m_{ed} = véase más arriba

m_d = masa de aire de dilución primario recogida con el muestreador de partículas de fondo, en kg

$m_{f,d}$ = masa de partículas de fondo recogida del aire de dilución principal, en mg

D = factor de dilución determinado de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.4.1.

6.2.2. *Sistema de dilución de flujo parcial*

La masa de partículas (g/prueba) se calculará aplicando uno de los métodos siguientes:

a)

$$m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1000}$$

donde:

m_f = masa de partículas muestreada a lo largo del ciclo, en mg

m_{sep} = masa de gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

▼**M1**

m_{edf} = masa de 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:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f}$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,,i}}{\left(q_{mdew,,i} - q_{mdw,,i}\right)}$$

donde:

$q_{medf,i}$ = caudal másico instantáneo equivalente de gas de escape diluido, en kg/s

$q_{mew,i}$ = caudal másico instantáneo de gas de escape, en kg/s

$r_{d,i}$ = tasa de dilución instantánea

$q_{mdew,i}$ = caudal másico instantáneo de gas de escape diluido a través del túnel de dilución, en kg/s

$q_{mdw,i}$ = caudal másico instantáneo de aire de dilución, en kg/s

f = frecuencia de muestreo de datos, en Hz

n = número de mediciones

b)

$$m_{PT} = \frac{m_f}{r_s \times 1000}$$

donde:

m_f = masa de partículas muestreada a lo largo del ciclo, en mg

r_s = relación media de la muestra a lo largo del ciclo de pruebas

con:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}}$$

donde:

m_{se} = masa de la muestra a lo largo del ciclo, en kg

m_{ew} = caudal másico total de gas de escape a lo largo del ciclo, en kg

m_{sep} = masa de gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

m_{sed} = masa de gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg

Nota: En el sistema de muestreo total, m_{sep} y M_{sed} serán idénticos.

▼**M1**

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 efectivo producido durante el ciclo determinado de conformidad con lo dispuesto en 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 pruebas ETC entre dos regeneraciones

n2 = número de pruebas ETC durante una regeneración (al menos una prueba ETC)

$\overline{PT_{n2}}$ = emisiones durante una regeneración

$\overline{PT_{n1}}$ = emisiones al margen de una regeneración.

▼B

Apéndice 3

PLAN DE SERVICIO DEL DINAMÓMETRO DEL MOTOR DURANTE UNA PRUEBA 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
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
58	0	0
59	0	0
60	0	0
61	0	0
62	25,5	11,1
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
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»

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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»
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»
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»

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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»
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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
301	52,8	98,6

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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
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»

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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
539	75,1	99,9
540	81	8
541	39,1	0

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
603	56,2	99
604	65,4	98,9
605	72,9	99,7
606	67,5	«m»
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»
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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»
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»

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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»
777	60,3	«m»
778	58,7	«m»
779	57,2	«m»
780	56,1	«m»
781	56	9,3

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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»

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
843	61,5	«m»
844	63,7	«m»
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
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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
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

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
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
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
1000	55,4	«m»
1001	55,2	«m»
1002	55,8	26,3
1003	55,8	23,3
1004	56,4	50,2
1005	57,6	68,3
1006	58,8	90,2
1007	59,9	98,9
1008	62,3	98,8
1009	63,1	74,4
1010	63,7	49,4
1011	63,3	9,8
1012	48	0
1013	47,9	73,5
1014	49,9	99,7
1015	49,9	48,8
1016	49,6	2,3
1017	49,9	«m»
1018	49,3	«m»
1019	49,7	47,5
1020	49,1	«m»
1021	49,4	«m»
1022	48,3	«m»
1023	49,4	«m»
1024	48,5	«m»
1025	48,7	«m»

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1026	48,7	«m»
1027	49,1	«m»
1028	49	«m»
1029	49,8	«m»
1030	48,7	«m»
1031	48,5	«m»
1032	49,3	31,3
1033	49,7	45,3
1034	48,3	44,5
1035	49,8	61
1036	49,4	64,3
1037	49,8	64,4
1038	50,5	65,6
1039	50,3	64,5
1040	51,2	82,9
1041	50,5	86
1042	50,6	89
1043	50,4	81,4
1044	49,9	49,9
1045	49,1	20,1
1046	47,9	24
1047	48,1	36,2
1048	47,5	34,5
1049	46,9	30,3
1050	47,7	53,5
1051	46,9	61,6
1052	46,5	73,6
1053	48	84,6
1054	47,2	87,7
1055	48,7	80
1056	48,7	50,4
1057	47,8	38,6
1058	48,8	63,1
1059	47,4	5
1060	47,3	47,4
1061	47,3	49,8
1062	46,9	23,9
1063	46,7	44,6
1064	46,8	65,2
1065	46,9	60,4
1066	46,7	61,5
1067	45,5	«m»
1068	45,5	«m»
1069	44,2	«m»
1070	43	«m»
1071	42,5	«m»
1072	41	«m»
1073	39,9	«m»
1074	39,9	38,2
1075	40,1	48,1
1076	39,9	48
1077	39,4	59,3
1078	43,8	19,8
1079	52,9	0
1080	52,8	88,9
1081	53,4	99,5
1082	54,7	99,3
1083	56,3	99,1
1084	57,5	99
1085	59	98,9
1086	59,8	98,9

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1087	60,1	98,9
1088	61,8	48,3
1089	61,8	55,6
1090	61,7	59,8
1091	62	55,6
1092	62,3	29,6
1093	62	19,3
1094	61,3	7,9
1095	61,1	19,2
1096	61,2	43
1097	61,1	59,7
1098	61,1	98,8
1099	61,3	98,8
1100	61,3	26,6
1101	60,4	«m»
1102	58,8	«m»
1103	57,7	«m»
1104	56	«m»
1105	54,7	«m»
1106	53,3	«m»
1107	52,6	23,2
1108	53,4	84,2
1109	53,9	99,4
1110	54,9	99,3
1111	55,8	99,2
1112	57,1	99
1113	56,5	99,1
1114	58,9	98,9
1115	58,7	98,9
1116	59,8	98,9
1117	61	98,8
1118	60,7	19,2
1119	59,4	«m»
1120	57,9	«m»
1121	57,6	«m»
1122	56,3	«m»
1123	55	«m»
1124	53,7	«m»
1125	52,1	«m»
1126	51,1	«m»
1127	49,7	25,8
1128	49,1	46,1
1129	48,7	46,9
1130	48,2	46,7
1131	48	70
1132	48	70
1133	47,2	67,6
1134	47,3	67,6
1135	46,6	74,7
1136	47,4	13
1137	46,3	«m»
1138	45,4	«m»
1139	45,5	24,8
1140	44,8	73,8
1141	46,6	99
1142	46,3	98,9
1143	48,5	99,4
1144	49,9	99,7
1145	49,1	99,5
1146	49,1	99,5
1147	51	100

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1148	51,5	99,9
1149	50,9	100
1150	51,6	99,9
1151	52,1	99,7
1152	50,9	100
1153	52,2	99,7
1154	51,5	98,3
1155	51,5	47,2
1156	50,8	78,4
1157	50,3	83
1158	50,3	31,7
1159	49,3	31,3
1160	48,8	21,5
1161	47,8	59,4
1162	48,1	77,1
1163	48,4	87,6
1164	49,6	87,5
1165	51	81,4
1166	51,6	66,7
1167	53,3	63,2
1168	55,2	62
1169	55,7	43,9
1170	56,4	30,7
1171	56,8	23,4
1172	57	«m»
1173	57,6	«m»
1174	56,9	«m»
1175	56,4	4
1176	57	23,4
1177	56,4	41,7
1178	57	49,2
1179	57,7	56,6
1180	58,6	56,6
1181	58,9	64
1182	59,4	68,2
1183	58,8	71,4
1184	60,1	71,3
1185	60,6	79,1
1186	60,7	83,3
1187	60,7	77,1
1188	60	73,5
1189	60,2	55,5
1190	59,7	54,4
1191	59,8	73,3
1192	59,8	77,9
1193	59,8	73,9
1194	60	76,5
1195	59,5	82,3
1196	59,9	82,8
1197	59,8	65,8
1198	59	48,6
1199	58,9	62,2
1200	59,1	70,4
1201	58,9	62,1
1202	58,4	67,4
1203	58,7	58,9

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1204	58,3	57,7
1205	57,5	57,8
1206	57,2	57,6
1207	57,1	42,6
1208	57	70,1
1209	56,4	59,6
1210	56,7	39
1211	55,9	68,1
1212	56,3	79,1
1213	56,7	89,7
1214	56	89,4
1215	56	93,1
1216	56,4	93,1
1217	56,7	94,4
1218	56,9	94,8
1219	57	94,1
1220	57,7	94,3
1221	57,5	93,7
1222	58,4	93,2
1223	58,7	93,2
1224	58,2	93,7
1225	58,5	93,1
1226	58,8	86,2
1227	59	72,9
1228	58,2	59,9
1229	57,6	8,5
1230	57,1	47,6
1231	57,2	74,4
1232	57	79,1
1233	56,7	67,2
1234	56,8	69,1
1235	56,9	71,3
1236	57	77,3
1237	57,4	78,2
1238	57,3	70,6
1239	57,7	64
1240	57,5	55,6
1241	58,6	49,6
1242	58,2	41,1
1243	58,8	40,6
1244	58,3	21,1
1245	58,7	24,9
1246	59,1	24,8
1247	58,6	«m»
1248	58,8	«m»
1249	58,8	«m»
1250	58,7	«m»
1251	59,1	«m»
1252	59,1	«m»
1253	59,4	«m»
1254	60,6	2,6
1255	59,6	«m»
1256	60,1	«m»
1257	60,6	«m»
1258	59,6	4,1
1259	60,7	7,1
1260	60,5	«m»
1261	59,7	«m»
1262	59,6	«m»
1263	59,8	«m»
1264	59,6	4,9

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1265	60,1	5,9
1266	59,9	6,1
1267	59,7	«m»
1268	59,6	«m»
1269	59,7	22
1270	59,8	10,3
1271	59,9	10
1272	60,6	6,2
1273	60,5	7,3
1274	60,2	14,8
1275	60,6	8,2
1276	60,6	5,5
1277	61	14,3
1278	61	12
1279	61,3	34,2
1280	61,2	17,1
1281	61,5	15,7
1282	61	9,5
1283	61,1	9,2
1284	60,5	4,3
1285	60,2	7,8
1286	60,2	5,9
1287	60,2	5,3
1288	59,9	4,6
1289	59,4	21,5
1290	59,6	15,8
1291	59,3	10,1
1292	58,9	9,4
1293	58,8	9
1294	58,9	35,4
1295	58,9	30,7
1296	58,9	25,9
1297	58,7	22,9
1298	58,7	24,4
1299	59,3	61
1300	60,1	56
1301	60,5	50,6
1302	59,5	16,2
1303	59,7	50
1304	59,7	31,4
1305	60,1	43,1
1306	60,8	38,4
1307	60,9	40,2
1308	61,3	49,7
1309	61,8	45,9
1310	62	45,9
1311	62,2	45,8
1312	62,6	46,8
1313	62,7	44,3
1314	62,9	44,4
1315	63,1	43,7
1316	63,5	46,1
1317	63,6	40,7
1318	64,3	49,5
1319	63,7	27
1320	63,8	15
1321	63,6	18,7
1322	63,4	8,4
1323	63,2	8,7
1324	63,3	21,6
1325	62,9	19,7

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1326	63	22,1
1327	63,1	20,3
1328	61,8	19,1
1329	61,6	17,1
1330	61	0
1331	61,2	22
1332	60,8	40,3
1333	61,1	34,3
1334	60,7	16,1
1335	60,6	16,6
1336	60,5	18,5
1337	60,6	29,8
1338	60,9	19,5
1339	60,9	22,3
1340	61,4	35,8
1341	61,3	42,9
1342	61,5	31
1343	61,3	19,2
1344	61	9,3
1345	60,8	44,2
1346	60,9	55,3
1347	61,2	56
1348	60,9	60,1
1349	60,7	59,1
1350	60,9	56,8
1351	60,7	58,1
1352	59,6	78,4
1353	59,6	84,6
1354	59,4	66,6
1355	59,3	75,5
1356	58,9	49,6
1357	59,1	75,8
1358	59	77,6
1359	59	67,8
1360	59	56,7
1361	58,8	54,2
1362	58,9	59,6
1363	58,9	60,8
1364	59,3	56,1
1365	58,9	48,5
1366	59,3	42,9
1367	59,4	41,4
1368	59,6	38,9
1369	59,4	32,9
1370	59,3	30,6
1371	59,4	30
1372	59,4	25,3
1373	58,8	18,6
1374	59,1	18
1375	58,5	10,6
1376	58,8	10,5
1377	58,5	8,2
1378	58,7	13,7
1379	59,1	7,8
1380	59,1	6
1381	59,1	6
1382	59,4	13,1
1383	59,7	22,3
1384	60,7	10,5
1385	59,8	9,8
1386	60,2	8,8

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1387	59,9	8,7
1388	61	9,1
1389	60,6	28,2
1390	60,6	22
1391	59,6	23,2
1392	59,6	19
1393	60,6	38,4
1394	59,8	41,6
1395	60	47,3
1396	60,5	55,4
1397	60,9	58,7
1398	61,3	37,9
1399	61,2	38,3
1400	61,4	58,7
1401	61,3	51,3
1402	61,4	71,1
1403	61,1	51
1404	61,5	56,6
1405	61	60,6
1406	61,1	75,4
1407	61,4	69,4
1408	61,6	69,9
1409	61,7	59,6
1410	61,8	54,8
1411	61,6	53,6
1412	61,3	53,5
1413	61,3	52,9
1414	61,2	54,1
1415	61,3	53,2
1416	61,2	52,2
1417	61,2	52,3
1418	61	48
1419	60,9	41,5
1420	61	32,2
1421	60,7	22
1422	60,7	23,3
1423	60,8	38,8
1424	61	40,7
1425	61	30,6
1426	61,3	62,6
1427	61,7	55,9
1428	62,3	43,4
1429	62,3	37,4
1430	62,3	35,7
1431	62,8	34,4
1432	62,8	31,5
1433	62,9	31,7
1434	62,9	29,9
1435	62,8	29,4
1436	62,7	28,7
1437	61,5	14,7
1438	61,9	17,2
1439	61,5	6,1
1440	61	9,9
1441	60,9	4,8
1442	60,6	11,1

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1443	60,3	6,9
1444	60,8	7
1445	60,2	9,2
1446	60,5	21,7
1447	60,2	22,4
1448	60,7	31,6
1449	60,9	28,9
1450	59,6	21,7
1451	60,2	18
1452	59,5	16,7
1453	59,8	15,7
1454	59,6	15,7
1455	59,3	15,7
1456	59	7,5
1457	58,8	7,1
1458	58,7	16,5
1459	59,2	50,7
1460	59,7	60,2
1461	60,4	44
1462	60,2	35,3
1463	60,4	17,1
1464	59,9	13,5
1465	59,9	12,8
1466	59,6	14,8
1467	59,4	15,9
1468	59,4	22
1469	60,4	38,4
1470	59,5	38,8
1471	59,3	31,9
1472	60,9	40,8
1473	60,7	39
1474	60,9	30,1
1475	61	29,3
1476	60,6	28,4
1477	60,9	36,3
1478	60,8	30,5
1479	60,7	26,7
1480	60,1	4,7
1481	59,9	0
1482	60,4	36,2
1483	60,7	32,5
1484	59,9	3,1
1485	59,7	«m»
1486	59,5	«m»
1487	59,2	«m»
1488	58,8	0,6
1489	58,7	«m»
1490	58,7	«m»
1491	57,9	«m»
1492	58,2	«m»
1493	57,6	«m»
1494	58,3	9,5
1495	57,2	6
1496	57,4	27,3
1497	58,3	59,9
1498	58,3	7,3
1499	58,8	21,7
1500	58,8	38,9
1501	59,4	26,2
1502	59,1	25,5
1503	59,1	26

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1504	59	39,1
1505	59,5	52,3
1506	59,4	31
1507	59,4	27
1508	59,4	29,8
1509	59,4	23,1
1510	58,9	16
1511	59	31,5
1512	58,8	25,9
1513	58,9	40,2
1514	58,8	28,4
1515	58,9	38,9
1516	59,1	35,3
1517	58,8	30,3
1518	59	19
1519	58,7	3
1520	57,9	0
1521	58	2,4
1522	57,1	«m»
1523	56,7	«m»
1524	56,7	5,3
1525	56,6	2,1
1526	56,8	«m»
1527	56,3	«m»
1528	56,3	«m»
1529	56	«m»
1530	56,7	«m»
1531	56,6	3,8
1532	56,9	«m»
1533	56,9	«m»
1534	57,4	«m»
1535	57,4	«m»
1536	58,3	13,9
1537	58,5	«m»
1538	59,1	«m»
1539	59,4	«m»
1540	59,6	«m»
1541	59,5	«m»
1542	59,6	0,5
1543	59,3	9,2
1544	59,4	11,2
1545	59,1	26,8
1546	59	11,7
1547	58,8	6,4
1548	58,7	5
1549	57,5	«m»
1550	57,4	«m»
1551	57,1	1,1
1552	57,1	0
1553	57	4,5
1554	57,1	3,7
1555	57,3	3,3
1556	57,3	16,8
1557	58,2	29,3
1558	58,7	12,5
1559	58,3	12,2
1560	58,6	12,7
1561	59	13,6
1562	59,8	21,9
1563	59,3	20,9
1564	59,7	19,2

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1565	60,1	15,9
1566	60,7	16,7
1567	60,7	18,1
1568	60,7	40,6
1569	60,7	59,7
1570	61,1	66,8
1571	61,1	58,8
1572	60,8	64,7
1573	60,1	63,6
1574	60,7	83,2
1575	60,4	82,2
1576	60	80,5
1577	59,9	78,7
1578	60,8	67,9
1579	60,4	57,7
1580	60,2	60,6
1581	59,6	72,7
1582	59,9	73,6
1583	59,8	74,1
1584	59,6	84,6
1585	59,4	76,1
1586	60,1	76,9
1587	59,5	84,6
1588	59,8	77,5
1589	60,6	67,9
1590	59,3	47,3
1591	59,3	43,1
1592	59,4	38,3
1593	58,7	38,2
1594	58,8	39,2
1595	59,1	67,9
1596	59,7	60,5
1597	59,5	32,9
1598	59,6	20
1599	59,6	34,4
1600	59,4	23,9
1601	59,6	15,7
1602	59,9	41
1603	60,5	26,3
1604	59,6	14
1605	59,7	21,2
1606	60,9	19,6
1607	60,1	34,3
1608	59,9	27
1609	60,8	25,6
1610	60,6	26,3
1611	60,9	26,1
1612	61,1	38
1613	61,2	31,6
1614	61,4	30,6
1615	61,7	29,6
1616	61,5	28,8
1617	61,7	27,8
1618	62,2	20,3
1619	61,4	19,6
1620	61,8	19,7
1621	61,8	18,7
1622	61,6	17,7
1623	61,7	8,7
1624	61,7	1,4
1625	61,7	5,9

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1626	61,2	8,1
1627	61,9	45,8
1628	61,4	31,5
1629	61,7	22,3
1630	62,4	21,7
1631	62,8	21,9
1632	62,2	22,2
1633	62,5	31
1634	62,3	31,3
1635	62,6	31,7
1636	62,3	22,8
1637	62,7	12,6
1638	62,2	15,2
1639	61,9	32,6
1640	62,5	23,1
1641	61,7	19,4
1642	61,7	10,8
1643	61,6	10,2
1644	61,4	«m»
1645	60,8	«m»
1646	60,7	«m»
1647	61	12,4
1648	60,4	5,3
1649	61	13,1
1650	60,7	29,6
1651	60,5	28,9
1652	60,8	27,1
1653	61,2	27,3
1654	60,9	20,6
1655	61,1	13,9
1656	60,7	13,4
1657	61,3	26,1
1658	60,9	23,7
1659	61,4	32,1
1660	61,7	33,5
1661	61,8	34,1
1662	61,7	17
1663	61,7	2,5
1664	61,5	5,9
1665	61,3	14,9
1666	61,5	17,2
1667	61,1	«m»
1668	61,4	«m»
1669	61,4	8,8
1670	61,3	8,8
1671	61	18
1672	61,5	13
1673	61	3,7
1674	60,9	3,1
1675	60,9	4,7
1676	60,6	4,1
1677	60,6	6,7
1678	60,6	12,8
1679	60,7	11,9

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1680	60,6	12,4
1681	60,1	12,4
1682	60,5	12
1683	60,4	11,8
1684	59,9	12,4
1685	59,6	12,4
1686	59,6	9,1
1687	59,9	0
1688	59,9	20,4
1689	59,8	4,4
1690	59,4	3,1
1691	59,5	26,3
1692	59,6	20,1
1693	59,4	35
1694	60,9	22,1
1695	60,5	12,2
1696	60,1	11
1697	60,1	8,2
1698	60,5	6,7
1699	60	5,1
1700	60	5,1
1701	60	9
1702	60,1	5,7
1703	59,9	8,5
1704	59,4	6
1705	59,5	5,5
1706	59,5	14,2
1707	59,5	6,2
1708	59,4	10,3
1709	59,6	13,8
1710	59,5	13,9
1711	60,1	18,9
1712	59,4	13,1
1713	59,8	5,4
1714	59,9	2,9
1715	60,1	7,1
1716	59,6	12
1717	59,6	4,9
1718	59,4	22,7
1719	59,6	22
1720	60,1	17,4
1721	60,2	16,6
1722	59,4	28,6
1723	60,3	22,4
1724	59,9	20
1725	60,2	18,6
1726	60,3	11,9
1727	60,4	11,6
1728	60,6	10,6
1729	60,8	16
1730	60,9	17
1731	60,9	16,1
1732	60,7	11,4
1733	60,9	11,3
1734	61,1	11,2
1735	61,1	25,6

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1736	61	14,6
1737	61	10,4
1738	60,6	«m»
1739	60,9	«m»
1740	60,8	4,8
1741	59,9	«m»
1742	59,8	«m»
1743	59,1	«m»
1744	58,8	«m»
1745	58,8	«m»
1746	58,2	«m»
1747	58,5	14,3
1748	57,5	4,4
1749	57,9	0
1750	57,8	20,9
1751	58,3	9,2
1752	57,8	8,2
1753	57,5	15,3
1754	58,4	38
1755	58,1	15,4
1756	58,8	11,8
1757	58,3	8,1
1758	58,3	5,5
1759	59	4,1
1760	58,2	4,9
1761	57,9	10,1
1762	58,5	7,5
1763	57,4	7
1764	58,2	6,7
1765	58,2	6,6
1766	57,3	17,3
1767	58	11,4
1768	57,5	47,4
1769	57,4	28,8
1770	58,8	24,3
1771	57,7	25,5
1772	58,4	35,5
1773	58,4	29,3
1774	59	33,8
1775	59	18,7
1776	58,8	9,8
1777	58,8	23,9
1778	59,1	48,2
1779	59,4	37,2
1780	59,6	29,1
1781	50	25
1782	40	20
1783	30	15
1784	20	10
1785	10	5
1786	0	0
1787	0	0
1788	0	0
1789	0	0
1790	0	0
1791	0	0
1792	0	0
1793	0	0

▼B

Tiempo (s)	Régimen normal (%)	Par normal (%)
1794	0	0
1795	0	0
1796	0	0
1797	0	0
1798	0	0
1799	0	0
1800	0	0

«m» = par motor.

La figura 5 muestra un gráfico del plan de servicio del dinamómetro durante una prueba ETC.

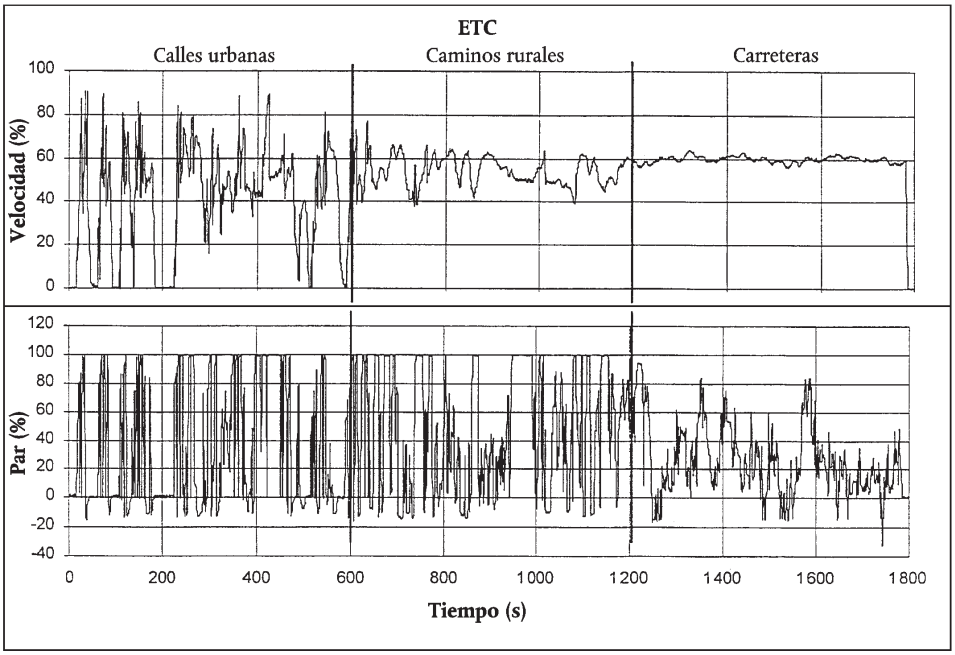


Figura 5

Plan de servicio del dinamómetro durante una prueba ETC

▼B

Apéndice 4

PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y DE MUESTREO

▼M1

1. INTRODUCCIÓN

Los componentes gaseosos, las partículas y los humos emitidos por el motor que se presenta para ser sometido a prueba se medirán utilizando los métodos que se describen en el anexo V. En los distintos puntos de dicho anexo se describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones de gases (punto 1), los sistemas recomendados de dilución y muestreo de partículas (punto 2) y los opacímetros recomendados para la medición de humos (punto 3).

Para la prueba ESC, los componentes gaseosos se determinarán en el gas de escape sin diluir. Otra posibilidad, en caso de que para la determinación de las partículas se utilice un sistema de dilución de flujo total, sería determinarlos en el gas de escape diluido. Las partículas se determinarán con un sistema de dilución de flujo total o de flujo parcial.

Para la prueba ETC, se podrá optar por uno de los siguientes sistemas:

— un sistema de dilución de CVS de flujo total para determinar las emisiones de gases y de partículas (se permitirán los sistemas de doble dilución),

— una combinación de medición del gas de escape sin diluir para la emisiones de gases y un sistema de dilución de flujo parcial para las emisiones de partículas,

o

— cualquier combinación de ambos principios (por ejemplo, medición de los gases sin diluir y medición de las partículas de flujo total).

▼B

2. DINAMÓMETRO Y EQUIPAMIENTO DE LA CELDA DE PRUEBA

En las pruebas de emisión de motores en dinamómetros se empleará el equipamiento siguiente.

2.1. **Dinamómetro para motores**

Se utilizará un dinamómetro para motores que posea las características adecuadas para efectuar los ciclos de prueba descritos en los apéndices 1 y 2 del presente anexo. El sistema de medición de régimen tendrá una precisión del ± 2 % de la lectura. El sistema de medición de par tendrá una precisión del ± 3 % de la lectura en el margen > 20 % del valor máximo de la escala, y una precisión del ± 0,6 % del valor máximo de la escala en el margen ≤ 20 % del valor máximo de la escala.

▼M1

2.2. **Otros instrumentos**

Se emplearán los instrumentos que se precisen para medir el consumo de combustible, el consumo de aire, la temperatura del líquido refrigerante y del lubricante, la presión del gas de escape y la depresión en el colector de admisión, la temperatura del gas de escape, la temperatura de admisión de aire, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura del combustible. Estos instrumentos deberán cumplir los requisitos indicados en el cuadro 9:

Cuadro 9

Precisión de los instrumentos de medición

Instrumento de medición	Precisión
Consumo de combustible	± 2 % del valor máximo del motor
Consumo de aire	± 2 % de la lectura o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores

▼**M1**

Instrumento de medición	Precisión
Caudal de gas de escape	± 2,5 % de la lectura o ± 1,5 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
Temperaturas ≤ 600 K (327 °C)	± 2 K absoluta
Temperaturas ≥ 600 K (327 °C)	± 1 % de la lectura
Presión atmosférica	± 0,1 kPa absoluta
Presión del gas de escape	± 0,2 kPa absoluta
Depresión de admisión	± 0,05 kPa absoluta
Otras presiones	± 0,1 kPa absoluta
Humedad relativa	± 3 % absoluta
Humedad absoluta	± 5 % de la lectura
Caudal de aire de dilución	± 2 % de la lectura
Caudal de gas de escape diluido	± 2 % de la lectura

3. DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES GASEOSOS

3.1. **Especificaciones generales del analizador**

Los analizadores tendrán un rango de medida apropiado para la precisión que se requiere para medir 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 sitúe entre el 15 y el 100 % del fondo de escala.

Si los sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) pueden proporcionar la suficiente precisión y una resolución por debajo del 15 % del fondo de escala, también se considerarán aceptables mediciones por debajo del 15 % de dicho valor. En tal caso, deberán efectuarse calibrados adicionales en al menos cuatro puntos distintos de cero equidistantes nominalmente, a fin de garantizar la precisión de las curvas de calibrado de conformidad con lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 5, punto 1.6.4.

El nivel de compatibilidad electromagnética (EMC) del equipo deberá ser capaz de minimizar cualquier error adicional.

3.1.1. *Precisión*

El analizador no se desviará del punto de calibrado nominal en más de un ± 2 % de la lectura en todo el rango de medida excepto cero, o de un ± 0,3 % del fondo de escala, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores. La precisión se determinará con arreglo a los requisitos en materia de calibrado establecidos en el presente anexo, apéndice 5, punto 1.6.

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

3.1.2. *Exactitud*

La exactitud, definida como 2,5 veces la desviación típica de diez respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o de ajuste del fondo de escala, no deberá ser mayor a un ± 1 % de la concentración del fondo de escala para cada rango usado por encima de 155 ppm (o ppm C) o a un ± 2 % de cualquier rango usado por debajo de 155 ppm (o ppm C).

3.1.3. *Ruido*

La respuesta pico a pico del analizador a los gases de puesta a cero y de calibración o de ajuste del fondo de escala medida durante cualquier

▼M1

período de diez segundos no excederá del 2 % del fondo de escala en cada uno de los rangos usados.

3.1.4. *Desviación de la respuesta al cero*

La respuesta al cero se define como la respuesta media, incluyendo el ruido, a un gas de puesta a cero durante un intervalo de treinta segundos. La desviación de la respuesta al cero durante un período de una hora será inferior al 2 % del fondo de escala del menor rango usado.

3.1.5. *Desviación de la respuesta al fondo de escala*

La respuesta al fondo de escala se define como la respuesta media, incluyendo el ruido, a un gas de ajuste del fondo de escala durante un intervalo de treinta segundos. La desviación de la respuesta al fondo de escala durante un período de una hora será inferior al 2 % del fondo de escala del menor rango usado.

3.1.6. *Tiempo de subida*

El tiempo de subida del analizador instalado en el sistema de medición no será superior a 3,5 segundos.

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 especial, los volúmenes muertos a través del sistema no solo afectarán al tiempo de recorrido desde la sonda hasta el analizador, sino también al tiempo de subida. También los tiempos de recorrido por el interior de un analizador, como el convertidor o los colectores de agua interiores del analizador de NO_x, serían definidos como tiempo de respuesta del analizador. La determinación del tiempo de respuesta de todo el sistema se describe en el presente anexo, apéndice 5, punto 1.5.

3.2. **Secado del gas**

El dispositivo opcional de secado del gas deberá influir lo menos posible en la concentración de los gases medidos. Los desecadores químicos no son un método aceptable para eliminar el 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 anexo V se describen en detalle los sistemas de medición. Los gases que hayan de medirse se analizarán con los instrumentos que se indican 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 NDIR, un analizador no dispersivo por absorción en los infrarrojos.

3.3.2. *Análisis del dióxido de carbono (CO_2)*

El analizador de dióxido de carbono será del tipo NDIR, un analizador no dispersivo por absorción en los infrarrojos.

3.3.3. *Análisis de hidrocarburos (HC)*

Para los motores diésel y los motores de gas alimentados con GLP, el analizador de hidrocarburos será del tipo HFID, un detector de ionización a la llama en caliente con detector, válvulas, conductos, etc., y con un elemento calefactor para mantener el gas 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 FID, un detector de ionización a la llama sin elemento calefactor, en función del método utilizado (véase anexo V, punto 1.3).

3.3.4. *Análisis de hidrocarburos no metánicos (NMHC) (motores de gas alimentados con GN exclusivamente)*

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán mediante uno de los métodos siguientes:

3.3.4.1. Método de cromatografía de gases (GC)

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán por sustracción del 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.

▼M1

3.3.4.2. Método del cortador no metánico (NMC)

Para determinar la fracción de hidrocarburos no metánicos se utilizará un NMC en caliente junto con un FID, según se indica en el punto 3.3.3, mediante sustracción del metano de los hidrocarburos.

3.3.5. *Análisis de óxidos de nitrógeno (NO_x)*

El analizador de óxidos de nitrógeno será un detector de luminiscencia química (CLD) o bien un detector de luminiscencia química en caliente (HCLD), con un convertidor NO_2/NO si se efectúa la medición en condiciones secas. Si la medición se realiza en condiciones húmedas, se utilizará un HCLD cuyo convertidor se mantendrá por encima de 328 K (55 °C), suponiendo que se realice la comprobación de la interferencia del agua (véase el presente anexo, apéndice 5, punto 1.9.2.2).

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 presente anexo, apéndice 2, punto 4.2.5, será un sensor de la relación aire/combustible de amplio rango o un sensor lambda del 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 como para eliminar la condensación de agua.

La precisión del sensor con dispositivos electrónicos incorporados será de:

± 3 % de la lectura $\lambda < 2$

± 5 % de la lectura $2 \leq \lambda < 5$

± 10 % de la lectura $5 \leq \lambda$

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

3.4. **Muestreo de emisiones de gases**

3.4.1. *Gas de escape sin diluir*

Las sondas de muestreo de emisiones de gases se introducirán a una profundidad mínima de 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape — debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores — antes del punto de salida del sistema de gases de escape, pero lo suficientemente cerca del motor como para garantizar que los gases de escape se mantienen a una temperatura de al menos 343 K (70 °C) en la sonda.

En el caso de un motor de varios cilindros con un colector de escape bifurcado, la entrada de la sonda estará situada lo suficientemente lejos en la dirección del caudal de escape como para garantizar que la muestra obtenida es representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En los motores de varios cilindros que posean grupos de colectores separados, como, por ejemplo, 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_2. También podrán utilizarse otros métodos siempre que se haya demostrado que son equivalentes a los anteriores. Para calcular la emisión de gases de escape se utilizará el caudal másico total de gas de escape.

Si el motor incorporara un sistema de postratamiento de gases de escape, la muestra de 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 ser conforme a los requisitos del anexo V, punto 2.3.1 (tubo de escape).

La sonda o sondas de muestreo para emisiones de gases se instalarán en el túnel de dilución, en un punto en el que el aire de dilución y el gas de escape se mezclen perfectamente, y muy cerca de la sonda de muestreo de partículas.

Por regla general, el muestreo podrá efectuarse de dos maneras:

— los contaminantes se recogen en una bolsa de muestreo durante el ciclo y se miden tras finalizar la prueba,

▼M1

— 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_x.

4. DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

Para la determinación de las partículas se precisa un sistema de dilución. La dilución podrá conseguirse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o bien mediante un sistema de doble dilución de flujo total. La capacidad de caudal del sistema de dilución será lo suficientemente grande como 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) ([1]) en un punto situado inmediatamente antes de los portafiltros. Se permitirá controlar la humedad del aire de dilución antes de que éste penetre en el sistema de dilución, y la deshumidificación resulta especialmente indicada cuando el aire de dilución posee un alto grado de humedad. La temperatura del aire de dilución será superior a 288 K (15 °C) cerca de la entrada del túnel de dilución.

El diseño del sistema de dilución de flujo parcial deberá ser de tal manera que permita tomar una muestra proporcional de gas de escape sin diluir del caudal de escape del motor, respondiendo así a las variaciones en el caudal de escape, e introducir aire de dilución en dicha muestra para obtener una temperatura inferior a 325 K (52 °C) en el filtro de ensayo. Para ello, es esencial determinar la tasa de dilución o la relación de muestreo r_{dil} o r_s de forma que se respeten los límites en materia de precisión establecidos en el presente anexo, apéndice 5, punto 3.2.1. Podrán utilizarse diferentes métodos de extracción, dependiendo en gran medida el *hardware* y los procedimientos de muestreo que vayan a utilizarse del tipo de extracción empleado (anexo V, punto 2.2).

Por norma general, la sonda de muestreo de partículas se instalará muy cerca de la sonda de muestreo de emisiones de gases, pero a una distancia suficiente para no provocar interferencias. Por consiguiente, también serán aplicables al muestreo de partículas las disposiciones en materia de instalación establecidas en el punto 3.4.1. El conducto de muestreo deberá cumplir los requisitos establecidos en el anexo V, punto 2.

En el caso de un motor de varios cilindros con un colector de escape bifurcado, la entrada de la sonda estará situada lo suficientemente lejos en la dirección del caudal de escape como para garantizar que la muestra obtenida es representativa de la media de emisiones de escape de todos los cilindros. En los motores de varios cilindros que posean grupos de colectores separados, como, por ejemplo, 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. También podrán utilizarse otros métodos si se demostrara que son equivalentes a los anteriores. Para calcular la emisión de gases de escape se utilizará el caudal másico total de gas de escape.

Para determinar la masa de partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza capaz de pesar microgramos y una cámara de pesado con temperatura y humedad controladas.

Para el muestreo de partículas se aplicará el método del filtro único, que utiliza un solo filtro (véase el punto 4.1.3) durante todo el ciclo de pruebas. Para la prueba ESC, se deberá prestar especial atención a los tiempos y los caudales de muestreo durante la fase de muestreo de la prueba.

4.1. **Filtros de muestreo de partículas**

El filtro utilizado para el muestreo de los gases de escape diluidos deberá cumplir, durante la secuencia de prueba, los requisitos establecidos en los puntos 4.1.1 y 4.1.2.

4.1.1. *Especificaciones de los filtros*

Se utilizarán obligatoriamente filtros de fibra de vidrio revestidos de fluorocarburos. Todos los tipos de filtro deberán tener una capacidad de

([1]) La Comisión procederá a la revisión de la temperatura antes del portafiltros, 325 K (52 °C), y, en su caso, propondrá una temperatura alternativa que deberá aplicarse para la homologación de nuevos tipos a partir del 1 de octubre de 2008.

▼M1

retención de 0,3 μm DOP (dioctilftalato) de al menos el 99 % a una velocidad de flujo del gas de 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. Podrán admitirse filtros con un diámetro mayor (punto 4.1.4), pero no menor.

4.1.3. *Velocidad de filtración*

Se deberá obtener una velocidad de flujo de gas a través del filtro de 35 a 100 cm/s. El incremento de la caída de presión entre el inicio y el final de la prueba no será superior a 25 kPa.

4.1.4. *Carga del filtro*

En el cuadro 10 se indican las cargas mínimas de los filtros requeridas para los tamaños de filtro más comunes. En el caso de filtros mayores, la carga mínima del filtro será de 0,065 mg/1 000 mm^2 de la superficie filtrante.

Cuadro 10

Cargas mínimas del filtro

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 pruebas anteriores, que se pueda alcanzar la carga mínima del filtro exigida en un ciclo de pruebas una vez optimizados los caudales y la tasa de dilución, podrá aceptarse una carga inferior, previo acuerdo de las partes interesadas, siempre que se demuestre que se cumplen los requisitos en materia de precisión establecidos en el punto 4.2, por ejemplo, un equilibrio de 0,1 μg.

4.1.5. *Portafiltros*

Para las pruebas de emisiones, los filtros se colocarán en un conjunto portafiltros que deberá cumplir los requisitos establecidos en el anexo V, punto 2.2. El diseño del conjunto portafiltros deberá permitir una distribución uniforme del caudal a través de la superficie filtrante. Antes o después del portafiltros se colocarán válvulas de cierre rápido. Podrá instalarse un preclasificador inercial con un punto de corte del 50 % entre 2,5 μm y 10 μm inmediatamente antes o después del portafiltros. Se recomienda encarecidamente el uso del preclasificador en caso de que se utilice, de cara a la corriente del caudal de escape, una sonda de muestreo de tubo abierto.

4.2. **Especificaciones de la cámara de pesado y de la balanza de análisis**

4.2.1. *Condiciones de la cámara de pesado*

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 pesado de los filtros. La humedad se mantendrá a un punto de rocío de 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) y una humedad relativa del 45 % ± 8 %.

4.2.2. *Pesaje de los filtros de referencia*

El aire interior de la cámara (o sala) estará libre de cualquier tipo de contaminante ambiental (como el polvo) que pudiera depositarse sobre los filtros de partículas durante su estabilización. Se permitirán alteraciones de las especificaciones de la sala de pesado descritas en el punto 4.2.1 si la duración de las mismas no supera los treinta minutos. La sala de pesado debería cumplir las especificaciones requeridas antes de que el personal penetre en su interior. 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.

▼M1

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 la prueba de emisiones.

Si no se cumplen los criterios de estabilidad de la sala de pesado incluidos en el punto 4.2.1 pero los pesajes de los filtros de referencia satisfacen los criterios arriba mencionados, el fabricante del motor podrá optar por aceptar los pesos del filtro de muestreo o anular las pruebas, reparar el sistema de control de la sala de pesado y repetir las pruebas.

4.2.3. *Balanza de análisis*

La balanza de análisis que se use para determinar el peso de los filtros tendrá una exactitud (desviación típica) de al menos 2 µg y una resolución de al menos 1 µg (1 dígito = 1 µg) especificada por el fabricante de la misma.

4.2.4. *Eliminación de los efectos de la electricidad estática*

Para eliminar los efectos de la electricidad estática se deberán neutralizar los filtros antes del pesaje, por ejemplo con un eliminador de polonio, una pantalla 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 precisión del caudal de la muestra q_{mp}, si éste no se mide directamente sino que se determina mediante medición diferencial del caudal:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw}$$

En tal caso, no bastará una precisión del ± 2 % para q_{mdew} y q_{mdw} para garantizar unas precisiones de q_{mp} admisibles. Si el caudal de gas se determina mediante medición diferencial del caudal, el error máximo de la diferencia será tal que la precisión de q_{mp} sea del ± 5 % cuando la tasa de dilución sea inferior a 15. Se podrá calcular sacando la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los errores de cada instrumento.

Para obtener unas precisiones de q_{mp} admisibles, se podrá utilizar cualquiera de los métodos siguientes:

las precisiones absolutas de q_{mdew} y q_{mdw} son del ± 0,2 %, lo que garantiza una precisión de q_{mp} del ≤ 5 % con una tasa de dilución de 15; sin embargo, si la tasa de dilución es superior, se producirán errores mayores;

el calibrado de q_{mdw} en relación con q_{mdew} se realiza de manera que se obtengan para q_{mp} las mismas precisiones que en a) (véanse los detalles de esta calibración en el anexo III, apéndice 5, punto 3.2.1);

la precisión de q_{mp} se determina indirectamente a partir de la precisión de la tasa de dilución determinada mediante un gas indicador, por ejemplo CO_2; también en este caso son necesarias precisiones equivalentes a la del método a) para q_{mp};

la precisión absoluta de q_{mdew} y q_{mdw} es del ± 2 % del fondo de escala, el error máximo de la diferencia entre q_{mdew} y q_{mdw} no supera un 0,2 % y el error de linearidad es del ± 0,2 % del q_{mdew} más elevado observado durante la prueba.

▼B

5. DETERMINACIÓN DE LOS HUMOS

En este punto figuran las especificaciones relativas a los equipos, tanto preceptivos como opcionales, a utilizar durante la prueba ELR. Los humos se medirán con un opacímetro capaz de leer la opacidad y el coeficiente de absorción de la luz. El modo de lectura de la opacidad se utilizará exclusivamente para el calibrado y comprobación del opacímetro. Los valores de humos del ciclo de prueba se medirán con el modo de lectura del coeficiente de absorción de la luz.

▼B

5.1. **Requisitos generales**

Para la prueba ELR es preciso utilizar un sistema de medición de humos y proceso de datos que incluya tres unidades funcionales. Dichas unidades podrán estar integradas en un único componente o suministrarse como un sistema de componentes interconectados. Las tres unidades funcionales son:

— Un opacímetro que cumpla las especificaciones enumeradas en el punto 3 del anexo V,

— Una unidad de proceso de datos capaz de desempeñar las funciones descritas en el punto 6 del apéndice 1 del anexo III,

— Una impresora y/o un soporte electrónico de datos para registrar e imprimir los valores de humos que se precisan, especificados en el punto 6.3 del apéndice 1 del anexo III.

5.2. **Requisitos específicos**

5.2.1. *Linealidad*

La linealidad será del ± 2 % de la opacidad.

5.2.2. *Deriva del cero*

La deriva del cero durante un período de una hora no superará el ± 1 % de la opacidad.

5.2.3. *Pantalla de visualización y escala del opacímetro*

Para la pantalla de visualización de la opacidad, la escala irá del 0 al 100 % de opacidad, y la legibilidad será del 0,1 % de opacidad. Para la pantalla de visualización del coeficiente de absorción de la luz, la escala irá de 0 a 30 m^{-1} de coeficiente de absorción de la luz, y la legibilidad será de 0,01 m^{-1} de coeficiente de absorción de la 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 la salida de un receptor de respuesta rápida señala el 10 y el 90 % de la desviación máxima cuando la opacidad del gas que se mide cambia en menos de 0,1 s.

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 la salida del opacímetro señala el 10 y el 90 % del valor máximo de la escala cuando la fuente de luz se interrumpe o se extingue por completo en menos de 0,01 s.

5.2.5. *Filtros neutros*

El valor conocido de todo filtro neutro que se utilice en operaciones de calibrado del opacímetro, mediciones de linealidad o ajuste de la sensibilidad deberá tener una precisión mínima del 1,0 % de opacidad. Al menos una vez al año es preciso comprobar la precisión del valor nominal del filtro, para lo cual se utilizará una referencia atribuible a una norma nacional o internacional.

Los filtros neutros son dispositivos de precisión y se pueden estropear fácilmente durante su uso. Se manipularán lo menos posible y, cuando ello sea necesario, se hará con sumo cuidado para evitar arañar o ensuciar el filtro.

▼B

Apéndice 5

PROCEDIMIENTO DE CALIBRADO

1. CALIBRADO DE LOS INSTRUMENTOS ANALÍTICOS

1.1. **Introducción**

Cada analizador se calibrará con la frecuencia que sea necesaria para cumplir los requisitos de precisión de la presente Directiva. En este punto se describe el método de calibrado a emplear para los analizadores enumerados en el punto 3 del apéndice 4 del anexo III, y en el punto 1 del anexo V.

1.2. **Gases de calibrado**

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

Se registrará la fecha de caducidad que indique el fabricante para los gases de calibrado.

1.2.1. *Gases puros*

La pureza que deben tener los gases viene definida por los límites de contaminación abajo indicados. Se precisarán los siguientes gases:

Nitrógeno purificado

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 0,1 ppm NO)

Oxígeno purificado

(Pureza > 99,5 % vol O_2)

Mezcla hidrógeno-helio

(40 ± 2 % hidrógeno, helio equilibrado)

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO_2)

Aire sintético purificado

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 0,1 ppm NO)

(Contenido en oxígeno entre 18 y 21 % vol)

Propano purificado o CO para la verificación del CVS

1.2.2. *Gases de calibrado y de ajuste de sensibilidad*

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

C_3H_8 y aire sintético purificado (véase el punto 1.2.1),

CO y nitrógeno purificado,

NO_x y nitrógeno purificado (la cantidad de NO_2 contenida en este gas de calibrado no deberá superar el 5 % del contenido en NO),

CO_2 y nitrógeno purificado,

CH_4 y aire sintético purificado,

C_2H_6 y aire sintético purificado.

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

La concentración real de un gas de calibrado y ajuste de sensibilidad debe estar dentro del ± 2 % del valor nominal. Todas las concentraciones de gas de calibrado se indicarán en base al volumen (porcentaje en volumen o ppm por volumen).

Los gases empleados para calibrado y ajuste de la sensibilidad también podrán obtenerse mediante un divisor de gases, en dilución con N_2 purificado o con aire sintético purificado. La precisión del mezclador será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibrado diluidos con un error del ± 2 %.

▼M1

1.2.3. *Utilización de mezcladores de precisión*

Los gases utilizados con fines de calibrado y ajuste del fondo de escala podrán obtenerse también mediante mezcladores de precisión (divisores de gas), diluyéndolos con N_2 purificado o con aire sintético purificado. La precisión del mezclador deberá ser tal que la concentración de los gases de calibración mezclados pueda determinarse con una aproximación del ± 2 %. Esta precisión implica que los gases primarios utilizados para la mezcla deben conocerse con una precisión mínima del ± 1 %, conforme con normas nacionales o internacionales para gases. La verificación se realizará a un valor entre el 15 y el 50 % del fondo de escala para cada calibrado que incorpore un mezclador.

Otra posibilidad sería verificar el mezclador con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo utilizando gas NO con un CLD. El valor de fondo de escala del instrumento se ajustará con el gas de ajuste del fondo de escala 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 del ± 1 % del valor nominal.

▼B

1.3. **Procedimiento que debe seguirse para la utilización de los analizadores y del sistema de muestreo**

El procedimiento seguido para la utilización de los analizadores deberá ajustarse a las instrucciones de puesta en marcha y de utilización facilitadas por el fabricante de los aparatos. Deberán incluirse los requisitos mínimos indicados en los puntos 1.4 a 1.9.

▼M1

1.4. **Prueba de estanquidad**

Se efectuará una prueba de estanquidad del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obturará su extremo. A continuación se pondrá en marcha la bomba del analizador. Tras un período inicial de estabilización, todos los caudalímetros deberán marcar cero. En caso contrario, se verificarán los conductos de muestreo y se corregirá el error.

La máxima tasa de fuga admisible en el lado de vacío será del 0,5 % del caudal en uso en la parte del sistema que se está verificando. Para estimar los caudales en uso podrán utilizarse los caudales del analizador y los caudales en derivación.

Otra posibilidad sería vaciar el sistema a una presión mínima de 20 kPa vacío (80 kPa absoluta). Tras un período de estabilización inicial, el incremento de presión Δp (kPa/min) en el sistema no deberá sobrepasar el valor:

$$\Delta p = p / V_s \times 0{,}005 \times q_{vs}$$

donde:

V_s = volumen del sistema, l

q_{vs} = caudal del sistema, l/min

Otro método consiste en introducir una variación escalonada en la concentración al principio del conducto de muestreo, pasando de gas de puesta a cero a gas de ajuste del fondo de escala. Si, transcurrido un período de tiempo adecuado, la lectura muestra un valor inferior en aproximadamente un 1 % a la concentración introducida, lo más probable es que existan problemas de calibrado o de estanquidad.

1.5. **Verificación del tiempo de respuesta del sistema analítico**

El reglaje del sistema a fin de evaluar el tiempo de respuesta será exactamente el mismo que durante la medición de la prueba (es decir, presión, caudales, reglaje del filtro en los analizadores y todos los demás elementos que repercuten 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 la prueba darán lugar a un cambio de la concentración del 60 % del fondo de escala como mínimo.

Se registrará la indicación de concentración de cada uno de los componentes del gas. Por tiempo de respuesta se entenderá 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

▼M1

(t_{90}) consiste en el tiempo de retraso del detector de medición y en el tiempo de subida del detector. Por tiempo de retraso se entenderá 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 entenderá el tiempo entre la respuesta al 10 % y al 90 % de la lectura final ($t_{90} - t_{10}$).

Para el alineamiento temporal del analizador y las señales del caudal de escape en el caso de medición sin dilución, se entenderá por tiempo de transformación el intervalo de tiempo que transcurre desde el cambio (t_0) hasta que la respuesta alcance el 50 % de la lectura final (t_{50}).

El tiempo de respuesta del sistema será ≤ 10 segundos, con un tiempo de subida ≤ 3,5 segundos para todos los componentes limitados (CO, NO_x, HC o NMHC) y todos los rangos de medida utilizados.

1.6. **Calibrado**

1.6.1. *Instrumental*

Se calibrará el instrumental y se contrastarán las curvas de calibrado con los gases patrón. Se emplearán los mismos caudales de gas que se utilizan para el muestreo de los gases de escape.

1.6.2. *Tiempo de calentamiento*

El tiempo de calentamiento será el que recomiende el fabricante. De no especificarse, se recomienda calentar los analizadores un mínimo de dos horas.

1.6.3. *Analizadores NDIR y HFID*

Se regulará, si es preciso, el analizador NDIR y se optimizará la llama de combustión del analizador HFID (punto 1.8.1).

1.6.4. *Establecimiento de la curva de calibrado*

— Se calibrarán todos los rangos de operación que se empleen normalmente.

— Se pondrán a cero los analizadores de CO, CO_2, NO_x y HC utilizando aire sintético purificado (o nitrógeno).

— Se introducirán en los analizadores los gases de calibración apropiados, se registrarán sus valores y se establecerá la curva de calibrado.

— La curva de calibrado se establecerá mediante seis puntos de calibrado como mínimo (excluido el cero) aproximadamente equidistantes en el rango de operación. La mayor concentración nominal no deberá ser inferior al 90 % del fondo de escala.

— La curva de calibrado se calculará por el método de los mínimos cuadrados. Podrá utilizarse una ecuación ideal lineal o no lineal.

— Los puntos de calibrado no diferirán de la línea ideal de mínimos cuadrados en más de un ± 2 % de la lectura o de un ± 0,3 % del fondo de escala, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores.

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

1.6.5. *Otros métodos*

Se podrán aplicar otras tecnologías (por ejemplo, ordenador, conmutador de escalas con control electrónico, etc.), siempre que se demuestre que ofrecen resultados de precisión equivalente.

1.6.6. *Calibrado del analizador de gas indicador para la medición del caudal de escape*

La curva de calibrado se establecerá mediante seis puntos de calibrado como mínimo (excluido el cero) aproximadamente equidistantes en el rango de operación. La mayor concentración nominal no deberá ser inferior al 90 % del fondo de escala. La curva de calibrado se calculará por el método de los mínimos cuadrados.

Los puntos de calibrado no diferirán de la línea ideal de mínimos cuadrados en más de un ± 2 % de la lectura o de un ± 0,3 % del fondo de escala, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores.

▼M1

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

▼B

►M1 1.6.7. ◄ *Verificación del calibrado*

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

Se verificará el calibrado utilizando un gas de puesta a cero y un gas de ajuste de la sensibilidad cuyo valor nominal sea superior al 80 % del valor máximo de la escala de medición.

En caso de que, para los dos puntos que se consideran, el valor hallado no presente una diferencia mayor al ± 4 % del valor máximo de la escala con respecto al valor de referencia declarado, podrán modificarse los parámetros de ajuste. En caso contrario, se establecerá una nueva curva de calibrado de conformidad con el punto 1.5.5.

1.7. **Prueba de eficacia del convertidor de NO_x**

La eficacia del convertidor que se utilice para la conversión de NO_2 en NO deberá comprobarse como se indica en los puntos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).

1.7.1. *Montaje de ensayo*

Utilizando el montaje de ensayo indicado en la figura 6 (véase también el punto 3.3.5 del apéndice 4 del anexo III) y según el procedimiento descrito a continuación, se puede comprobar la eficacia de los convertidores mediante un ozonizador.

1.7.2. *Calibrado*

Se calibrarán el CLD y el HCLD en la escala de funcionamiento más corriente siguiendo las indicaciones del fabricante, utilizando gas de puesta a cero y gas de ajuste de la sensibilidad (cuyo contenido en NO deberá ser aproximadamente el 80 % de la escala de funcionamiento, y la concentración de NO_2 de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO_x deberá encontrarse en la fase NO, de modo que el gas de ajuste de la sensibilidad no pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada.

1.7.3. *Cálculo*

La eficacia del convertidor de NO_x se calculará de la manera siguiente:

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

donde:

a = la concentración de NO_x según el punto 1.7.6,

b = la concentración de NO_x según el punto 1.7.7,

c = la concentración de NO según el punto 1.7.4,

d = la concentración de NO según el punto 1.7.5.

1.7.4. *Adición de oxígeno*

Mediante un conector en T, se añadirá oxígeno o aire de puesta a cero de manera continua al caudal de gas hasta que la concentración indicada sea aproximadamente un 20 % inferior a la concentración de calibrado indicada, tal como figura en el punto 1.7.2. (El analizador se encuentra en la fase NO). Deberá registrarse la concentración indicada c. El ozonizador se mantendrá fuera de funcionamiento durante todo el proceso.

1.7.5. *Activación del ozonizador*

A continuación se activará el ozonizador a fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO al 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibrado indicada en el punto 1.7.2. Deberá registrarse la concentración indicada d. (El analizador se encuentra en la fase NO).

▼B

1.7.6. *Fase NO_x*

El analizador de NO se conmutará luego a la fase NO_x, con lo cual la mezcla de gases (constituida por NO, NO_2, O_2 y N_2) pasará a través del convertidor. Deberá registrarse la concentración indicada. (El analizador se encuentra en la fase NO_x).

1.7.7. *Desactivación del ozonizador*

A continuación se pondrá fuera de funcionamiento el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el punto 1.7.6 pasará a través del convertidor al detector. Deberá registrarse la concentración indicada b. (El analizador se encuentra en la fase NO_x).

1.7.8. *Fase NO*

Al estar en la fase NO con el ozonizador fuera de funcionamiento, también queda interrumpido el flujo de oxígeno o de aire sintético. La medida de NO_x indicada por el analizador no deberá diferir en más del ± 5 % del valor medido según el punto 1.7.2. (El analizador se encuentra en la fase NO).

1.7.9. *Intervalo de prueba*

La eficacia del convertidor deberá verificarse antes de cada calibrado del analizador de NO_x.

1.7.10. *Eficacia mínima*

La eficacia del convertidor no será inferior al 90 %, aunque se recomienda que sea del 95 %.

Nota: Si, estando el analizador en la escala más habitual, el ozonizador no es capaz de conseguir una reducción del 80 % al 20 % según lo indicado en el punto 1.7.5, entonces se utilizará la mayor escala con que se pueda conseguir esa reducción.

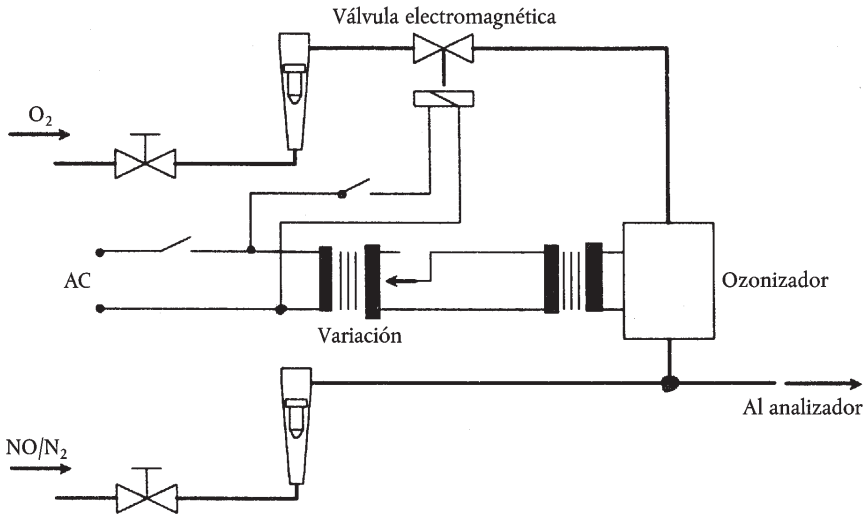


Figura 6

Esquema del dispositivo recuperador del convertidor de NO_x

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. Para optimizar la respuesta en la escala de funcionamiento más habitual, conviene utilizar un gas de ajuste de la sensibilidad compuesto de propano disuelto en aire.

Tras seleccionar el caudal de carburante y de aire que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas de ajuste de la sensibilidad de 350 ± 75 ppm C. La respuesta con un determinado caudal de carburante se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas de ajuste de la sensibilidad y la respuesta del gas de puesta a cero.

▼B

El caudal de carburante se ajustará de manera progresiva por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrará la respuesta de sensibilidad y la respuesta a cero para estos caudales de carburante. La diferencia entre la respuesta de sensibilidad y la respuesta a cero se representará gráficamente y el caudal de carburante se ajustará a la mitad rica de la curva.

1.8.2. *Factores de respuesta de hidrocarburos*

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

Los factores de respuesta se determinarán cuando se ponga un analizador en servicio y después de un largo intervalo de servicio. El factor de respuesta (R_f) para una determinada clase de hidrocarburo es la relación entre la lectura de C1 del FID y la concentración de gas en el cilindro, expresada en ppm de C1.

La concentración del gas de prueba será tal que proporcione una respuesta de aproximadamente el 80 % del valor máximo de la escala. Es preciso conocer la concentración con una precisión del ± 2 % en referencia a una norma gravimétrica expresada en volumen. Asimismo, el cilindro de gas se acondicionará previamente durante 24 horas a una temperatura de 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °C).

A continuación se indican los gases de prueba a utilizar y los correspondientes intervalos recomendados de los factores de respuesta:

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

Propileno y aire sintético purificado: $0{,}90 \leq R_f \leq 1{,}10$

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

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

1.8.3. *Prueba de interferencia de oxígeno*

La prueba de interferencia de oxígeno se efectuará cuando se ponga en servicio un analizador y tras un largo intervalo de servicio.

Se define el factor de respuesta, el cual se determinará según lo indicado en el punto 1.8.2. A continuación se indica el gas de prueba a utilizar y el correspondiente intervalo recomendado del factor de respuesta:

Propano y nitrógeno: $0{,}95 \leq R_r \leq 1{,}05$

Este valor se refiere al factor de respuesta (R_f) de 1,00 para propano y aire sintético purificado.

La concentración de oxígeno en el aire del quemador del FID presentará una diferencia máxima de ± 1 mol% respecto a la concentración de oxígeno en el aire del quemador utilizado en la última prueba de interferencia de oxígeno. Si la diferencia es mayor, es preciso comprobar la interferencia de oxígeno y ajustar el analizador, en su caso.

1.8.4. *Eficacia del cortador no metánico (NMC, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN)*

El NMC se emplea para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestreo, para lo cual se oxidan 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. Al objeto de medir con precisión los NMHC, se determinarán las dos eficacias, las cuales se utilizarán para calcular el caudal másico de la emisión de NMHC (véase el punto 4.3 del apéndice 2 del anexo III).

1.8.4.1. Eficacia del metano

Se hará circular el metano, como gas de calibrado, por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficacia se determinará de la manera siguiente:

$$CE_M = 1 - (conc_w/conc_{w/o})$$

donde:

$conc_w$ = Concentración de HC con el CH_4 circulando por el NMC,

$conc_{w/o}$ = Concentración de HC con el CH_4 en derivación, sin pasar por el NMC.

▼B

1.8.4.2. Eficacia del etano

Se hará circular el etano, como gas de calibrado, por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficacia se determinará de la manera siguiente:

$$CE_E = 1 - \frac{conc_w}{conc_{w/o}}$$

donde:

$conc_w$ = Concentración de HC con el C_2H_6 circulando por el NMC.

$conc_{w/o}$ = Concentración de HC con el C_2H_6 en derivación, sin pasar por el NMC.

1.9. **Efectos interferentes con los analizadores de CO, CO_2 y NO_x**

Los gases de escape, aparte del que se analiza, pueden interferir en la lectura de distintas 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 aumenta la banda de absorción del gas medido, y en los detectores CLD, cuando el gas interferente reduce la radiación. Las pruebas de interferencia descritas en los puntos 1.9.1. y 1.9.2. se efectuarán antes de utilizar por primera vez un analizador y tras un largo período de servicio.

1.9.1. *Prueba de interferencia del analizador de CO*

El agua y el CO_2 pueden interferir con el rendimiento del analizador de CO. Por consiguiente, se tomará CO_2, como gas de ajuste de la sensibilidad, con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala máxima de funcionamiento utilizada durante la prueba, y se le hará borbotear en agua a la temperatura ambiente, registrándose la respuesta del analizador. Dicha respuesta no superará el 1 % del valor máximo de las escalas iguales o por encima de 300 ppm, o bien el valor de 3 ppm en las escalas por debajo de 300 ppm.

1.9.2. *Comprobaciones del efecto interferente 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 respuestas interferentes a estos gases son proporcionales a sus concentraciones, de modo que se precisan técnicas de prueba para determinar el grado de interferencia a las concentraciones máximas que se espera alcanzar durante la prueba.

1.9.2.1. Comprobación del efecto interferente del CO_2

Se tomará CO_2, como gas de ajuste de la sensibilidad, con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala máxima de funcionamiento, y se le hará pasar por el analizador NDIR, registrando el valor de CO_2 como valor A. A continuación se diluirá aproximadamente al 50 % con NO, como gas de ajuste de la sensibilidad, y se le hará pasar por los analizadores NDIR y (H)CLD, registrándose los valores de CO_2 y de NO como valores B y C, respectivamente. A continuación se interrumpirá el paso del CO_2, con lo que únicamente el NO seguirá circulando a través del (H)CLD, registrándose el valor de NO como valor D.

El efecto interferente, que no debe superar el 3 % del valor máximo de la escala, se calculará de la manera siguiente:

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

donde:

A = es la concentración de CO_2 no diluido medida con el NDIR, en %,

B = es la concentración de CO_2 diluido medida con el NDIR, en %,

C = es la concentración de NO diluido medida con el (H)CLD, en ppm,

▼B

D = es la concentración de NO no diluido medida con el (H)CLD, en ppm.

También podrán utilizarse otros métodos para diluir y cuantificar los valores de CO_2 y de NO, como gases de ajuste de la sensibilidad, como por ejemplo el mezclado dinámico.

1.9.2.2. Comprobación del efecto interferente del agua

Esta comprobación se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas húmedo. El cálculo del efecto interferente del agua debe tener en cuenta la dilución del NO en vapor de agua y la diferente proporción de la concentración de vapor de agua de la mezcla en relación con la concentración que se espera alcanzar durante la prueba.

Se tomará NO, como gas de ajuste de la sensibilidad, con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala normal de funcionamiento, y se le hará pasar por el analizador (H)CLD, registrando el valor de NO como valor D. A continuación se hará borbotear el NO en agua a la temperatura ambiente y se hará pasar por el (H)CLD, registrando el valor de NO como valor C. La presión absoluta de funcionamiento del analizador y la temperatura del agua se determinarán y registrarán como valores E y F, respectivamente. Se determinará y registrará como valor G la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura F del agua borboteante. 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_e) que se espera alcanzar de NO diluido (en vapor de agua) se calculará de la manera siguiente:

$$D_e = D \times (1 - H/100)$$

Para los gases de escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua (H_m, en %) que se espera obtener durante la prueba, suponiendo una relación atómica H/C en el carburante de 1,8:1, en base a la concentración de CO_2 no diluido (A, medido según el punto 1.9.2.1), de la manera siguiente:

$$H_m = 0{,}9 \times A$$

El efecto interferente del agua, que no debe superar el 3 %, se calculará de la manera siguiente:

$$\text{Interferencia del agua} = 100 \times ((D_e - C)/D_e) \times (H_m/H)$$

donde:

D_e = es la concentración esperada de NO diluido, en ppm,

C = es la concentración de NO diluido, en ppm,

H_m = es la concentración máxima de vapor de agua, en %,

H = es la concentración efectiva de vapor de agua, en %.

Nota: Es importante que el NO, como gas de ajuste de la sensibilidad, contenga una concentración mínima de NO_2 para esta comprobación, ya que la absorción de NO_2 en el agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos del efecto interferente.

1.10. **Intervalos de calibrado**

Los analizadores se calibrarán de acuerdo con el punto 1.5 al menos cada 3 meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en el calibrado.

2. CALIBRADO DEL SISTEMA CVS

2.1. **Aspectos generales**

El sistema CVS se calibrará con un caudalómetro de precisión prescrito por una norma nacional o internacional y con un limitador de caudal. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador. Asimismo, los parámetros de control del sistema se medirán y se relacionarán con el caudal.

Pueden utilizarse distintos tipos de caudalómetros, por ejemplo un tubo Venturi calibrado, un caudalómetro laminar calibrado, o un turbinímetro calibrado.

▼B

2.2. **Calibrado de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)**

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán simultáneamente con los parámetros relacionados con el caudalómetro que está conectado en serie con la bomba. El caudal calculado (en m^3/min en la entrada de la bomba, para una presión y temperatura absolutas) se representará gráficamente en relación con una función correlacional que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función correlacional. Si un sistema CVS posee un accionamiento de varias velocidades, se efectuará el calibrado para cada una de las escalas utilizadas. La temperatura se mantendrá estable durante el calibrado.

2.2.1. *Análisis de datos*

El caudal de aire (Q_s) para cada posición del limitador (mínimo 6 posiciones) se calculará en m^3 estándar/min a partir de los datos del caudalómetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación se convertirá el caudal de aire a caudal de la bomba (V_0) en m^3/rev a una temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101{,}3}{p_A}$$

donde:

Q_s = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s,

T = temperatura en la entrada de la bomba, en K,

p_A = presión absoluta en la entrada de la bomba (p_a - p_1), en kPa,

n = régimen de la bomba, en rev/s.

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

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

donde:

Δp_p = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba, en kPa,

p_A = presión absoluta en la salida de la bomba, en kPa.

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

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

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

Para un sistema CVS que disponga de varias velocidades, las curvas de calibrado generadas para los distintos caudales de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección (D_0) aumentarán de manera inversamente proporcional al caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación presentarán una diferencia máxima del ± 0,5 % respecto al valor medido de V_0. Los valores de m variarán de una bomba a otra. El flujo de partículas acabará por provocar un descenso de la pérdida de la bomba, que se refleja en que los valores de m son menores. Así pues, el calibrado tendrá lugar a la puesta en servicio de la bomba, después de una reparación importante, y si la verificación total del sistema (punto 2.4) indica que se ha producido una variación de la pérdida.

▼B

2.3. **Calibrado del tubo Venturi de flujo crítico (CFV)**

El calibrado del CFV se basa en la ecuación de caudal para un tubo Venturi. El caudal de gas es una función de la presión y la temperatura de entrada, como se indica a continuación:

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

donde:

K_v = coeficiente de calibrado,

p_A = presión absoluta en la entrada del tubo Venturi, en kPa,

T = temperatura en la entrada del tubo Venturi, en K.

2.3.1. *Análisis de datos*

El caudal de aire (Q_s) para cada posición del limitador (mínimo 8 posiciones) se calculará en m^3 estándar/min a partir de los datos del caudalómetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibrado se calculará a partir de los datos de calibrado para cada posición, de la manera siguiente:

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

donde:

Q_s = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s,

T = temperatura en la entrada del tubo Venturi, en K,

p_A = presión absoluta en la entrada del tubo Venturi, en kPa.

Para determinar el margen de caudal crítico, K_v se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del tubo Venturi. Para el caudal crítico (de estrangulación), K_v tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuye la presión (aumenta el vacío), el tubo Venturi queda menos estrangulado y K_v disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del margen admisible.

Para un mínimo de ocho puntos en la región de caudal crítico, se calculará el K_v medio y la desviación normal. La desviación normal no superará el ± 0,3 % del K_V medio.

▼M1

2.4. **Calibrado del Venturi subsónico (SSV)**

El calibrado del SSV se basará en la ecuación de caudal para un Venturi subsónico. El caudal de gas es una función de la presión y temperatura de entrada y de la caída de la presión entre la entrada y la garganta del SSV.

2.4.1. *Análisis de datos*

El caudal de aire (Q_{SSV}) para cada posición del limitador (con un mínimo de dieciséis posiciones) se calculará en m^3/min en condiciones 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 calibrado para cada reglaje, de la manera siguiente:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]}$$

donde:

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

T = temperatura en la entrada del Venturi, en K

d = diámetro de la garganta del SSV, en m

▼M1

r_p = relación de la garganta del SSV con la presión estática absoluta de entrada =

$$1 - \frac{\Delta P}{P_A}$$

r_D = relación del diámetro de la garganta del SSV, d, con el diámetro interior del tubo de entrada =

$$\frac{d}{D}$$

Para determinar el rango del caudal subsónico, se representará gráficamente C_d como una función del número Reynolds en la garganta del SSV. El Re en la garganta del SSV se calculará utilizando la fórmula siguiente:

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

donde:

A_1 = un conjunto de constantes y factores de conversión 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 normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s

d = diámetro de la garganta del SSV, en m

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

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

b = constante empírica = $1{,}458 \times 10^6 \frac{kg}{\frac{1}{2}}$

S = constante empírica = 110,4 K $msK^{\frac{1}{2}}$

Como es necesario conocer el valor de Q_{SSV} para la fórmula Re, los cálculos deben comenzar con un valor inicial supuesto de Q_{SSV} o C_d del Venturi de calibrado 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 calibrado resultante no variarán más del ± 0,5 % del C_d medido en cada punto de calibrado.

▼B

►M1 2.5. ◄ **Verificación total del sistema**

La precisión 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. El contaminante se analiza y la masa se calcula de conformidad con el punto 4.3 del apéndice 2 del anexo III, excepto en el caso del propano, para el que se utiliza un factor de 0,000472 en lugar de 0,000479 para HC. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

►M1 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 lo suficientemente alta, el caudal,

▼B

que se regula mediante el orificio de flujo crítico, es independiente de la presión de salida del orificio (≡ flujo crítico). El sistema CVS funcionará como en una prueba normal de medición de gases de escape por espacio de 5 a 10 minutos aproximadamente. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración), y se calculará la masa del gas. La masa así determinada no diferirá en más del ± 3 % de la masa conocida del gas inyectado.

►M1 2.5.2. ◄ *Medición por medio de una técnica gravimétrica*

El peso de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano se determinará con una precisión de ± 0,01 gramos. Por espacio de 5 a 10 minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en una prueba normal de medición de gases de escape, mientras se inyecta monóxido de carbono o propano en el sistema. La cantidad de gas puro introducido se determinará por medio del 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 así determinada no diferirá en más del ± 3 % de la masa conocida del gas inyectado.

▼M1

3. CALIBRADO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS

3.1. **Introducción**

El calibrado de la medición de partículas se limitará a los caudalímetros utilizados para determinar el caudal de muestra y la tasa de dilución. Cada caudalímetro se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos en materia de precisión que establece la presente Directiva. El método de calibrado que deberá emplearse se describe en el punto 3.2.

3.2. **Medición del caudal**

3.2.1. *Calibrado periódico*

— Para cumplir la precisión absoluta de las mediciones de caudal especificada en el presente anexo, apéndice 4, punto 2.2, el caudalímetro o los instrumentos de medición de caudal se calibrarán con un caudalímetro de precisión conforme con normas nacionales o internacionales.

— 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 caudal de la sonda q_{mp} en el túnel respete los requisitos en materia de precisión del presente anexo, apéndice 4, punto 4.2.5.2:

a) el caudalímetro para q_{mdw} estará conectado en serie al caudalímetro para q_{mdew}, calibrándose la diferencia entre ambos caudalímetros en al menos cinco puntos de reglaje con valores de caudal equidistantes entre el valor q_{mdw} más bajo utilizado durante la prueba y el valor de q_{mdew} utilizado durante la prueba. Se podrá circunvalar el túnel de dilución;

b) se conectará en serie un dispositivo calibrado de caudal másico al caudalímetro para q_{mdew} y se verificará su precisión para el valor utilizado en la prueba. Seguidamente, el dispositivo calibrado de caudal másico se conectará en serie al caudalímetro para q_{mdw} y se verificará su precisión en al menos cinco posiciones de reglaje correspondientes a una tasa de dilución de entre 3 y 50, relativa al q_{mdew} utilizado durante la prueba;

c) se desconectará del escape el tubo de transferencia TT y se conectará a éste un dispositivo calibrado de medición de caudal con un rango adecuado para medir q_{mp}. A continuación se regulará q_{mdew} al valor utilizado durante la prueba y se regulará secuencialmente q_{mdw} a un mínimo de cinco valores correspondientes a relaciones de dilución q de entre 3 y 50. Otra posibilidad sería prever un recorrido especial del caudal de calibrado que circunvale el túnel, pero en el que el caudal de aire de dilución y el caudal de aire total pasen a través de los medidores correspondientes, como sucede en la prueba real;

d) se introducirá un gas indicador en el tubo de transferencia TT. Este gas indicador 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 componente del gas indicador. Esta operación se

▼M1

realizará para cinco tasas de dilución entre 3 y 50. La precisión del caudal de la muestra se determinará a partir de la tasa de dilución r_d:

$$q_{mp} = \frac{q_{mdew}}{r_d}$$

— Las precisiones de los analizadores de gas se tendrán en cuenta para garantizar la precisión de q_{mp}.

3.2.2. *Comprobación del caudal de carbono*

— Se recomienda verificar el caudal de carbono utilizando gases de escape reales para detectar posibles problemas de medición y control y para 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 funcionará a la carga de par y al régimen máximos o en cualquier modo estabilizado que genere al menos un 5 % de CO_2. El sistema de muestreo de flujo parcial funcionará con un factor de dilución de aproximadamente 15 a 1.

— Si se procede a la verificación del caudal de carbono, se aplicará el procedimiento previsto en el presente anexo, apéndice 6. Los caudales de carbono se calcularán con arreglo a lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 6, puntos 2.1 a 2.3. Los distintos caudales de carbono no deberían diferir en más de un 6 %.

3.2.3. *Verificación previa a la prueba*

— En las dos horas anteriores a la realización de la prueba se procederá a una verificación previa de la siguiente manera:

— La precisión de los caudalímetros se verificará siguiendo el mismo método utilizado para el calibrado (véase el punto 3.2.1) en al menos dos puntos, incluyendo valores de caudal de q_{mdw} que correspondan a relaciones de dilución de entre 5 y 15 para el valor de q_{mdew} utilizado durante la prueba.

— Si pudiera demostrarse, mediante los registros del procedimiento de calibrado descrito en el punto 3.2.1, que el calibrado del caudalímetro se mantiene estable durante un período de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa a la prueba.

3.3. **Determinación del tiempo de transformación (únicamente para sistemas de flujo parcial conforme a la prueba ETC)**

— El reglaje del sistema para la evaluación del tiempo de transformación será exactamente el mismo que durante la medición de la prueba. El tiempo de transformación se determinará mediante el método siguiente:

— Se conectará en serie a la sonda y estrechamente asociado a ésta un caudalímetro de referencia independiente con un rango de medida apropiado al caudal de la sonda. Este caudalímetro tendrá un tiempo de transformación inferior a 100 ms para el volumen de caudal utilizado con vistas a medir el tiempo de respuesta, con una restricción del caudal lo suficientemente baja como para no afectar a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial y conforme con las buenas prácticas técnicas.

— 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 partiendo de un caudal bajo hasta llegar, al menos, al 90 % del fondo de escala. El activador del cambio escalonado debería ser el mismo que el utilizado para poner en marcha el control anticipado en las pruebas 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.

— A partir de esos datos, se determinará el tiempo de transformación del sistema de dilución de flujo parcial, es decir, el intervalo 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

▼M1

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 prueba (véase el presente anexo, apéndice 2, punto 3.8.3.2).

— 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 msec) 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 presente anexo, apéndice 2, punto 3.8.3.2.

3.4. **Verificación de las condiciones de reducción del caudal**

El rango de la velocidad del gas de escape y las oscilaciones de la presión se verificarán y ajustarán, si procede, de conformidad con los requisitos del anexo V, punto 2.2.1 (tubo de escape).

3.5. **Intervalos de calibrado**

Los instrumentos de medición del caudal se calibrarán al menos cada tres meses o siempre que se efectúe una reparación o modificación del sistema que pueda afectar al calibrado.

▼B

4. CALIBRADO DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE HUMOS

4.1. **Introducción**

El opacímetro se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión que establece la presente Directiva. En este punto se describe el método de calibrado a utilizar para los componentes enumerados en el punto 5 del apéndice 4 del anexo III y en el punto 3 del anexo V.

4.2. **Procedimiento de calibrado**

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*

La linealidad del opacímetro se verificará con el aparato en el modo de lectura de opacidad, según las recomendaciones del fabricante. Se introducirán en el opacímetro tres filtros neutros de transmitancia conocida, que deberán cumplir los requisitos enumerados en el punto 5.2.5 del apéndice 4 del anexo III, y se registrará el valor. Las opacidades nominales de dichos filtros neutros serán aproximadamente del 10 %, 20 % y 40 %.

La linealidad no deberá presentar una diferencia mayor al ± 2 % de opacidad con respecto al valor nominal del filtro neutro. Todo defecto de linealidad que supere este valor deberá corregirse antes de la prueba.

4.3. **Intervalos de calibrado**

El opacímetro se calibrará de conformidad con el punto 4.2.2 al menos cada 3 meses o siempre que se efectúe una reparación o modificación en el sistema que puedan afectar al calibrado.

▼M1

Apéndice 6

VERIFICACIÓN DEL CAUDAL DE CARBONO

1. INTRODUCCIÓN

Todo el carbono presente en el escape, salvo una parte mínima, procede del combustible, y la práctica totalidad del mismo se presenta en el gas de escape en forma de CO_2. Por esta razón, el control de la verificación del sistema se basa en las mediciones de CO_2.

El caudal de carbono que entra en los sistemas de medición de los gases de escape se determinará 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 determinará a partir de las concentraciones de CO_2 y de los caudales de gas en dichos puntos.

En este sentido, el motor constituye 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 PM de flujo parcial permite confirmar la estanquidad y la precisión de la medición del caudal. Esta verificación tiene la ventaja de que los componentes actúan en condiciones de prueba del motor reales 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 se deberán comprobar los caudales de carbono. Más abajo aparecen las ecuaciones específicas para los caudales de carbono en cada uno de los puntos de muestra.

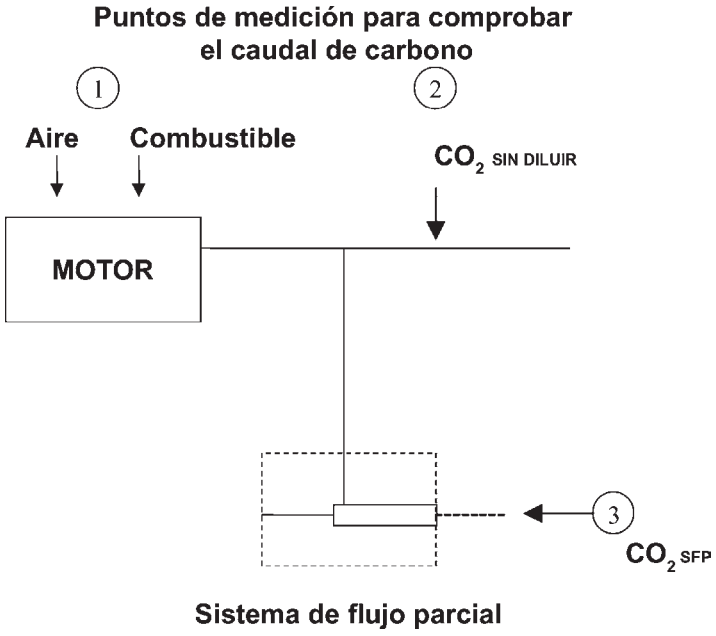


Figura 7

2. CÁLCULOS

2.1. **Caudal de carbono que ingresa en el motor (posición 1)**

El caudal másico de carbono que ingresa en el motor en caso de un combustible $CH_\alpha O_\varepsilon$ se calculará de la siguiente manera:

$$q_{mCf} = \frac{12{,}011}{12{,}011 + \alpha + 15{,}9994 \times \varepsilon} \times q_{mf}$$

▼M1

donde:

q_{mf} = caudal másico de combustible, en kg/s

2.2. **Caudal de carbono en el gas de escape sin diluir (posición 2)**

El caudal másico de carbono en el tubo de escape del motor se determinará a partir de la concentración de CO_2 sin diluir y del caudal másico de gas de escape:

$$q_{m\mathrm{Ce}} = \left(\frac{c_{\mathrm{CO2,r}} - c_{\mathrm{CO2,a}}}{100} \right) \times q_{m\mathrm{ew}} \times \frac{12{,}011}{M_{\mathrm{re}}}$$

donde:

$c_{\mathrm{CO2,r}}$ = concentración de CO_2 en condiciones húmedas en el gas de escape sin diluir, en %

$c_{\mathrm{CO2,a}}$ = concentración de CO_2 en condiciones húmedas en el aire ambiente, en % (en torno a un 0,04 %)

$q_{m\mathrm{ew}}$ = caudal másico de gas de escape en condiciones húmeda, en kg/s

M_{re} = masa molecular de gas de escape

Si el CO_2 se mide en condiciones secas, el valor obtenido deberá convertirse en condiciones húmedas de conformidad con lo dispuesto en el presente anexo, apéndice 1, punto 5.2.

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_2 diluido, el caudal másico de gas de escape y el caudal de la muestra:

$$q_{m\mathrm{Cp}} = \left(\frac{c_{\mathrm{CO2,d}} - c_{\mathrm{CO2,a}}}{100} \right) \times q_{m\mathrm{dew}} \times \frac{12{,}011}{M_{\mathrm{re}}} \times \frac{q_{m\mathrm{ew}}}{q_{m\mathrm{p}}}$$

donde:

$c_{\mathrm{CO2,d}}$ = concentración de CO_2 en condiciones húmedas en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución, en %

$c_{\mathrm{CO2,a}}$ = concentración de CO_2 en condiciones húmedas en el aire ambiente, en % (en torno a un 0,04 %)

$q_{m\mathrm{dew}}$ = caudal másico de gas de escape diluido en condiciones húmedas, en kg/s

$q_{m\mathrm{ew}}$ = caudal másico de gas de escape en condiciones húmedas, en kg/s (únicamente para sistemas de flujo parcial)

$q_{m\mathrm{p}}$ = caudal de la muestra de gas de escape que ingresa en el sistema de dilución de flujo parcial, en kg/s (únicamente para sistemas de flujo parcial)

M_{re} = masa molecular de gas de escape

Si el CO_2 se mide en condiciones secas, el valor obtenido deberá convertirse en condiciones húmedas de conformidad con el presente anexo, apéndice 1, punto 5.2.

2.4. La masa molecular (M_{re}) del gas de escape se calculará de la siguiente manera:

$$M_{\mathrm{re}} = \frac{1 + \frac{q_{mf}}{q_{m\mathrm{aw}}}}{\frac{q_{mf}}{q_{m\mathrm{aw}}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \times \alpha + 15{,}9994 \times \varepsilon + 14{,}0067 \times \delta + 32{,}065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_{\mathrm{a}} \times 10^{-3}}{2 \times 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{M_{\mathrm{ra}}}}{1 + H_{\mathrm{a}} \times 10^{-3}}}$$

donde:

q_{mf} = caudal másico de combustible, en kg/s

▼**M1**

q_{maw} = caudal másico de aire de admisión en condiciones húmedas, 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 en condiciones secas (= 28,9 g/mol)

$\alpha, \delta, \varepsilon, \gamma$ = relaciones molares en referencia a un carburante $C\ H_\alpha\ O_\delta\ N_\varepsilon\ S_\gamma$

Como alternativa, podrían utilizarse las siguientes masas moleculares: tilizarse 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

▼B

ANEXO IV

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CARBURANTE DE REFERENCIA A UTILIZAR PARA LAS PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN Y EL CONTROL DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

▼M1

1.1. **Combustible diésel de referencia para la realización de pruebas en motores por lo que respecta a los límites de emisiones establecidos en la fila a de los Cuadros del Punto 6.2.1 del Anexo I** ([1])

▼B

Parámetro	Unidad	Límites ([2])		Método de prueba	Publicación
		Mínimo	Máximo		
Índice de cetano ([3])		52,0	54,0	EN-ISO 5165	1998 ([4])
Densidad a 15 °C	kg/m^3	833	837	EN-ISO 3675	1995
Destilación					
— al 50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405	1998
— al 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405	1998
— punto final de ebullición	°C	—	370	EN-ISO 3405	1998
Punto de inflamación	°C	55	—	EN 27719	1993
Límite de filtrabilidad en frío	°C	—	- 5	EN 116	1981
Viscosidad a 40 °C	mm^2/s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391 (*)	1995
Contenido en azufre ([5])	mg/kg	—	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 ([4])
Corrosión del cobre		—	1	EN-ISO 2160	1995
Índice de Conradson (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370	
Contenido en cenizas	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245	1995
Contenido en agua	% m/m	—	0,05	EN-ISO 12937	1995
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974-95	1998 ([4])
Estabilidad a la oxidación ([6])	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205	1996
(*) Nuevo y mejor método de policílicos aromáticos	% m/m	—	—	EN 12916	[2000] ([4])

([1]) Si es preciso calcular el rendimiento térmico de un motor o de un vehículo, el poder calorífico del carburante se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

Energía específica (poder calorífico)(neta) en MJ/kg = (46,423 - 8,792d^2 + 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 cenizas (porcentaje dividido por 100),

s = proporción por masa de azufre (porcentaje dividido por 100).

([2]) Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Para determinar los valores límite, se ha recurrido a los términos de la norma ISO 4259, Productos del petróleo — Determinación y aplicación de datos de precisión en relación a métodos de prueba. Para determinar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero; y para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R-reproducibilidad). A pesar de que se trate de una medida necesaria por razones estadísticas, el fabricante del carburante deberá procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo estipulado sea de 2R y obtener el valor medio cuando exista un máximo y un mínimo. Si fuera necesario aclarar si un carburante cumple las prescripciones de la especificación, se aplicarán los términos de la norma ISO 4259.

▼B

(3) El índice de cetano no se ajusta al margen mínimo exigido de 4R. No obstante, en caso de disputa entre el proveedor y el usuario de carburante, podrán aplicarse los términos de la norma ISO 4259 para resolver dicha disputa siempre que se efectúen varias mediciones, en número suficiente para conseguir la precisión necesaria, antes que determinaciones individuales.

(4) El mes de la publicación se incluirá a su debido tiempo.

(5) Se comunicará el contenido real de azufre en el combustible que deberá utilizarse para la prueba. Además, el contenido real de azufre del combustible de referencia utilizado para homologar un vehículo o motor en función de los valores límite establecidos en la fila B de la tabla que figura en el punto 6.2.1 del anexo I de la presente Directiva deberá tener un contenido máximo de azufre de 50 ppm. La Comisión presentará lo antes posible una modificación del presente anexo en la que se refleje la media en el mercado del contenido de azufre en los combustibles con respecto al combustible definido en el anexo IV de la Directiva 98/70/CE.

(6) A pesar de que la estabilidad a la oxidación esté controlada, es probable que la vida útil del carburante sea limitada. Es conveniente consultar al proveedor sobre las condiciones de conservación y la duración en almacén.

▼M1

1.2. **COmbustible diésel de referencia para la realización de pruebas en motores por lo que respecta a los límites de emisiones establecidos en las filas B1, B2 o c de los Cuadros del Punto 6.2.1 del Anexo I**

Parámetro	Unidad	Límites ([1])		Método de prueba
		Mínimo	Máximo	
Índice de cetano ([2])		52,0	54,0	EN-ISO 5165
Densidad a 15 °C	kg/m^3	833	837	EN-ISO 3675
Destilación:				
— al 50 %	°C	245	-	EN-ISO 3405
— al 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— punto de ebullición final	°C	-	370	EN-ISO 3405
Punto de inflamación	°C	55	-	EN 22719
Límite de filtrabilidad en frío	°C	-	-5	EN 116
Viscosidad a 40 °C	mm^2/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	2,0	6,0	IP 391
Contenido en azufre ([3])	mg/kg	-	10	ASTM D 5453
Corrosión del cobre		-	Clase 1	EN-ISO 2160
Índice de Conradson (10 % DR)	% m/m	-	0,2	EN-ISO 10370
Contenido en cenizas	% m/m	-	0,01	EN-ISO 6245
Contenido en agua	% m/m	-	0,02	EN-ISO 12937
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg KOH/g	-	0,02	ASTM D 974
Estabilidad a la oxidación ([4])	mg/ml	-	0,025	EN-ISO 12205
Lubricidad (diámetro de barrido del desgaste HFRR a 60 °C)	µm	-	400	CEC F-06-A-96
FAME	prohibidos			

([1]) Los valores indicados en las especificaciones son «valores reales». Para establecer los valores límite se ha recurrido a los términos 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 fijar un valor máximo y mínimo, la diferencia mínima será 4R (R = reproducibilidad).

A pesar de que se trate de una medida necesaria por razones técnicas, el fabricante del carburante deberá procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo estipulado sea de 2R y obtener el valor medio cuando exista un máximo y un mínimo. Si fuera necesario aclarar si un carburante cumple las prescripciones de las especificaciones, se aplicarán los términos de la norma ISO 4259.

([2]) El índice de cetano no se ajusta al rango mínimo requerido de 4 R. No obstante, en caso de conflicto entre el proveedor y el usuario de carburante, podrán aplicarse los términos de la norma ISO 4259 para resolver dicha conflicto, siempre que se efectúen varias mediciones, en número suficiente para conseguir la exactitud necesaria, antes que determinaciones individuales.

([3]) Se comunicará el contenido real de azufre en el combustible que deberá utilizarse para la prueba del tipo I.

([4]) A pesar de que la estabilidad a la oxidación esté controlada, es probable que la vida útil del carburante sea limitada. Es conveniente consultar al proveedor sobre las condiciones de conservación y la duración en almacén.

▼B

►M1 1.3. ◄ **Etanol para motores diésel** ([1])

Parámetro	Unidad	Límites ([2])		Método de prueba ([3])
		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^3	795	815	ASTM D 4052
Contenido de cenizas	% m/m		0,001	ISO 6245
Punto de ignición	°C	10		ISO 2719
Acidez, calculada como ácido acético	% m/m	—	0,0025	ISO 1388-2
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg de KOH/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

([1]) Se puede utilizar un aditivo para mejorar el índice de cetano del etanol, de acuerdo con las especificaciones del fabricante del motor. La cantidad máxima permitida es 10 % m/m.

([2]) Los valores indicados en la especificación son «valores reales». Para determinar los valores límite, se ha recurrido a los términos de 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; y para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad). A pesar de que se trate de una medida necesaria por razones estadísticas, el fabricante del combustible deberá procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo estipulado sea de 2R y obtener el valor medio cuando se indique un máximo y un mínimo. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, se aplicarán los términos de la norma ISO 4259.

([3]) Se adoptarán métodos ISO equivalentes una vez que se publiquen para todas las características arriba mencionadas.

▼B

2. GAS NATURAL (GN)

En el mercado europeo existen dos clases de combustibles:

— la clase H, cuyos combustibles de referencia extremos son el G_R y el G_{23},

— la clase L, cuyos combustibles de referencia extremos son el G_{23} y el G_{25}.

A continuación se resumen las características de los combustibles de referencia G_R, G_{23} y G_{25}:

Combustible de referencia G_R

Características	Unidades	Base	Límites		Método de prueba
			Mínimo	Máximo	
Composición:					
Metano		87	84	89	
Etano		13	11	15	
Otros componentes (1)	% mol	—	—	1	ISO 6974
Contenido de azufre	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5

(1) Gases inertes $+C_{2+}$.

(2) Valor a determinar en condiciones normales [293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa].

Combustible de referencia G_{23}

Características	Unidades	Base	Límites		Método de prueba
			Mínimo	Máximo	
Composición:					
Metano		92,5	91,5	93,5	
Otros componentes (1)	% mol	—	—	1	ISO 6974
N_2		7,5	6,5	8,5	
Contenido de azufre	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5

(1) Gases inertes (diferentes del N_2) + C_2 + C_2+.

(2) Valor a determinar en condiciones normales [293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa].

Combustible de referencia G_{25}

Características	Unidades	Base	Límites		Método de prueba
			Mínimo	Máximo	
Composición:					
Metano		86	84	88	
Otros componentes (1)	% mol	—	—	1	ISO 6974
N_2		14	12	16	
Contenido de azufre	mg/m^3 (2)	—	—	10	ISO 6326-5

(1) Gases inertes (diferentes del N_2) + C_2 + C_2+.

(2) Valor a determinar en condiciones normales [293,2 K (20 °C) y 101,3 kPa].

▼M1

3. DATOS TÉCNICOS DE LOS COMBUSTIBLES DE REFERENCIA GLP

A. **Datos técnicos de los combustibles de referencia GLP utilizados para la realización de pruebas en vehículos por lo que respecta a los límites de emisiones establecidos en la fila a de los cuadros del punto 6.2.1 del anexo I**

Parámetro	Unidad	Combustible A	Combustible B	Método de prueba
Composición:				ISO 7941
Contenido en C_3	% vol.	50 ± 2	85 ± 2	
Contenido en C_4	% vol.	equilibrio	equilibrio	
$< C_3$, $>C_4$	% vol.	2 máx.	2 máx.	
Olefinas	% vol.	12 máx.	14 máx.	
Residuo de evaporación	mg/kg	50 máx.	50 máx.	ISO 13757
Agua a 0 °C		Exento	Exento	Inspección visual
Contenido total de azufre	mg/kg	50 máx.	50 máx.	EN 24260
Sulfuro de hidrógeno		Nada	Nada	ISO 8819
Corrosión en lámina de cobre	Clasificación	Clase 1	Clase 1	ISO 6251 ([1])
Olor		Característico	Característico	
Índice de octano-motor		92,5 mín.	92,5 mín.	EN 589 Anexo B

([1]) Este método puede no determinar con precisión la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de corrosión u otros productos químicos que disminuyan la agresividad de la muestra a la lámina de cobre. Por consiguiente, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de prueba.

B. **Datos técnicos de los combustibles de referencia GLP utilizados para la realización de pruebas en vehículos por lo que respecta a los límites de emisiones establecidos en las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 6.2.1 del anexo I**

Parámetro	Unidad	Combustible A	Combustible B	Método de prueba
Composición:				ISO 7941
Contenido en C_3	% vol.	50 ± 2	85 ± 2	
Contenido en C_4	% vol.	equilibrio	equilibrio	
$< C_3$, $>C_4$	% vol.	2 máx.	2 máx.	
Olefinas	% vol.	12 máx.	14 máx.	
Residuo de evaporación	mg/kg	50 máx.	50 máx.	ISO 13757
Agua a 0 °C		Exento	Exento	Inspección visual
Contenido total de azufre	mg/kg	10 máx.	10 máx.	EN 24260
Sulfuro de hidrógeno		Nada	Nada	ISO 8819
Corrosión en lámina de cobre	Clasificación	Clase 1	Clase 1	ISO 6251 ([1])

▼M1

Parámetro	Unidad	Combustible A	Combustible B	Método de prueba
Olor		Característico	Característico	
Índice de octano-motor		92,5 mín.	92,5 mín.	EN 589 Anexo B

(1) Este método puede no determinar con precisión la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de corrosión u otros productos químicos que disminuyan la agresividad de la muestra a la lámina de cobre. Por consiguiente, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de la prueba.

▼B

ANEXO V

SISTEMAS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

1. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES

1.1. **Introducción**

En el punto 1.2 y las figuras 7 y 8 hallará descripciones detalladas de los sistemas de análisis y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no es preciso seguir exactamente los sistemas descritos en las figuras 7 y 8. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, electroimanes, 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, siempre que dicha exclusión se base en la buena práctica.

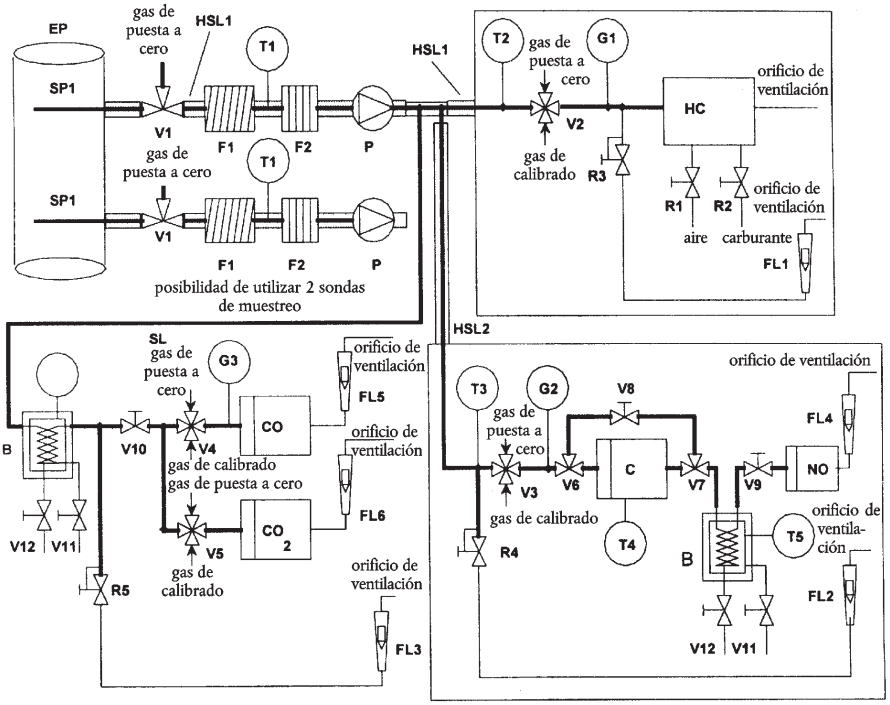


Figura 7

Organigrama del sistema de análisis de gas de escape sin diluir para CO, CO_2, NO_x y HC

1.2. **Descripción del sistema de análisis**

Se describe un sistema de análisis para la determinación de las emisiones de gases sin diluir (figura 7, prueba ESC exclusivamente) o diluidos (figura 8, pruebas ETC y ESC) basado en la utilización de:

— un analizador HFID para la medición de los hidrocarburos,

— analizadores NDIR para la medición del monóxido y el dióxido de carbono,

— un analizador HCLD o equivalente para la medición de los óxidos de nitrógeno.

La muestra para todos los componentes se tomará con una o con dos sondas de muestreo situadas una cerca de otra y divididas internamente en los diferentes analizadores. Hay que procurar que los componentes de los gases de escape (incluyendo el agua y el ácido sulfúrico) no se condensen en ningún punto del sistema de análisis.

▼B

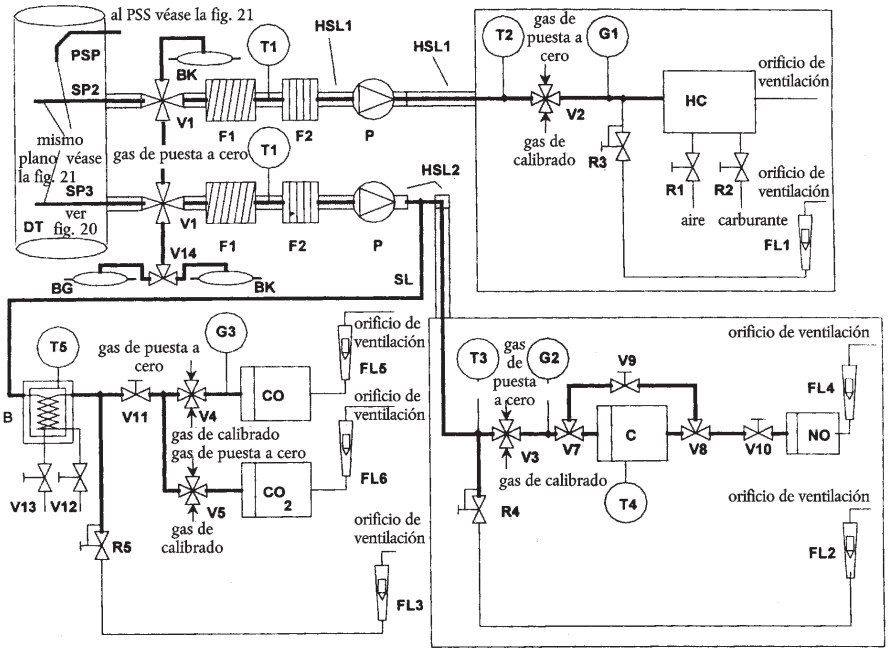


Figura 8

Organigrama del sistema de análisis de gas de escape diluido para CO, CO_2, NO_x y HC Prueba ETC, opcional para la prueba ESC

1.2.1. *Componentes de las figuras 7 y 8*

EP Tubo de escape

SP1 Sonda de muestreo de gases de escape (figura 7 exclusivamente)

Se recomienda utilizar una sonda recta de acero inoxidable, de varios agujeros y cerrado en su extremo. El diámetro interior no será mayor que el diámetro interior del conducto de muestreo. La pared de la sonda tendrá un espesor 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 muestra. La sonda se extenderá a través de un 80 % como mínimo del diámetro del tubo de escape. Podrán utilizarse 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 mm 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 perfectamente (es decir, aproximadamente a una profundidad de 10 diámetros de túnel desde el punto en donde los gases de escape penetran en el túnel de dilución),

— se encontrará a suficiente distancia (radialmente) del resto de sondas y de la pared del túnel, de modo que no se vea influida por ningún flujo o reflujo,

— se calentará a fin de aumentar la temperatura del flujo de gas hasta 463 K ± 10 K (190 °C ± 10 °C) a la salida de la sonda.

SP3 Sonda de muestreo de gas de escape diluido para CO, CO_2 y NO_x (figura 8 exclusivamente)

La sonda:

— estará en el mismo plano que la sonda SP 2,

▼B

— se encontrará a suficiente distancia (radialmente) del resto de sondas y de la pared del túnel, de modo que no se vea influida por ningún flujo o reflujo,

— estará calentada y aislada en toda su longitud, debiéndose mantener a una temperatura mínima de 328 K (55 °C) para evitar la condensación de agua.

HSL1 Conducto de muestreo calentado

El conducto de muestreo permite transportar una muestra de gas desde una única sonda hasta el o los puntos de separación y el analizador de HC.

El conducto de muestreo:

— tendrá un diámetro interior de 5 mm como mínimo y 13,5 mm como máximo,

— deberá ser de acero inoxidable o de PTFE,

— mantendrá una temperatura de pared de 463 K ± 10 K (190 °C ± 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),

— mantendrá una temperatura de pared mayor que 453 K (180 °C), si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es superior a 463 K (190 °C),

— mantendrá una temperatura del gas de 463 K ± 10 K (190 °C ± 10 °C), medida inmediatamente antes del filtro calentado F2 y del HFID.

HSL2 Conducto de muestreo calentado para NO_x

El conducto de muestreo:

— mantendrá una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C), en todo el tramo que va hasta el convertidor C cuando se utilice un baño refrigerante B, y hasta el analizador cuando no se utilice un baño refrigerante B,

— deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.

SL Conducto de muestreo para CO y CO_2

Deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá incorporar o no un sistema de calefacción.

BK Bolsa de fondo (opcional; figura 8 exclusivamente)

Para tomar muestras de las concentraciones de fondo.

BG Bolsa de muestreo (opcional; figura 8 para CO y CO_2 exclusivamente)

Para tomar las concentraciones de muestra.

F1 Prefiltro calentado (opcional)

Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1.

F2 Filtro calentado

Mediante este filtro se extraerán las partículas sólidas que contenga la muestra de gas antes de entrar en el analizador. Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1 y se cambiará cuando sea necesario.

P Bomba de muestreo calentada

La bomba se calentará a la misma temperatura que el HSL1.

HC

Detector de ionización a la 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_2

Analizadores NDIR para determinar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono (opcionalmente para determinar la relación de dilución para la medición de PT).

▼B

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_2 a NO previa al análisis en el CLD o el HCLD.

B Baño refrigerante (opcional)

Para refrigerar y condensar el agua contenida en la muestra de gases de escape. El baño se mantendrá a una temperatura de 273 K a 277 K (0 °C a 4 °C) mediante hielo u otro sistema de refrigeración. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias motivadas por el vapor de agua, descritas en los puntos 1.9.1 y 1.9.2 del apéndice 5 del anexo III. Si se elimina el agua por condensación, se controlará la temperatura o punto de rocío de la muestra de gas, ya sea en el interior del colector de agua o más abajo en la dirección de la corriente. La temperatura o el punto de rocío de la muestra de gas no deberá superar 280 K (7 °C). No se permite la utilización de secantes químicos para eliminar el agua de la muestra.

T1, T2, T3 Sensores de temperatura

Para controlar la temperatura del flujo de gas.

T4 Sensor de temperatura

Para controlar la temperatura del convertidor NO_2-NO.

T5 Sensor de temperatura

Para controlar la temperatura del baño refrigerante.

G1, G2, G3 Manómetro

Para medir la presión en los conductos de muestreo.

R1, R2 Reguladores de presión

Para controlar la presión del aire y del combustible, respectivamente, en el HFID.

R3, R4, R5 Reguladores de presión

Para controlar la presión en los conductos de muestreo y el caudal que llega a los analizadores.

FL1, FL2, FL3 Caudalómetros

Para controlar el caudal de derivación de la muestra de gases.

FL4 a FL6 Caudalómetros (opcionales)

Para controlar el caudal que circula por los analizadores.

V1 a V5 Válvulas selectoras

Sistema de válvulas que permita dirigir a los analizadores el caudal de gases de muestra, de gas de calibrado o de aire.

V6, V7 Válvulas electromagnéticas

Para situar en derivación el convertidor NO_2-NO.

V8 Válvula de aguja

Para equilibrar el caudal que pasa por el convertidor NO_2-NO C y el caudal de derivación.

V9, V10 Válvulas de aguja

Para regular los caudales que llegan a los analizadores.

V11, V12 Válvulas purgadoras (opcionales)

Para purgar el condensado del baño B.

1.3. **Análisis de NMHC (exclusivamente para motores de gas alimentados con GN)**

1.3.1. *Método de cromatografía de gas (GC, figura 9)*

Al utilizar el método GC, se inyecta un pequeño volumen medido de muestra en una columna de análisis, por la que se hace circular un gas

▼B

portador inerte. La columna separa los distintos componentes en función de sus puntos de ebullición, ya que eluyen 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 junto con el método de muestreo con bolsas descrito en el punto 3.4.2 del apéndice 4 del anexo III.

Para los NMHC se utilizará un GC automático con un FID. Se tomará una muestra de gas de escape con una bolsa de muestreo. Se tomará una parte de dicha muestra y se inyectará en el GC. La muestra se separa en dos partes (CH_4/Aire/CO y NMHC/CO_2/H_2O) en la columna de Porapak. La columna de tamiz molecular separa el CH_4 del aire y el CO antes de dirigirlo al FID, donde se mide su concentración. Un ciclo completo, que va desde que se inyecta una muestra hasta que se inyecta la siguiente, puede efectuarse durante 30 s. A fin de determinar el contenido en NMHC, se restará la concentración de CH_4 de la concentración total de HC (véase el punto 4.3.1 del apéndice 2 del anexo III).

La figura 9 muestra un GC típico montado para la determinación rutinaria de CH_4. También pueden utilizarse otros métodos GC basados en la buena práctica.

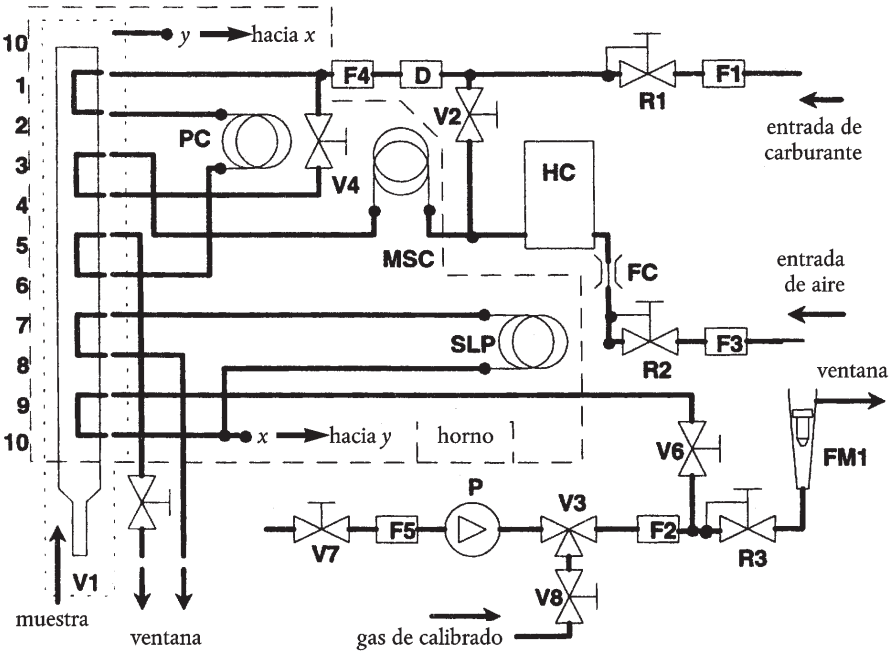


Figura 9

Organigrama del análisis del metano (método GC)

Componentes de la figura 9

PC Columna de Porapak

Se utilizará una columna de Porapak N, de 180/300 μm (malla de 50/80), con unas dimensiones de 610 mm long. × 2,16 mm de diámetro interior. La columna se acondicionará durante un mínimo de 12 horas a 423 K (150 °C) con un gas portador antes de utilizarla por primera vez.

MSC Columna de tamiz molecular

Se utilizará una columna del tipo 13X, de 250/350 μm (malla de 45/60), con unas dimensiones de 1 220 mm longitud × 2,16 mm de diámetro interior. La columna se acondicionará durante un mínimo de 12 horas a 423 K (150 °C) con un gas portador antes de utilizarla por primera vez.

▼B

OV Horno

Para mantener las columnas y las válvulas a una temperatura estable para el funcionamiento de los analizadores, 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 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 a la llama (FID) para medir la concentración de metano.

V1 Válvula de inyección de la muestra

Para inyectar la muestra que se ha tomado de la bolsa de muestreo mediante el SL de la figura 8. Deberá tener un pequeño volumen muerto, ser estanca al gas y poderse calentar a 423 K (150 °C).

V3 Válvula selectora

Para seleccionar el caudal de gas de calibrado, el caudal de muestra, o ausencia de caudal.

V2, V4, V5, V6, V7, V8 Válvula de aguja

Para regular los caudales del sistema.

R1, R2, R3 Regulador de presión

Para controlar los caudales del carburante (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

FC Tubo capilar de control de caudal

Para controlar el caudal de aire que llega al FID.

G1, G2, G3 Manómetro

Para controlar los caudales del carburante (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

F1, F2, F3, F4, F5 Filtro

Filtros de metal sinterizado para prevenir la penetración de arenilla en la bomba o en el instrumento.

FL 1

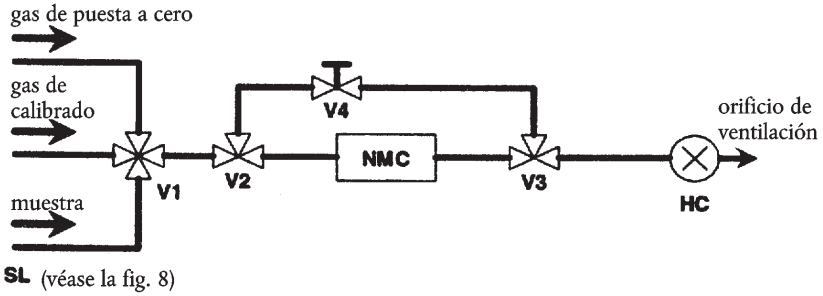
Para medir el caudal de derivación de la muestra.

1.3.2. *Método del cortador no metánico (NMC, Figura 10)*

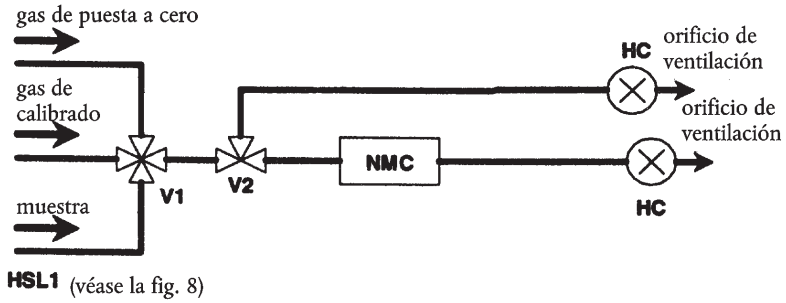
El cortador oxida todos los hidrocarburos excepto del CH_4 al CO_2 y el H_2O, de manera que al hacer pasar la muestra por el NMC, el FID detecta exclusivamente el CH_4. Si se utilizan bolsas de muestreo, se instalará un sistema de división de caudal en el SL (véase el punto 1.2, figura 8) que permita hacer pasar el caudal por el cortador o bien hacerlo circular en derivación, según indica la parte superior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán y registrarán ambos valores (HC y CH_4) con el FID. Si se emplea el método de integración, se instalará un NMC con un segundo FID en paralelo al FID normal en el HSL1 (véase el punto 1.2, figura 8), según indica la parte inferior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán y registrarán los valores de los dos FIDs (HC y CH_4).

Antes de utilizarlo en la prueba, el cortador se caracterizará a una temperatura igual o superior a 600 K (327 °C) con respecto a su efecto catalítico sobre el CH_4 y el C_2H_6 a unos valores de H_2O representativos de las condiciones de flujo de los gases de escape. Deberán conocerse el punto de rocío y el nivel de O_2 del flujo de gases de escape tomados como muestra. Se registrará la respuesta relativa del FID al CH_4 (véase el punto 1.8.2 del apéndice 5 del anexo III).

▼B



Método de muestreo con bolsas



Método de integración

Figura 10

Organigrama para el análisis del metano con el cortador no metánico (NMC)

Componentes de la figura 10

NMC Cortador no metánico

Para oxidar todos los hidrocarburos excepto el metano.

HC

Detector de ionización a la llama calentado (HFID) para medir las concentraciones de HC y de CH_4. La temperatura se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C a 200 °C).

V1 Válvula selectora

Para seleccionar la muestra, el gas de puesta a cero y el gas de calibrado. La válvula V1 es idéntica a la válvula V2 de la figura 8.

V2, V3 Válvula electromagnética

Para derivar el caudal y que no circule por el NMC.

V4 Válvula de aguja

Para equilibrar el caudal que pasa por el NMC y el caudal de derivación.

R1 Regulador de presión

Para controlar la presión en el conducto de muestreo y el caudal que llega al HFID. El regulador R1 es idéntico al regulador R3 de la figura 8.

FL1 Caudalómetro

Para medir el caudal de derivación de la muestra de gases. El caudalómetro FL1 es idéntico al caudalómetro FL1 de la figura 8.

▼B

2. DILUCIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE Y DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

2.1. **Introducción**

En los puntos 2.2, 2.3 y 2.4 y en las figuras 11 a 22 hallará descripciones detalladas de los sistemas de análisis y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no es preciso seguir exactamente los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, electroimanes, 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, siempre que dicha exclusión se base en la buena práctica.

2.2. **Sistema de dilución con reducción del caudal**

En las figuras 11 a 19 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte del caudal de gases de escape. La separación del caudal de gases de escape y el proceso de dilución posterior pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la subsiguiente recogida de las partículas, la totalidad o bien tan sólo una parte del gas de escape diluido se pasa al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). El primer método se denomina «muestreo conjunto», y el segundo, «muestreo fraccionado».

El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado. Se recomiendan los tipos siguientes:

Sistemas isocinéticos (figuras 11, 12)

Con estos sistemas, el caudal del tubo de transferencia se equipara con el caudal volumétrico de escape en lo que se refiere a velocidad y/o presión del gas, de modo que por la sonda de muestreo tiene que circular un caudal de gases de escape invariable y uniforme. Para tal fin se suele emplear un resonador y un tubo de aproximación directa situado más arriba del punto de muestreo. A continuación se calcula la relación de separación a partir de valores fácilmente mensurables, como los diámetros de los tubos. Conviene señalar que la isocinética se utiliza exclusivamente para equiparar las condiciones de flujo, y no para equiparar la distribución dimensional. Normalmente ésta última no se precisa, ya que las partículas son lo suficientemente pequeñas como para seguir las líneas de corriente del fluido.

Sistemas de caudal controlado con medición de la concentración (figuras 13 a 17)

Con estos sistemas se toma una muestra del caudal volumétrico de escape 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 indicadores, como CO_2 o No_x, que aparecen de manera natural en los gases 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 sin diluir se puede medir directamente o bien se puede determinar a partir del caudal de carburante y de la ecuación de equilibrado de carbono, si se conoce la composición del carburante. Los sistemas pueden controlarse mediante la relación de dilución calculada (figuras 13 y 14) o por el caudal que pasa por el tubo de transferencia (figuras 12, 13 y 14).

Sistemas de caudal controlado con medición del caudal (figuras 18 y 19)

Con estos sistemas se toma una muestra del caudal volumétrico de escape configurando el caudal de aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de la diferencia entre ambos caudales. Es preciso calibrar los caudalómetros con suma precisión el uno respecto del otro, ya que la magnitud relativa de ambos caudales puede dar lugar a errores significativos para relaciones de dilución altas (de 15 en adelante). El caudal se controla muy fácilmente manteniendo constante el caudal de gas de escape diluido y variando el caudal del aire de dilución, si es preciso.

Al emplear sistemas de dilución con reducción del caudal, es preciso evitar los problemas potenciales ocasionados por la posible pérdida de partículas en el tubo de transferencia, y garantizar que se toma una muestra representativa de los gases de escape del motor, además de determinar la relación de separación. Los sistemas descritos tienen en cuenta estas áreas críticas.

▼B

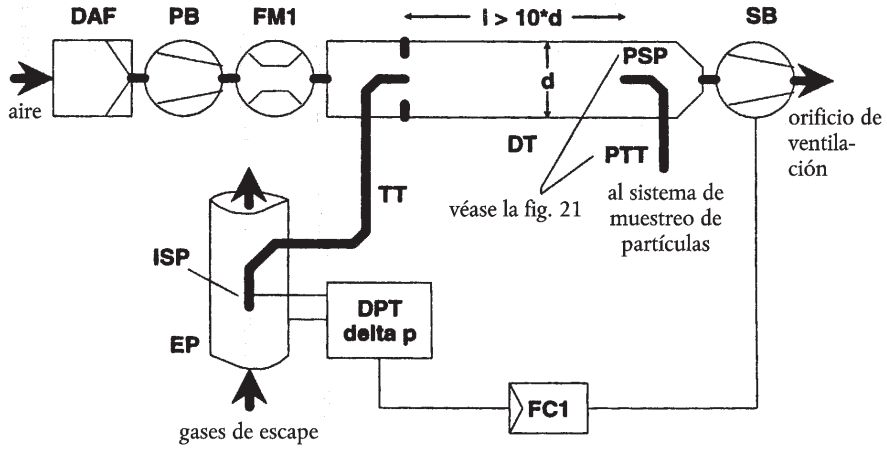


Figura 11

Sistema de dilución con reducción del caudal con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control por SB)

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el aspirador SB para mantener una diferencia de presión igual a cero en el extremo de la sonda. En estas condiciones, el gas de escape se desplaza a la misma velocidad en el EP y en la ISP, y el caudal que circula por la ISP y el TT es una fracción constante (división) del caudal de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de corte transversal del EP y 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 de aire de dilución y de la relación de separación.

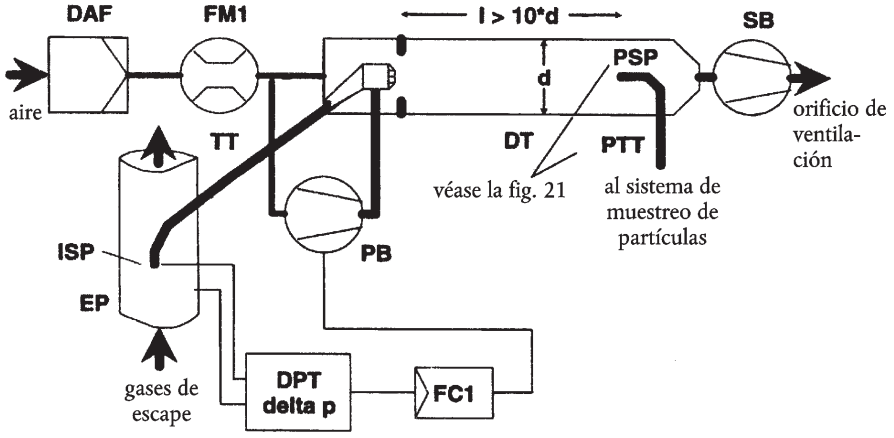


Figura 12

Sistema de dilución con reducción del caudal con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control por PB)

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el ventilador centrífugo PB con objeto de mantener una diferencia de presión igual a cero en el extremo 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 el gas de escape se desplaza a la misma velocidad en el EP y en la ISP, y el caudal que circula por la ISP y el TT es una fracción constante (división) del caudal de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de corte transversal del

▼B

EP y 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.

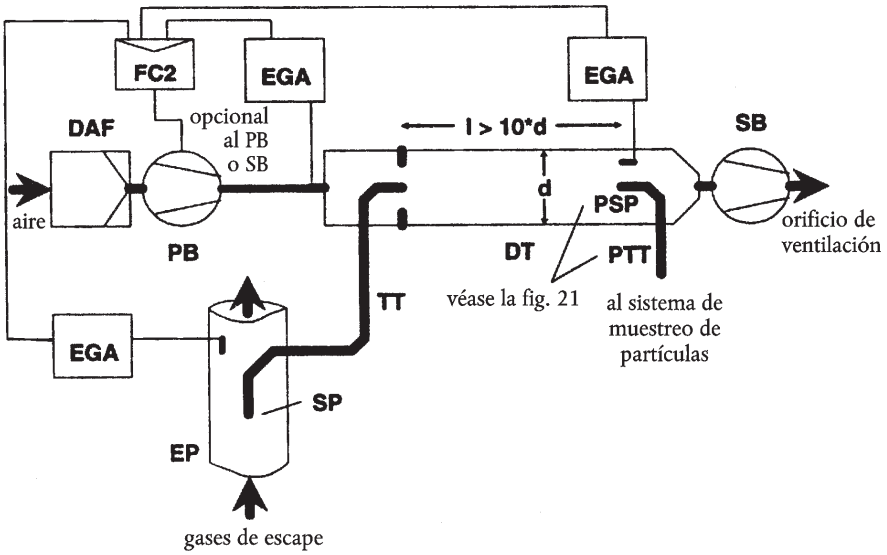


Figura 13

Sistema de dilución con reducción del caudal con medición de la concentración de CO_2 o de NO_x y muestreo fraccionado

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. Con el o los analizadores de gas de escape EGA se miden las concentraciones de un gas indicador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape diluido y sin diluir, y en el aire de dilución. Estas señales se transmiten al regulador de caudal FC2 que controla el ventilador centrífugo PB o bien el aspirador SB, al objeto de mantener la separación deseada del gas de escape y la relación de dilución en el DT. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de gas indicador presentes en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución.

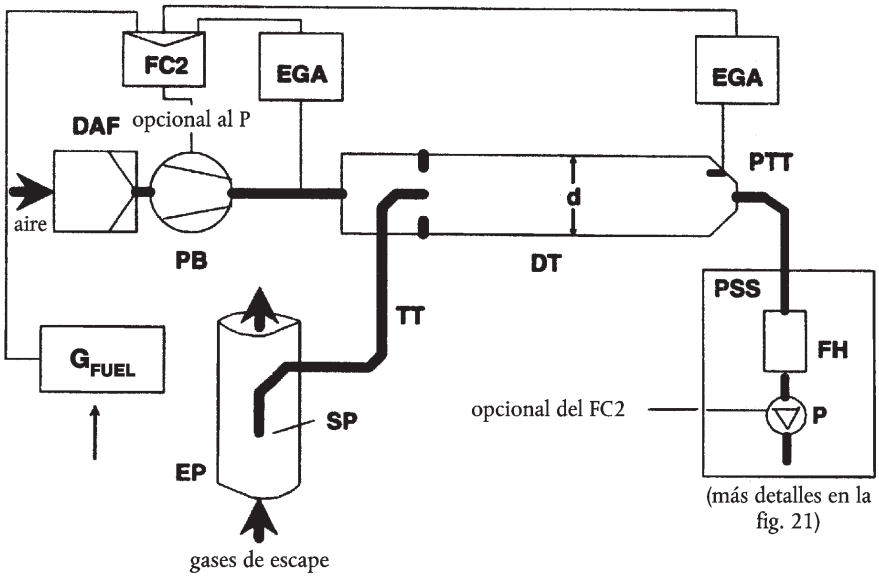


Figura 14

Sistema de dilución con reducción del caudal con medición de la concentración de CO_2, equilibrado de carbono y muestreo conjunto

▼B

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. Se miden las concentraciones de CO_2 en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el o los analizadores de gas de escape EGA. Las señales de caudal de CO_2 y de carburante G_{FUEL} se transmiten al regulador de caudal FC2, o bien al regulador de caudal FC3 del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 21). El FC2 controla el ventilador centrífugo PB, y el FC3 controla la bomba de muestreo P (véase la figura 21), con lo que se regulan los caudales de entrada y salida del sistema a fin de mantener la separación deseada del gas de escape y la relación de dilución en el DT. La relación de dilución se calcula partir de las concentraciones de CO_2 y del caudal de carburante G_{FUEL}, utilizando la hipótesis de equilibrado de carbono.

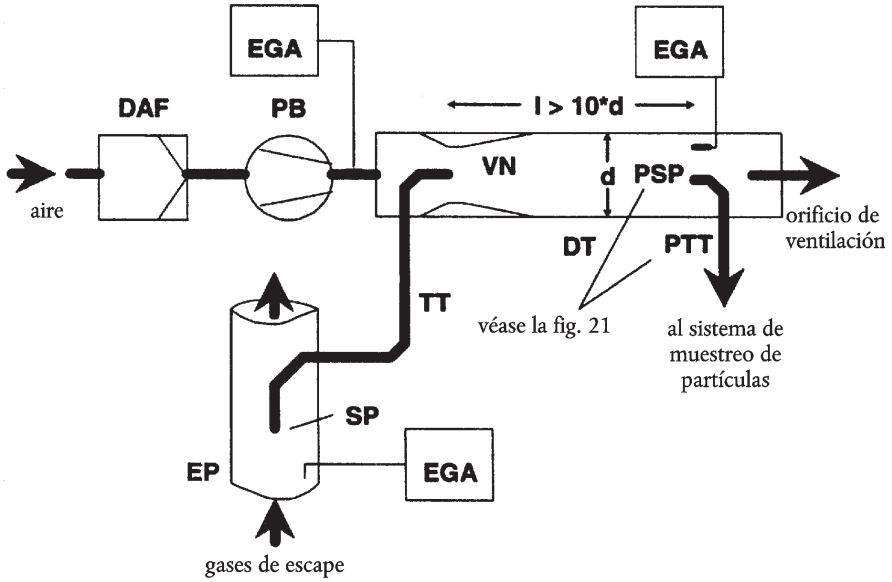


Figura 15

Sistema de dilución con reducción del caudal con un solo tubo Venturi, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, debido a la presión negativa que origina el tubo Venturi VN en el DT. El caudal de gas que pasa por el TT depende de la transferencia de cantidades de movimiento en la zona del tubo Venturi y, por tanto, se ve afectada por la temperatura absoluta del gas a la salida del TT. Por consiguiente, la separación del gas de escape para un determinado caudal del túnel no es constante, y la relación de dilución con poca carga es ligeramente inferior que con mucha carga. Se miden las concentraciones del gas indicador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el o los analizadores de gas de escape EGA, y la relación de dilución se calcula a partir de los valores así medidos.

▼B

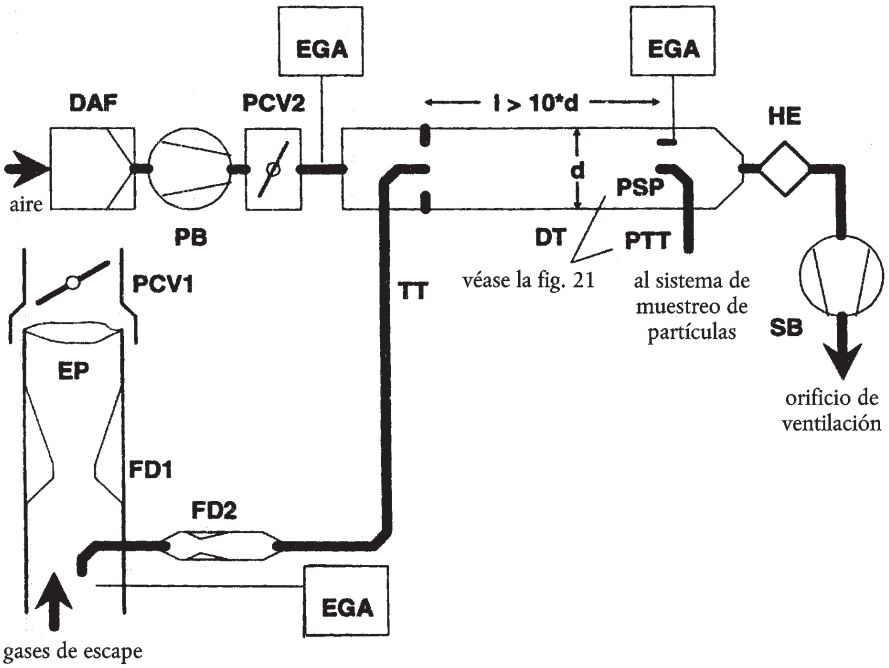


Figura 16

Sistema de dilución con reducción del caudal con doble tubo Venturi o doble orificio, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, mediante un divisor del caudal que contiene varios orificios o tubos Venturi. El primer divisor del caudal (FD1) se encuentra en el EP, y el segundo (FD2) en el TT. Además de ello se precisan dos válvulas reguladoras de presión (PCV1 y PCV2) para mantener una separación constante del gas de escape, controlando la contrapresión en el EP y la presión en el DT. La válvula PCV1 se encuentra más abajo de la SP en la dirección del caudal, en el EP. La válvula PCV2 está entre el ventilador centrífugo PB y el DT. Se miden las concentraciones del gas indicador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el o los analizadores de gas de escape EGA. Dichos analizadores son necesarios para comprobar la separación del gas de escape, y pueden utilizarse para ajustar las válvulas PCV1 y PCV2 para un control preciso de dicha separación. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas indicador.

▼B

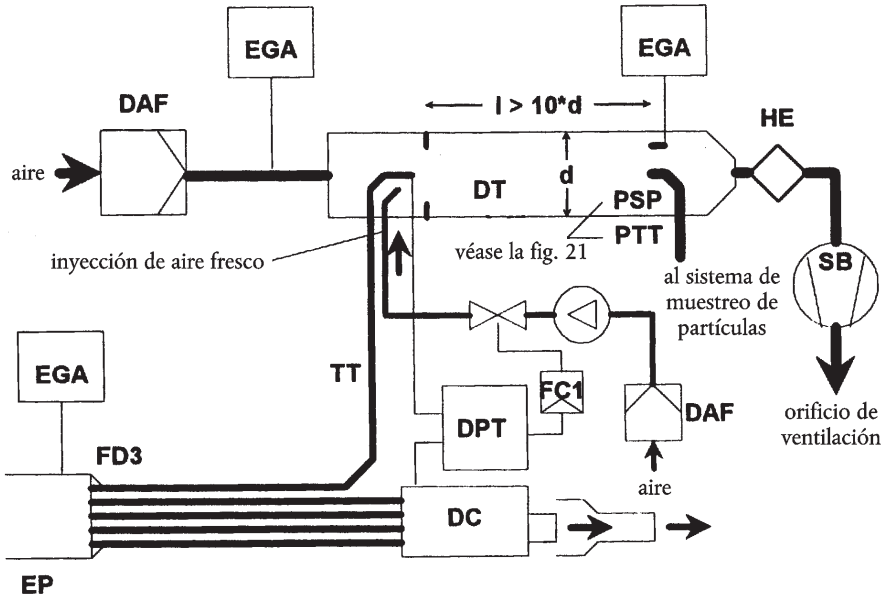


Figura 17

Sistema de dilución con reducción del caudal con división por múltiples tubos, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, gracias al divisor del caudal FD3, que consiste en varios tubos de las mismas dimensiones (mismo diámetro, longitud y radio de curvatura) instalados en el EP. El gas de escape que pasa por uno de los tubos se conduce hasta el DT, y el gas de escape que pasa por el resto de los tubos se dirige a través de la cámara de amortiguamiento DC. Así, la separación del gas de escape se determina por el número total de tubos. Para mantener un control constante de dicha separación es preciso que la diferencia de presión entre el DC y la salida del TT sea igual a cero. Dicha diferencia de presión se mide con el transductor de presión diferencial DPT. 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 indicador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape sin diluir, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el o los analizadores de gas de escape EGA. Dichos analizadores son necesarios para comprobar la separación del gas de escape y pueden utilizarse para controlar el caudal de aire inyectado, a fin de controlar con precisión dicha separación. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas indicador.

▼B

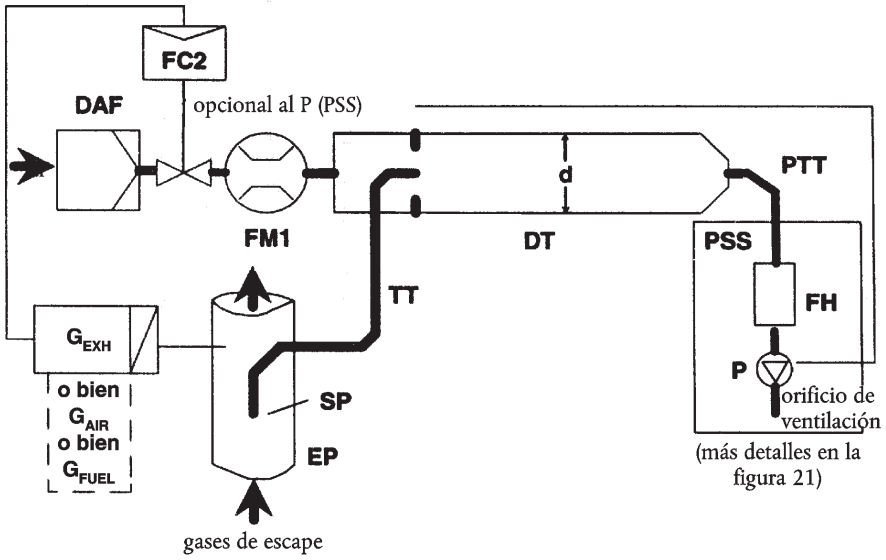


Figura 18

Sistema de dilución con reducción del caudal con control del caudal y muestreo conjunto

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT. El caudal 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 caudal del aire de dilución se controla mediante el regulador de caudal FC2, que puede utilizar G_{EXHW}, G_{AIRW}, o bien G_{FUEL} como señales de mando, para conseguir la separación deseada del gas de escape. El caudal de muestreo que entra en el DT 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 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.

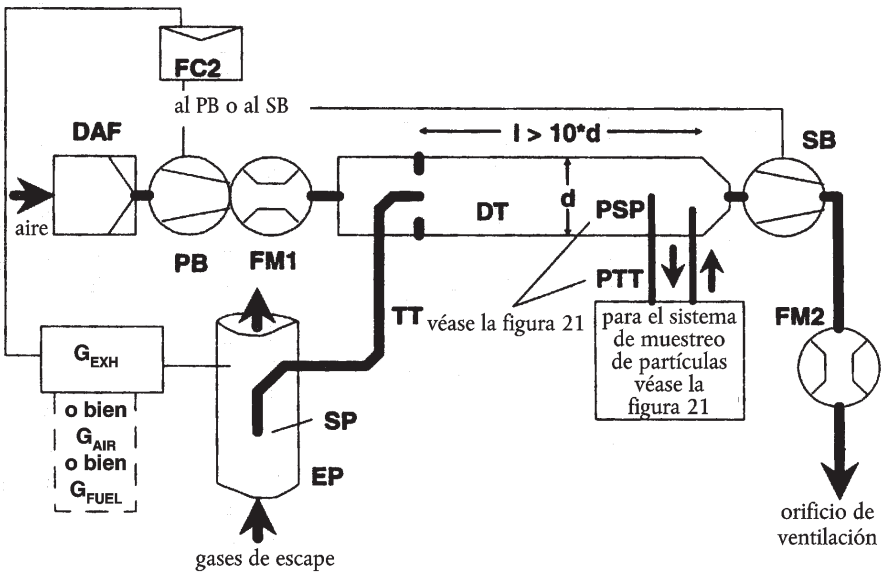


Figura 19

Sistema de dilución con reducción del caudal con control del caudal y muestreo fraccionado

▼B

El gas de escape sin diluir se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT. La separación del gas de escape y el caudal que entra en el DT se controlan mediante el regulador de caudal FC2, el cual regula en consecuencia los caudales (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 bien 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. *Componentes de las figuras 11 a 19*

EP Tubo de escape

El tubo de escape podrá estar aislado. A fin de reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea de 0,015 o menos. El uso de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro de 12 o menos. Se minimizará el número de curvas a fin de reducir la precipitación inercial. Si el sistema incluye un silenciador de banco de pruebas, también podrá aislarse.

Para un sistema isocinético, en el tubo de escape no deberá haber codos, curvas y cambios bruscos de diámetro en una distancia mínima igual a 6 diámetros corriente arriba y 3 diámetros corriente abajo, con respecto al extremo de la sonda. La velocidad del gas en la zona de muestreo será mayor que 10 m/s excepto en la fase de ralentí. Las oscilaciones de presión del gas de escape no rebasarán ± 500 Pa de promedio. Cualquier medida que se adopte para reducir las oscilaciones de presión, aparte de emplear un sistema de escape tipo chasis (incluyendo silenciador y dispositivos de tratamiento posterior de los gases de escape), 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 situado 6 diámetros corriente arriba y 3 diámetros corriente abajo respecto al extremo de la sonda.

SP Sonda de muestreo (figuras 10, 14, 15, 16, 18, 19)

El diámetro interior mínimo será de 4 mm. La relación diametral mínima entre el tubo de escape y la sonda será de 4. La sonda consistirá en un tubo abierto situado de cara a la corriente en la línea central del tubo de escape, o bien una sonda con múltiples orificios, descrita como SP1 en el punto 1.2.1, figura 5.

ISP Sonda de muestreo isocinética (figuras 11, 12)

La sonda de muestreo isocinética se situará de cara a la corriente en la línea central del tubo de escape, en un punto donde se cumplan las condiciones de caudal especificadas en el punto EP, y estará diseñada para obtener una muestra proporcional del gas de escape sin diluir. El diámetro interior mínimo será de 12 mm.

Se precisa un sistema de control para la separación isocinética del gas de escape, debiéndose mantener una diferencia de presión igual a cero entre el EP y la ISP. En estas condiciones, el gas de escape pasa a la misma velocidad por el EP y la ISP, y el caudal másico que circula por la ISP es una fracción constante del caudal de gas de escape. Es preciso conectar la ISP a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FC1 permite mantener una diferencia de presión igual a cero entre el EP y la ISP.

FD1, FD2 Divisor del caudal (figura 16)

Se instalan varios tubos Venturi u orificios en el tubo de escape EP y en el tubo de transferencia TT, respectivamente, a fin de obtener una muestra proporcional del gas de escape sin diluir. Se precisa un sistema de control, consistente en dos válvulas reguladoras de presión PCV1 y PCV2, para efectuar la separación proporcional regulando las presiones en el EP y el DT.

FD3 Divisor del caudal (figura 17)

Se instalan varios tubos (una unidad de múltiples tubos) en el tubo de escape EP a fin de obtener una muestra proporcional del gas de escape sin diluir. Uno de los tubos transporta gas de escape al túnel de dilución DT, mientras que el resto de tubos dirige el gas de escape a una cámara de amortiguamiento DC. Todos los tubos deberán tener las mismas dimensiones (mismo diámetro, longitud, radio de curvatura), de manera que la separación del gas de escape dependa del número total de tubos. Se precisa un sistema de control para efectuar la separación proporcional,

▼B

debiéndose mantener una diferencia de presión igual a cero entre la salida de la unidad de múltiples tubos que conduce a la DC y la salida del TT. En estas condiciones, el gas de escape pasa a la misma velocidad por el EP y el FD3, y el caudal que circula por el 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 de gas de escape (figuras 13, 14, 15, 16 y 17)

Podrán utilizarse analizadores de CO_2 o de NO_x (si se utiliza el método de equilibrado de carbono, tan sólo los de CO_2). Los analizadores se calibrarán como los analizadores que se emplean para la medición de las emisiones de gases. Podrán utilizarse uno o varios analizadores para determinar las diferencias de concentración. La precisión de los sistemas de medición deberá permitir una precisión del ± 4 % en la lectura del $G_{EDFW,i}$.

TT Tubo de transferencia (figuras 11 a 19)

El tubo de transferencia:

— será lo más corto posible, no debiendo rebasar los 5 m de longitud,

— tendrá un diámetro igual o mayor que el de la sonda, pero nunca superior a 25 mm,

— tendrá su salida en la línea central del túnel de dilución y en la dirección de la corriente.

Si el tubo posee una longitud igual o inferior a 1 metro, deberá aislarse con un material que posea una conductividad térmica máxima de 0,05 W/m*K, con un grosor de aislamiento radial igual al diámetro de la sonda. Si la longitud del tubo es superior a 1 metro, deberá aislarse y calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared mínima de 523 K (250 °C).

DPT Transductor de presión diferencial (figuras 11, 12, 17)

El transductor de presión diferencial abarcará un margen de ± 500 Pa o menos.

FC1 Regulador de caudal (figuras 11, 12, 17)

En los «sistemas isocinéticos (figuras 11,12)», se precisa un regulador de caudal para mantener a cero la diferencia de presión entre el EP y la ISP. La regulación puede efectuarse

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), o bien

b) ajustando el aspirador SB para que circule un caudal másico constante de gas de escape diluido y controlando el caudal del ventilador centrífugo PB, con lo que se controla también el caudal de muestreo de gases de escape en una zona situada en el extremo del tubo de transferencia TT (figura 12).

En el caso de un sistema con control de presión, el error remanente en el bucle de control no deberá rebasar ± 3 Pa. Las oscilaciones de presión en el túnel de dilución no deberán rebasar ± 250 Pa de promedio.

En un «sistema de múltiples tubos (figura 17)», se precisa un regulador de caudal para la separación proporcional del gas de escape, a fin de mantener a cero la diferencia de presión entre la salida de la unidad de múltiples tubos y la salida del TT. La regulación tiene lugar controlando el caudal de aire inyectado en el DT a la salida del TT.

PCV1, PCV2 Válvula reguladora de presión (figura 16)

Se precisan dos válvulas reguladoras de presión para el «sistema de doble tubo Venturi/doble orificio», a fin de efectuar la separación proporcional del caudal controlando la contrapresión del EP y la presión en el DT. Una válvula estará situada en el EP, más abajo de la SP en la dirección de la corriente, y la otra entre el PB y el DT.

DC Cámara de amortiguamiento (figura 17)

Se instalará una cámara de amortiguamiento a la salida de la unidad de múltiples tubos al objeto de minimizar las oscilaciones de presión en el tubo de escape EP.

▼B

VN Venturi (figura 15)

Se instala un tubo Venturi en el túnel de dilución DT al objeto de generar 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 la transferencia de cantidades de movimiento en la zona del tubo Venturi, y básicamente es proporcional al caudal del ventilador centrífugo PB, lo que provoca una relación de dilución constante. Como la transferencia de cantidades de movimiento se ve influida por la temperatura a la salida del TT y por la diferencia de presión entre el EP y el DT, la relación de dilución efectiva es ligeramente inferior con poca carga que con una gran carga.

FC2 Regulador de caudal (figuras 13, 14, 18, 19, opcional)

Podrá utilizarse un regulador de caudal para controlar el caudal del ventilador centrífugo PB y/o del aspirador SB. Dicho regulador podrá estar conectado a la señal de caudal de gases de escape, aire de admisión o carburante y/o a la señal diferencial de CO_2 o de NO_x.

Si se utiliza un sistema de suministro de aire a presión (figura 18), el caudal de aire se controla directamente con el FC2.

FM1 Dispositivo de medición de caudal (figuras 11, 12, 18, 19)

Un caudalómetro de gases 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.

FM2 Dispositivo de medición de caudal (figura 19)

Un caudalómetro de gases u otro instrumento para medir el caudal de 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, 19)

Para controlar el caudal del aire de dilución, podrá conectarse un PB a los reguladores de caudal FC1 o FC2. El PB no es necesario si se utiliza una válvula de mariposa, aunque podrá utilizarse para medir el caudal del aire de dilución, si está calibrado.

SB Aspirador (figuras 11, 12, 13, 16, 17, 19)

Exclusivamente para sistema de muestreo fraccionado. El SB podrá utilizarse para medir el caudal de gas de escape diluido, si está calibrado.

DAF Filtro de aire de dilución (figuras 11 a 19)

Se recomienda filtrar y lavar con carbón vegetal el aire de dilución al objeto de eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se tomarán muestras del aire de dilución según los procedimientos de buena práctica, a fin de determinar los niveles de partículas de fondo, los cuales pueden restarse posteriormente de los valores medidos en el gas de escape diluido.

DT Túnel de dilución (figuras 11 a 19)

El túnel de dilución:

— tendrá la longitud suficiente para que los gases de escape y el aire de dilución se mezclen por completo aunque existan turbulencias en el caudal,

— será de acero inoxidable con:

  — una relación grosor/diámetro de 0,025 o menos para los túneles de dilución con un diámetro interior mayor que 75 mm,

  — un grosor nominal no inferior a 1,5 mm para los túneles de dilución con un diámetro interior igual o inferior a 75 mm,

— tendrá un diámetro mínimo de 75 mm para el método de muestreo fraccionado,

— se recomienda que tenga un diámetro mínimo de 25 mm para el método de muestreo conjunto,

— podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calentamiento directo o bien precalentando el 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,

— podrá estar aislado.

▼B

Los gases de escape del motor se mezclarán 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_2 del túnel con el motor en funcionamiento (se considerarán al menos cuatro puntos de medición equidistantes). Si es preciso, podrá utilizarse un orificio de mezclado.

Nota: Si la temperatura ambiente en la proximidad del túnel de dilución (DT) es inferior a 293 K (20 °C), deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar pérdidas de partículas debido a la baja temperatura de las paredes del túnel de dilución. Así pues, se recomienda calentar y/o aislar el túnel dentro de los límites arriba indicados.

Cuando se utilice el motor con una carga elevada, podrá refrigerarse el túnel mediante un sistema no agresivo, como un ventilador de circulación, hasta que la temperatura del medio refrigerante esté por debajo de 293 K (20 °C).

HE Intercambiador de calor (figuras 16, 17)

El intercambiador de calor deberá tener la capacidad suficiente para mantener la temperatura en la entrada del aspirador SB dentro de un margen de ± 11 K respecto a la temperatura media de funcionamiento observada durante la prueba.

2.3. **Sistema de dilución sin reducción del caudal**

En la figura 20 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de la totalidad de los gases de escape empleando el concepto CVS (toma de muestras a volumen constante). Es preciso medir el volumen total de la mezcla de gases de escape y aire de dilución. Podrá utilizarse un PDP o bien un sistema CFV.

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 *dilución simple*. Si la muestra se diluye una vez más en el túnel de dilución secundario, se denomina *dilución doble*. Este último tipo de dilución resulta útil cuando con una dilución simple es imposible alcanzar la temperatura preceptiva en la superficie del filtro. A pesar de tratarse en parte de un sistema de dilución, el sistema de dilución doble se describe en el punto 2.4, figura 22 como una modificación de un sistema de muestreo de partículas, ya que la mayoría de sus componentes son comunes a los de un sistema típico de muestreo de partículas.

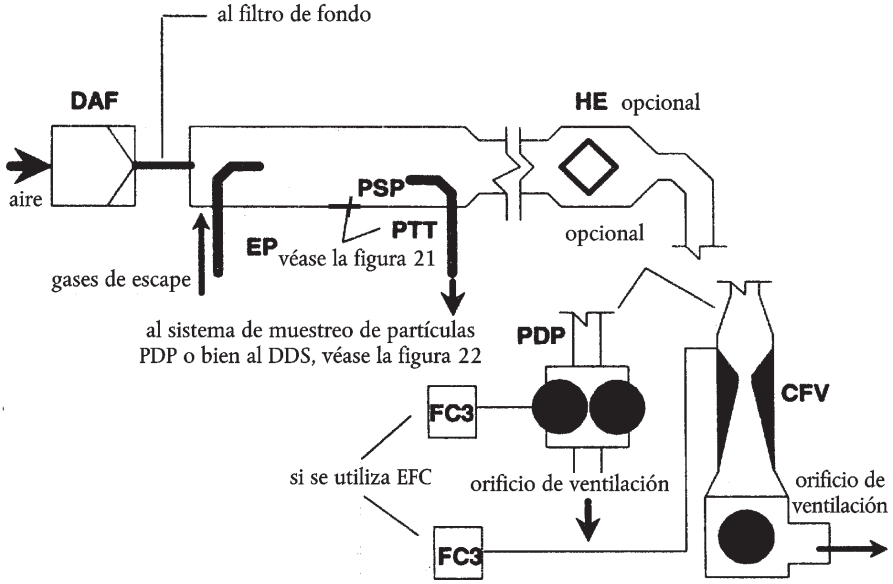


Figura 20

Sistema de dilución sin reducción del caudal

▼B

La cantidad total de gas de escape sin diluir se mezcla en el túnel de dilución DT con el aire de dilución. El caudal de gas de escape diluido se mide con una bomba de desplazamiento positivo PDP o con un tubo Venturi de flujo crítico CFV. Podrá utilizarse un intercambiador de calor HE o un sistema electrónico de compensación de caudal EFC para el muestreo proporcional de partículas y para la determinación del caudal. 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, la salida del turbocompresor o el dispositivo de tratamiento posterior hasta el túnel de dilución no deberá superar los 10 m. Si el tubo de escape se pasa 4 m de la longitud que debería tener más abajo del colector de escape, del turbocompresor o del dispositivo de tratamiento posterior, deberán aislarse todos los tubos con una longitud superior a 4 m, excepto un medidor de humos instalado en canalización, en su caso. El aislamiento deberá tener un grosor radial mínimo de 25 mm. La conductividad térmica del material aislante no será mayor que 0,1 W/mK medida a 673 K (400 °C). A fin de reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda una relación grosor/diámetro de 0,015 o menos. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro de 12 o menos.

PDP Bomba de desplazamiento positivo

La PDP mide el caudal total de gas de escape diluido a partir del número de revoluciones y del desplazamiento de la bomba. La contrapresión del sistema de escape no deberá reducirse artificialmente mediante la PDP o el sistema de admisión de aire de dilución. La contrapresión estática de los gases de escape medida con el sistema PDP en funcionamiento permanecerá dentro de un margen de ± 1,5 kPa respecto a la presión estática medida sin conectar la PDP y con el motor funcionando al mismo régimen y con la misma carga. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente después de la PDP será de ± 6 K respecto a la temperatura media de funcionamiento observada durante la prueba, si no se utiliza un sistema de compensación de caudal. Dicho sistema de compensación de caudal sólo podrá utilizarse si la temperatura en la entrada de la PDP no supera los 323 K (50 °C).

CFV Tubo Venturi de flujo crítico

El CFV mide el caudal total de gas de escape diluido estrangulando el caudal (flujo crítico). La contrapresión estática de los gases de escape medida con el sistema CFV en funcionamiento permanecerá dentro de un margen de ± 1,5 kPa respecto a la presión estática medida sin conectar el CFV y con el motor funcionando al mismo régimen y con la misma carga. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente después del CFV será de ± 11 K respecto a la temperatura media de funcionamiento observada durante la prueba, si no se utiliza un sistema de compensación de caudal.

HE Intercambiador de calor (opcional, si se utiliza EFC)

El intercambiador de calor deberá tener la capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites arriba indicados.

EFC Sistema electrónico de compensación de caudal (opcional si se utiliza HE)

Si la temperatura en la entrada de la PDP o del CFV no se mantiene dentro de los límites arriba indicados, se precisará un sistema de compensación de caudal para la medición continua del caudal y para controlar el muestreo proporcional en el sistema de partículas. Para tal fin, las señales de caudal medidas continuamente se utilizan para corregir, en este sentido, el caudal de muestreo que pasa por los filtros de partículas del sistema de muestreo de partículas (véanse el punto 2.4, figuras 21, 22).

DT Túnel de dilución

El túnel de dilución:

— tendrá un diámetro lo suficientemente pequeño como para provocar turbulencias en el caudal (el número de Reynolds será mayor que 4 000) y tendrá una longitud suficiente como para que los gases de escape y el aire de dilución se mezclen completamente; pudiéndose utilizar un orificio de mezclado,

▼B

— tendrá un diámetro mínimo de 460 mm con un sistema de dilución simple,

— tendrá un diámetro mínimo de 210 mm con un sistema de dilución doble,

— podrá estar aislado.

Los gases de salida del motor se dirigirán al punto por donde se introducen en el túnel de dilución, y se mezclarán a fondo.

Si se emplea la «dilución simple», se transfiere una muestra del túnel de dilución al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). La capacidad de caudal de la PDP o del 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 principal.

Si se emplea la «dilución doble», se transfiere una muestra del túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se vuelve a diluir, para pasar a continuación por los filtros de muestreo (punto 2.4, figura 22). La capacidad de caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el caudal de gas de escape diluido en el DT a una temperatura igual o inferior a 464 K (191 °C) en la zona de muestreo. El sistema de dilución secundario deberá proporcionar aire de dilución secundario en cantidad suficiente como para mantener el caudal de gas de escape doblemente diluido a una temperatura igual o inferior a 325 K (52 °C) en un punto situado justo antes del filtro de partículas principal.

DAF Filtro de aire de dilución

Se recomienda filtrar y lavar con carbón vegetal el aire de dilución, a fin de eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante, se tomará una muestra del aire de dilución según los procedimientos de buena práctica, a fin de 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 PTT y:

— se situará de cara a la corriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen perfectamente, es decir, en la línea central del túnel de dilución (DT), aproximadamente a una distancia de 10 diámetros de túnel más abajo del punto donde el gas de escape penetra en el túnel de dilución,

— tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm,

— podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción o directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución,

— podrá estar aislado.

2.4. **Sistema de muestreo de partículas**

Se precisa un sistema de muestreo de partículas para recoger las partículas en el filtro de partículas. En el caso del sistema de dilución con muestreo conjunto y con reducción del caudal, 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, 18) y el de muestreo suelen formar una misma unidad. En el caso del sistema de dilución con muestreo fraccionado y con reducción del caudal o bien sin reducción del caudal, que consiste en hacer pasar por los filtros tan solo una parte del gas de escape diluido, el sistema de dilución (punto 2.2, figuras 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19; punto 2.3, figura 20) y el de análisis suelen ser dos unidades diferentes.

En la presente Directiva, el sistema de dilución doble (figura 22) de un sistema de dilución sin reducción del caudal se considera una modificación específica de un sistema típico de muestreo de partículas, como se puede apreciar en la figura 21. El sistema de dilución doble incluye todas las partes importantes del sistema de muestreo de partículas, como los portafiltros y la bomba de muestreo, y además incorpora características de dilución, como un suministro de aire de dilución y un túnel de dilución secundario.

▼B

A fin de evitar todo impacto sobre los bucles de control, se recomienda que la bomba de muestreo se mantenga en funcionamiento durante todo el procedimiento de prueba. Para el método de filtro simple, se utilizará un sistema de derivación para hacer que la muestra pase por los filtros de muestreo en el momento que se desee. Es preciso minimizar las interferencias originadas por el procedimiento de conmutación de los bucles de control.

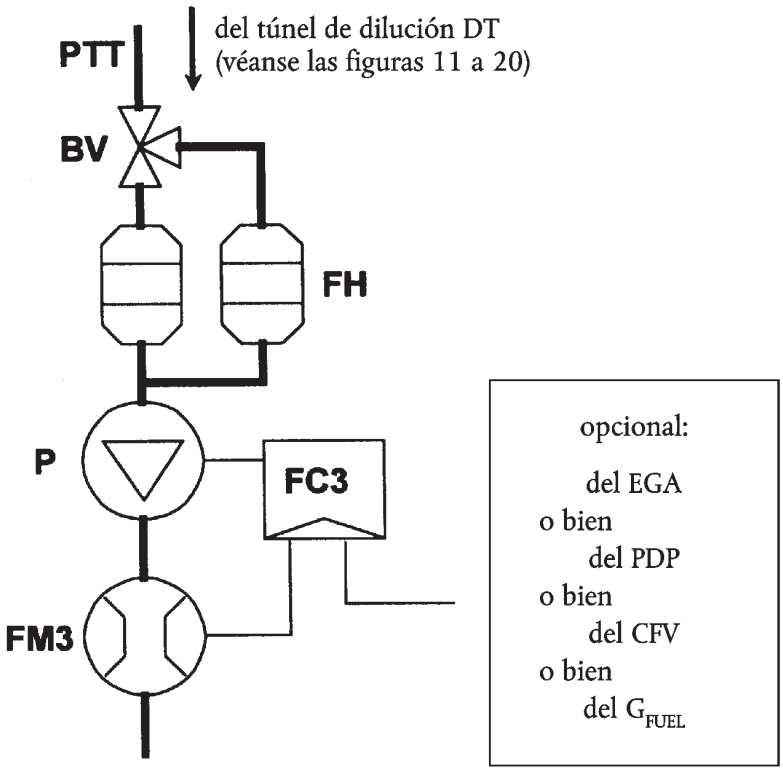


Figura 21

Sistema de muestreo de partículas

Mediante la bomba de muestreo P y a través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, se toma una muestra del gas de escape diluido del túnel de dilución DT de un sistema de dilución con o sin reducción del caudal. Se hace pasar la muestra a través del o de los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal de la muestra se regula con el regulador de caudal FC3. Si se utiliza un sistema electrónico de compensación de caudal EFC (véase la figura 20), el caudal de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

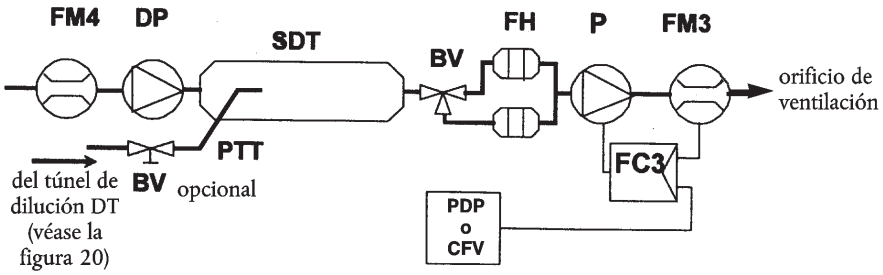


Figura 22

Sistema de dilución doble (exclusivamente para sistemas sin reducción del caudal)

▼B

A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, una muestra del gas de escape diluido se transfiere desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución sin reducción del caudal hasta el túnel de dilución secundario SDT, donde se vuelve a diluir. A continuación se hace pasar la muestra por el o 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 utiliza un sistema electrónico de compensación de caudal EFC (véase la figura 20), el caudal total de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

2.4.1. *Componentes de las figuras 21 y 22*

PTT Tubo de transferencia de partículas (figuras 21, 22)

El tubo de transferencia de partículas tendrá una longitud máxima de 1 020 mm, aunque siempre deberá ser lo más corto posible. En su caso (es decir, para sistemas de muestreo fraccionado y dilución con reducción del caudal, y para sistemas de dilución sin reducción del caudal), se incluirá la longitud de las sondas de muestreo (SP, ISP, PSP, respectivamente, véanse los puntos 2.2 y 2.3).

Las dimensiones son válidas para:

— el sistema de muestreo fraccionado y dilución con reducción del caudal y para el sistema de dilución simple sin reducción del caudal desde el extremo de la sonda (SP, ISP, PSP, respectivamente) hasta el portafiltros,

— el método de muestreo conjunto y dilución con reducción del caudal desde el final del túnel de dilución hasta el portafiltros,

— el sistema de dilución doble sin reducción del caudal desde el extremo de la sonda (PSP) hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

— podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución,

— podrá estar aislado.

SDT Túnel de dilución secundario (figura 22)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm, y la longitud suficiente como para que el tiempo de residencia de la muestra doblemente diluida sea de al menos 0,25 segundos. El portafiltros principal FH estará situado a una distancia máxima de 300 mm de la salida del SDT.

El túnel de dilución secundario:

— podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución,

— podrá estar aislado.

FH Portafiltros (figuras 21, 22)

Los filtros principales y secundarios irán alojados en una única caja protectora o en varias separadas. Deberán cumplirse los requisitos del punto 4.1.3 del apéndice 4 del anexo III.

El o los portafiltros:

— podrán calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared no superior a 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentando el aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución,

— podrán estar aislados.

P Bomba de muestreo (figuras 21, 22)

La bomba de muestreo de partículas se situará a una distancia suficiente del túnel, de manera que la temperatura del gas de admisión se mantenga constante (± 3 K), si no se corrige el caudal mediante el FC3.

▼B

DP Bomba de aire de dilución (figura 22)

La bomba de aire de dilución se situará de manera que el aire de dilución secundario se suministre a una temperatura de 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °C), si el aire de dilución no se calienta previamente.

FC3 Regulador de caudal (figuras 21, 22)

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, si no se dispone de otro medio. Se precisará un regulador de caudal si se utiliza un sistema electrónico de compensación de caudal EFC (véase la figura 20).

FM3 Dispositivo de medición de caudal (figuras 21, 22)

El caudalómetro de gases o instrumento para medir el caudal de muestreo de partículas estará situado a suficiente distancia de la bomba de muestreo P, de manera que la temperatura del gas de admisión permanezca constante (± 3 K), si no se corrige el caudal mediante el FC3.

FM4 Dispositivo de medición de caudal (figura 22)

El caudalómetro de gases o instrumento para medir el caudal del aire de dilución se situará de manera que el gas de admisión permanezca a una temperatura de 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °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 de menos de 0,5 segundos.

Nota: Si la temperatura ambiente en la proximidad de la PSP, PTT, SDT y FH es inferior a 293 K (20 °C), deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar pérdidas de partículas debido a la baja temperatura de las paredes de estos componentes. Así pues, se recomienda calentar y/o aislar dichos componentes dentro de los límites indicados en las respectivas descripciones. También se recomienda que la temperatura de la superficie del filtro durante el muestreo no sea inferior a 293 K (20 °C).

Cuando se utilice el motor con una carga elevada, los componentes arriba enumerados podrán enfriarse mediante un sistema no agresivo, como un ventilador de circulación, hasta que la temperatura del medio refrigerante esté por debajo de 293 K (20 °C).

3. DETERMINACIÓN DE LOS HUMOS

3.1. **Introducción**

En los puntos 3.2 y 3.3 y en las figuras 23 y 24 hallará descripciones detalladas de los sistemas de opacímetro recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no es preciso seguir exactamente los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, electroimanes, 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, siempre que dicha exclusión se base en la buena práctica.

El principio de medición consiste en que la luz recorre una longitud específica del humo a medir, y la proporción de luz incidente que llega a un receptor se utiliza para evaluar las propiedades de ocultación de la luz que posee el medio. La medición de los humos depende del diseño del aparato, y puede tener lugar en el tubo de escape (opacímetro de paso sin reducción del caudal), al final del tubo de escape (opacímetro al final del conducto sin reducción del caudal) o tomando una muestra del tubo de escape (opacímetro con reducción del caudal). Para determinar el coeficiente de absorción de la luz a partir de la señal de opacidad, el fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico del instrumento.

3.2. **Opacímetro sin reducción del caudal**

Podrán utilizarse dos tipos generales de opacímetros sin reducción del caudal (figura 23). Con el opacímetro de paso se mide la opacidad de todo el penacho de escape en el interior del tubo de escape. Con este

▼B

tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro.

Con un opacímetro situado al final del conducto, se mide la opacidad de todo el penacho de escape al salir 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.

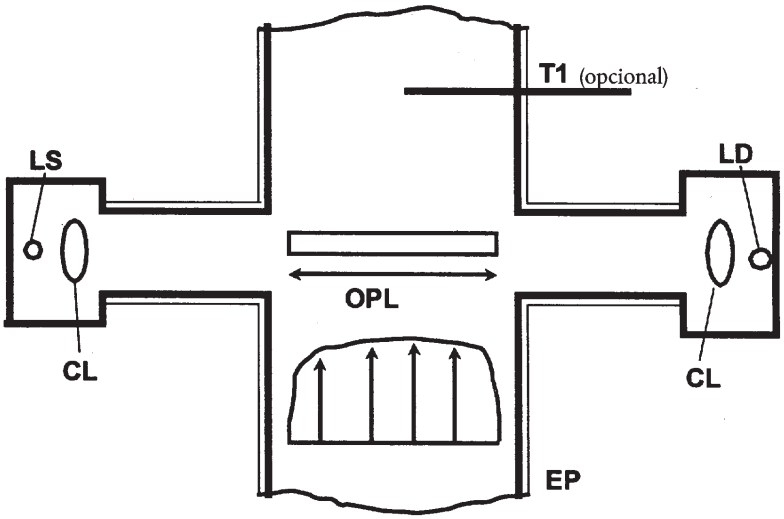


Figura 23

Opacímetro sin reducción del caudal

3.2.1. *Componentes de la figura 23*

EP Tubo de escape

Si se instala un opacímetro de paso, el diámetro del tubo de escape no deberá variar en una distancia de 3 diámetros del tubo de escape contados 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 conducto, en los últimos 0,6 m del tubo de escape la sección transversal será circular y no habrá codos ni curvas. El final del tubo de escape estará cortado en ángulo recto. El opacímetro se montará en el centro del penacho a una distancia máxima de 25 ± 5 mm del final del tubo de escape.

OPL Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico ocultado por el humo, que va desde la fuente luminosa del opacímetro hasta el receptor. Si es preciso, se corrigen los defectos de uniformidad de dicha longitud, debidos a los gradientes de densidad y al efecto marginal. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida introducida 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 IDS 11614. A fin de determinar correctamente la longitud del camino óptico, el gas de escape deberá circular a una velocidad mínima de 20 m/s.

LS Fuente luminosa

La fuente luminosa será una lámpara incandescente con una temperatura de color entre 2 800 y 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral entre 550 y 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por algún sistema que no influya en la longitud del camino óptico especificada por el fabricante.

▼B

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, la respuesta espectral pico del receptor será similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en la gama que va de 550 a 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 algún sistema que no influya en la longitud del camino óptico especificada por el fabricante.

CL Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz que posea un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz serán paralelos, con una tolerancia de 3 ° respecto al eje óptico.

T1 Sensor de temperatura (opcional)

Podrá controlarse la temperatura del gas de escape a lo largo de la prueba.

3.3. **Opacímetro con reducción del caudal**

Si se utiliza un opacímetro con reducción del caudal (figura 24), se toma una muestra representativa de gas de escape en el tubo de escape, y se hace pasar dicha muestra por un conducto 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.

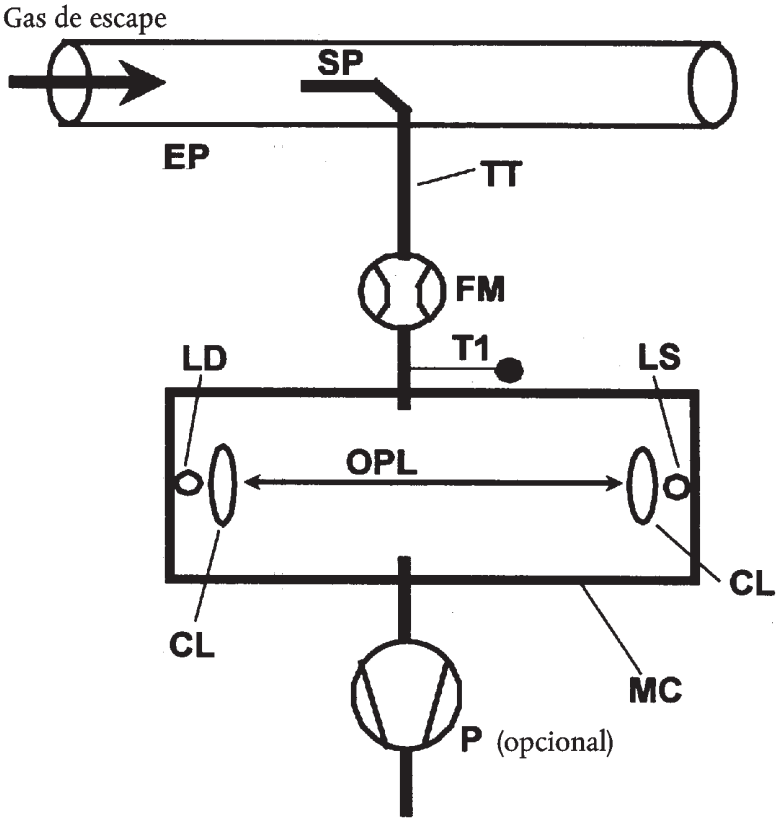


Figura 24

Opacímetro con reducción del caudal

▼B

3.3.1. *Componentes de la figura 24*

EP Tubo de escape

El tubo de escape será un conducto recto con una longitud mínima de 6 diámetros y 3 diámetros contados corriente arriba y corriente abajo, respectivamente, respecto al extremo de la sonda.

SP Sonda de muestreo

La sonda de muestreo será un tubo abierto situado de cara a la corriente en la línea central del tubo de escape o cerca de ella. Habrá una distancia mínima de 5 mm entre la sonda y la pared del tubo de escape. El diámetro de la sonda será tal que garantice un muestreo representativo y un caudal suficiente por el opacímetro.

TT Tubo de transferencia

El tubo de transferencia:

— será lo más corto posible y deberá garantizar que el gas de escape esté a una temperatura de 373 ± 30 K (100 °C ± 30 °C) en la entrada a la cámara de medición,

— tendrá una temperatura de pared suficientemente por encima del punto de rocío del gas de escape como para evitar la condensación,

— tendrá, en toda su longitud, un diámetro igual que el de la sonda de muestreo,

— tendrá un tiempo de respuesta de menos de 0,05 s con el caudal mínimo del instrumento, determinado según el punto 5.2.4 del apéndice 4 del Anexo III,

— no tendrá ninguna repercusión significativa en el pico de humos.

FM Dispositivo de medición de caudal

Se trata de un aparato para detectar que entra el caudal adecuado en la cámara de medición. El fabricante del instrumento especificará los caudales máximo y mínimo, cuyo valor permitirá cumplir el requisito de tiempo de respuesta del TT y las especificaciones de longitud del camino óptico. El dispositivo de medición de caudal podrá estar cerca de la bomba de muestreo, P, en su caso.

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 parásita en el detector, debida a 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 ello no es posible por motivos de diseño, la lectura del opacímetro se convertirá a presión atmosférica.

La temperatura de pared de la cámara de medición deberá estar entre 343 K (70 °C) y 373 K (100 °C), con un margen de ± 5 K, pero en cualquier caso, estará lo suficientemente por encima del punto de rocío del gas de escape como para evitar la condensación. La cámara de medición incorporará dispositivos apropiados para medir la temperatura.

OPL Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico ocultado por el humo, que va desde la fuente luminosa del opacímetro hasta el receptor. Si es preciso, se corrigen los defectos de uniformidad de dicha longitud, debidos a los gradientes de densidad y al efecto marginal. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida introducida 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 IDS 11614.

LS Fuente luminosa

La fuente luminosa será una lámpara incandescente con una temperatura de color entre 2 800 y 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral entre 550 y 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por algún sistema que no influya en la longitud del camino óptico especificada 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, la respuesta

▼B

espectral pico del receptor será similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en la gama que va de 550 a 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 algún sistema que no influya en la longitud del camino óptico especificada por el fabricante.

CL Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz que posea un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz serán paralelos, con una tolerancia de 3° respecto al eje óptico.

T1 Sensor de temperatura

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 más abajo de la cámara de medición en la dirección de la corriente, para transferir la muestra de gas a través de la cámara de medición.

▼B

ANEXO VI

CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN CE

Comunicación relativa a:

— la homologación (1)

— la prolongación de la homologación (1)

de un tipo de vehículo/entidad técnica (tipo de motor/familia de motor)/elemento (1) con arreglo a la Directiva 88/77/CEE.

Homologación CE nº: ..... Prolongación nº: .....

SECCIÓN I

0 **Generalidades**

0.1 Marca del vehículo/de la entidad técnica/del elemento (1): .....

0.2 Designación por el fabricante del tipo de vehículo/entidad técnica (tipo de motor/familia de motor)/elemento (1): .....

0.3 Código de tipo por el fabricante, marcado sobre el vehículo/entidad técnica (tipo de motor/familia de motor)/elemento (1): .....

0.4 Categoría del vehículo: .....

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

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

0.7 Nombre y dirección del representante autorizado por el fabricante (si existe): .....

SECCIÓN II

1 Descripción breve (si procede): véase el anexo I .....

2 Departamento técnico responsable de realizar las pruebas: .....

3 Fecha del informe de la prueba: .....

4 Número del informe de la prueba: .....

5 Motivo(s) para prolongar la homologación (si procede): .....

6 Observaciones (si procede): véase el anexo I .....

7 Lugar: .....

8 Fecha: .....

9 Firma: .....

10 Se adjunta una lista de documentos incluidos en el expediente de la homologación del departamento administrativo que ha concedido esta homologación, cuyo certificado podrá obtenerse a petición.

(1) Táchese lo que no proceda.

▼M1

Apéndice1

▼B

al certificado de homologación CE Nº …, relativo a la homologación de un vehículo/entidad técnica/elemento (1)

1.	**Descripción breve**
1.1.	Características a indicar con respecto a la homologación de un vehículo con un motor instalado: .....
1.1.1.	Marca del motor (nombre de la empresa): .....
1.1.2.	Tipo y descripción comercial (menciónense las posibles variantes): .....
1.1.3.	Código del fabricante marcado en el motor: .....
1.1.4.	Categoría del vehículo (si procede): .....
1.1.5.	Categoría de motor: diésel/alimentado con GN/alimentado con GLP/alimentado con etanol (1): .....
1.1.6.	Nombre y dirección del fabricante: .....
1.1.7.	Nombre y dirección del representante autorizado por el fabricante (si existe): .....
1.2.	Si el motor contemplado en el punto 1.1 ha recibido una homologación como entidad técnica:
1.2.1.	Número de homologación del motor/familia de motor (1): .....
►(1) 1.2.2.	Número de calibrado del programa Unidad de control electrónico del motor (EECU): .....◄
1.3.	Características a indicar con respecto a la homologación de un motor/familia de motor (1) como entidad técnica (condiciones que deben respetarse para el montaje del motor en un vehículo):
1.3.1.	Vacío de entrada máximo y/o mínimo: ..... kPa
1.3.2.	Contrapresión máxima admisible: ..... kPa
1.3.3.	Volumen del sistema de escape: ..... cm^3
1.3.4.	Potencia absorbida por los dispositivos auxiliares que se precisan para el funcionamiento del motor:
1.3.4.1.	Ralentí: ..... kW; Régimen bajo: ..... kW; Régimen alto: ..... kW
	Régimen A: ..... kW; Régimen B: ..... kW; Régimen C: ..... kW
	Régimen de referencia: ..... kW
1.3.5.	Restricciones de empleo (en su caso): .....

►(1) M1

(1) Táchese lo que no proceda.

▼M1

1.4. ([1]) Niveles de emisión del motor/motor de origen:

1.4.1. Prueba ESC

Factor de deterioro (FD): estimado/fijado ([1])

Especifíquense en el cuadro que figura a continuación los valores FD y las emisiones según la prueba ESC:

Prueba ESC				
FD:	CO	THC	NO_x	PT
Emisiones	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	PT (g/kWh)
Medido:				
Estimado con FD:				

1.4.2. Prueba ELR

Valor de humos: m^{-1}

1.4.3. Prueba ETC

Factor de deterioro (FD): estimado/fijado ([1])

Prueba ETC					
FD	CO	NMHC	CH_4	NO_x	PT
Emisiones	CO (g/kWh)	NMHC (g/kWh) ([1])	CH_4 (g/kWh) ([1])	NO_x (g/kWh)	PT (g/kWh) ([1])
Medido con regeneración:					
Medido sin regeneración:					
Medido/ponderado:					
Estimado con FD:					

([1]) Táchese lo que no proceda.

([1]) Táchese lo que no proceda.

▼M1

Apéndice 2

INFORMACIÓN RELATIVA AL SISTEMA DAB

Como se indicó en el anexo II, apéndice 5, de la presente Directiva, la información que figura en el presente apéndice es facilitada por el fabricante del vehículo a fin de permitir la fabricación de piezas de recambio o de revisión y herramientas de diagnosis y equipos de prueba que sean compatibles con el sistema DAB. El fabricante del vehículo no tendrá que facilitar dicha información si ésta está protegida por derechos de propiedad intelectual o constituye un conjunto de conocimientos técnicos específicos (*know-how*) del fabricante o del proveedor o proveedores del equipo original (OEM).

El presente apéndice se pondrá a disposición de cualquier fabricante de componentes, herramientas de diagnosis y equipos de prueba interesado que lo solicite, sin discriminación alguna.

De conformidad con lo dispuesto en el punto anexo II, apéndice 5, punto 1.3.3, la información requerida en el presente punto será la misma que se prevé en dicho apéndice.

1. Una descripción del tipo y número de ciclos de preacondicionamiento utilizados para la homologación original del vehículo.

2. Una descripción del tipo de ciclo de demostración DAB utilizado para la homologación original del vehículo en lo relativo al componente supervisado por el sistema DAB.

3. Una lista exhaustiva de todos los componentes captados por el dispositivo de detección de errores y de activación del IMF (número fijo de ciclos de conducción o método estadístico), incluida la lista de parámetros secundarios pertinentes captados para cada uno de los componentes supervisados por el sistema DAB. Una lista de todos los códigos de salida DAB y formatos utilizados (junto con una explicación para cada uno de ellos) para los distintos componentes del grupo motopropulsor relacionados con las emisiones así como para componentes individuales no relacionados con las emisiones, cuando la supervisión del componente se utiliza para determinar la activación del IMF.

▼B

ANEXO VII

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

1. PRUEBA ESC

1.1. **Emisiones de gases**

A continuación se muestran los datos de medición para el cálculo de los resultados de cada fase. En el presente ejemplo, el CO y NO_x se miden por vía seca, y los HC por vía húmeda. La concentración de HC se indica mediante su equivalente en propano (C3) y debe multiplicarse por 3 para obtener el equivalente C1. El procedimiento de cálculo es idéntico para el resto de fases.

P (kW)	T_a (K)	H_a (g/kg)	G_{EXH} (kg)	G_{AIRW} (kg)	G_{FUEL} (kg)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO_x (ppm)
82,9	294,8	7,81	563,38	545,29	18,09	6,3	41,2	495

Cálculo del factor de corrección de seco a húmedo $K_{W,r}$ (punto 4.2 del apéndice 1 del anexo III):

$$F_{FH} = \frac{1{,}969}{1 + \frac{18{,}09}{545{,}29}} = 1{,}9058 \text{ y } K_{W2} = \frac{1{,}608 \times 7{,}81}{1000 + (1{,}608 \times 7{,}81)} = 0{,}0124$$

$$K_{W,r} = \left(1 - 1{,}9058 \times \frac{18{,}09}{541{,}06}\right) - 0{,}0124 = 0{,}9239$$

Cálculo de las concentraciones en húmedo:

$$CO = 41{,}2 \times 0{,}9239 = 38{,}1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 \times 0{,}9239 = 457 \text{ ppm}$$

Cálculo del factor de corrección $K_{H,D}$ de la humedad de NO_x (punto 4.3 del apéndice 1 del anexo III):

$$A = 0{,}309 \times 18{,}09/541{,}06 - 0{,}0266 = -0{,}0163$$

$$B = - 0{,}209 \times 18{,}09/541{,}06 + 0{,}00954 = 0{,}0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1\text{-}0{,}0163 \times (7{,}81\text{-}10{,}71) + 0{,}0026 \times (294{,}8\text{-}298)} = 0{,}9625$$

Cálculo de los caudales másicos de emisión (punto 4.4 del apéndice 1 del anexo III):

$$NO_x = 0{,}001587 \times 457 \times 0{,}9625 \times 563{,}38 = 393{,}27 \text{ g/h}$$

$$CO = 0{,}000966 \times 38{,}1 \times 563{,}38 = 20{,}735 \text{ g/h}$$

$$HC = 0{,}000479 \times 6{,}3 \times 3 \times 563{,}38 = 5{,}100 \text{ g/h}$$

Cálculo de las emisiones específicas (punto 4.5 del apéndice 1 del anexo III):

El siguiente ejemplo de cálculo se refiere al CO; el procedimiento de cálculo es idéntico para el resto de componentes.

Los caudales másicos de emisión de cada fase se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el punto 2.7.1 del apéndice 1 del anexo III, y se suman para obtener el promedio del caudal másico de emisión a lo largo del ciclo:

$$\begin{aligned} CO &= (6{,}7 \times 0{,}15) + (24{,}6 \times 0{,}08) + (20{,}5 \times 0{,}10) + (20{,}7 \times 0{,}10) + \\ &\quad (20{,}6 \times 0{,}05) + (15{,}0 \times 0{,}05) + (19{,}7 \times 0{,}05) + (74{,}5 \times 0{,}09) + \\ &\quad (31{,}5 \times 0{,}10) + (81{,}9 \times 0{,}08) + (34{,}8 \times 0{,}05) + (30{,}8 \times 0{,}05) + \\ &\quad (27{,}3 \times 0{,}05) \\ &= 30{,}91 \text{ g/h} \end{aligned}$$

▼B

La potencia del motor en cada fase se multiplica por los respectivos factores de ponderación, indicados en el punto 2.7.1 del apéndice 1 del anexo III, y se suma para obtener la potencia media del ciclo:

$$P(n) = (0{,}1 \times 0{,}15) + (96{,}8 \times 0{,}08) + (55{,}2 \times 0{,}10) + (82{,}9 \times 0{,}10) + (46{,}8 \times 0{,}05) + (70{,}1 \times 0{,}05) + (23{,}0 \times 0{,}05) + (114{,}3 \times 0{,}09) + (27{,}0 \times 0{,}10) + (122{,}0 \times 0{,}08) + (28{,}6 \times 0{,}05) + (87{,}4 \times 0{,}05) + (57{,}9 \times 0{,}05)$$

$$= 60{,}006 \text{ kW}$$

$$\overline{CO} = \frac{30{,}91}{60{,}006} = 0{,}0515 \text{ g/kWh}$$

Cálculo de la emisión específica de NO_x en un punto aleatorio (punto 4.6.1 del apéndice 1 del anexo III):

Supongamos que se han determinado los siguientes valores en el punto aleatorio:

n_Z = 1 600 min^{-1},

M_Z = 495 Nm,

$NO_{x\ mass.Z}$ = 487,9 g/h (calculado según la fórmula anterior),

$P(n)_Z$ = 83 kW,

$NO_{x,Z}$ = 487,9/83 = 5,878 g/kWh.

Determinación del valor de emisiones del ciclo de pruebas (punto 4.6.2 del apéndice 1 del anexo III):

Supongamos que las cuatro fases de la prueba ESC poseen los siguientes valores:

n_{RT}	n_{SU}	E_R	E_S	E_T	E_U	M_R	M_S	M_T	M_U
1 368	1 785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

E_{TU} = 5,889 + (4,973-5,889) × (1 600-1 368) / (1 785-1 368) = 5,377 g/kWh

E_{RS} = 5,943 + (5,565-5,943) × (1 600-1 368) / (1 785-1 368) = 5,732 g/kWh

M_{TU} = 681 + (601-681) × (1 600-1 368) / (1 785-1 368) = 641,3 Nm

M_{RS} = 515 + (460-515) × (1 600-1 368) / (1 785-1 368) = 484,3 Nm

E_Z = 5,732 + (5,377-5,732) × (495-484,3) / (641,3-484,3) = 5,708 g/kWh

Comparación de los valores de emisión de NO_x (punto 4.6.3 del apéndice 1 del anexo III):

$$NO_{x\ diff} = 100 \times (5{,}878\text{-}5{,}708) / 5{,}708 = 2{,}98\ \%$$

1.2. **Emisiones de partículas**

La medición de partículas se basa en el principio de muestrear las partículas durante todo el ciclo, pero determinar la frecuencia de muestreo y el caudal (M_{SAM} y G_{EDF}) durante cada fase. El cálculo de G_{EDF} depende del sistema que se utilice. En los ejemplos siguientes se utiliza un sistema con medición de CO_2 y método de equilibrado de carbono y otro sistema con medición del caudal. Cuando se utilice un sistema de dilución sin reducción del caudal, el caudal G_{EDF} se mide directamente con el equipo CVS.

Cálculo del caudal G_{EDF} (puntos 5.2.3 y 5.2.4 del apéndice 1 del anexo III):

Supongamos que la fase 4 posee los siguientes datos de medición. El procedimiento de cálculo es idéntico para el resto de fases.

G_{EXH} (kg/h)	G_{FUEL} (kg/h)	G_{DILW} (kg/h)	G_{TOTW} (kg/h)	CO_{2D} (%)	CO_{2A} (%)
334,02	10,76	5,4435	6,0	0,657	0,040

a) método de equilibrado de carbono

$$G_{EDFW} = \frac{206{,}5 \times 10{,}76}{0{,}657\text{-}0{,}040} = 3601{,}2 \text{ kg/h}$$

▼B

b) método de medición del caudal

$$q = \frac{6,0}{6,0\text{-}5,4435} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 \times 10,78 = 3600,7 \text{ kg/h}$$

Cálculo del caudal másico (punto 5.4 del apéndice 1 del anexo III):

Los caudales G_{EDFW} de cada fase se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el punto 2.7.1 del apéndice 1 del anexo III, y se suman para obtener el caudal medio G_{EDF} a lo largo del ciclo. La frecuencia total de muestreo M_{SAM} se obtiene sumando las frecuencias de muestreo de cada fase.

$\bar{G}_{EDFW}$ = (3 567 × 0,15) + (3 592 × 0,08) + (3 611 × 0,10) + (3 600 × 0,10) + (3 618 × 0,05) + (3 600 × 0,05) + (3 640 × 0,05) + (3 614 × 0,09) + (3 620 × 0,10) + (3 601 × 0,08) + (3 639 × 0,05) + (3 582 × 0,05) + (3 635 × 0,05)

= 3 604,6 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 kg

Supongamos que la masa de partículas en los filtros es de 2,5 mg, entonces

$$PT_{mass} = \frac{2,5}{1,515} \times \frac{360,4}{1000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Corrección de fondo (opcional)

Supongamos una medición de fondo que posea 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.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; \; M_{DIL} = 1,5 \text{ kg}$$

Suma de DF = [(1-1/119,15) × 0,15] + [(1-1/8,89) × 0,08] + [(1-1/14,75) × 0,10] + [(1-1/10,10) × 0,10] + [(1-1/18,02) × 0,05] + [(1-1/12,33) × 0,05] + [(1-1/32,18) × 0,05] + [(1-1/6,94) × 0,09] + [(1-1/25,19) × 0,10] + [(1-1/6,12) × 0,08] + [(1-1/20,87) × 0,05] + [(1-1/8,77) × 0,05] + [(1-1/12,59) × 0,05]

= 0,923

$$PT_{mass} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} \times 0,923\right) \times \frac{3604,6}{1000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Cálculo de la emisión específica (punto 5.5 del apéndice 1 del anexo III):

P(n) = (0,1 × 0,15) + (96,8 × 0,08) + (55,2 × 0,10) + (82,9 × 0,10) + (46,8 × 0,05) + (70,1 × 0,05) + (23,0 × 0,05) + (114,3 × 0,09) + (27,0 × 0,10) + (122,0 × 0,08) + (28,6 × 0,05) + (87,4 × 0,05) + (57,9 × 0,05)

= 60,006 kW

$$\bar{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh}$$

si se ha efectuado corrección de fondo $\bar{PT} = (5,726/60,006) = 0,095$ g/kWh,

▼B

Cálculo del factor de ponderación específico (punto 5.6 del apéndice 1 del anexo III):

Supongamos que la fase 4 posee los valores antes calculados, entonces

$$WF_{E,i} = (0{,}152 \times 3604{,}6/1{,}515 \times 3600{,}7) = 0{,}1004$$

Este valor se encuentra dentro del límite especificado de 0,10 ± 0,003.

2. PRUEBA ELR

Dado que el filtrado según Bessel es un proceso de promediación totalmente nuevo en la normativa europea sobre gases 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 final de humos. 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 frecuencias de muestreo y que el cliente utilice dichas constantes para diseñar el algoritmo de Bessel y para calcular los valores de humos.

2.1. **Observaciones generales sobre el filtro de Bessel**

Debido a la existencia de distorsiones de alta frecuencia, la señal de opacidad en bruto suele mostrar un trazo muy discontinuo. Para eliminar dichas distorsiones de alta frecuencia es preciso utilizar un filtro de Bessel durante la prueba ELR. El filtro de Bessel es un filtro recursivo de paso bajo y de segundo orden que garantiza un mínimo tiempo de subida de señal sin que se produzca una respuesta excesiva.

Supongamos un penacho de escape sin diluir en tiempo real en el tubo de escape, y que cada opacímetro indica una línea de representación de la opacidad con retardo y con diferencias de medición. El retardo y la magnitud de la línea de representación de opacidad medida depende principalmente de la geometría de la cámara de medición del opacímetro, incluyendo los conductos de muestreo de 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 a 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:

— el tiempo de respuesta física del opacímetro (t_p),

— el tiempo de respuesta eléctrica del opacímetro (t_e),

— el tiempo de respuesta del filtro de Bessel aplicado (t_F).

El tiempo de respuesta global del sistema t_{Aver} viene dado por la ecuación:

$$t_{Aver} = \sqrt{t_F^2 + t_p^2 + t_e^2}$$

y deberá ser igual para todos los tipos de opacímetros, al objeto de indicar el mismo valor de humos. Por consiguiente, es preciso crear un filtro de Bessel de 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 precisa. Como t_p y t_e son valores dados para cada opacímetro individual, y la presente Directiva define que t_{Aver} es igual a 1,0 s, t_F se puede calcular 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 desde el 10 % hasta el 90 % en una señal de entrada escalonada. Así pues, la frecuencia de corte del filtro de Bessel deberá iterarse de manera que el tiempo de respuesta del filtro de Bessel se ajuste al tiempo de subida que se precisa.

▼B

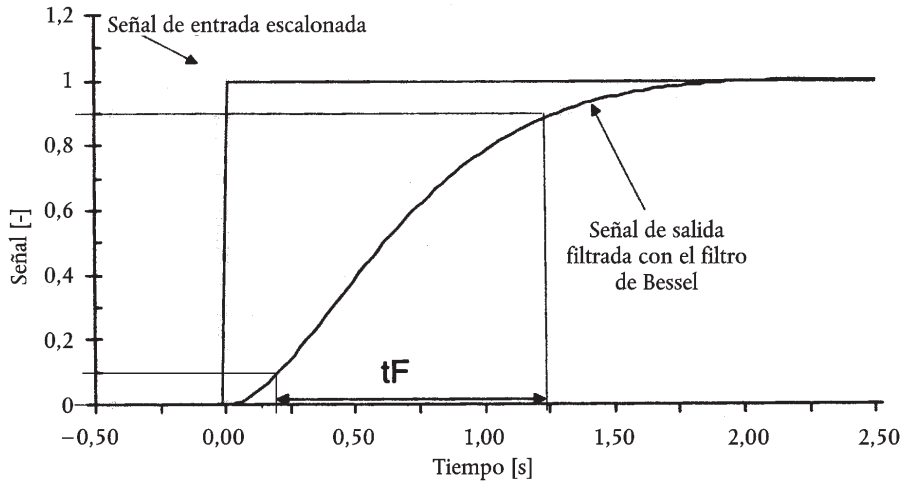


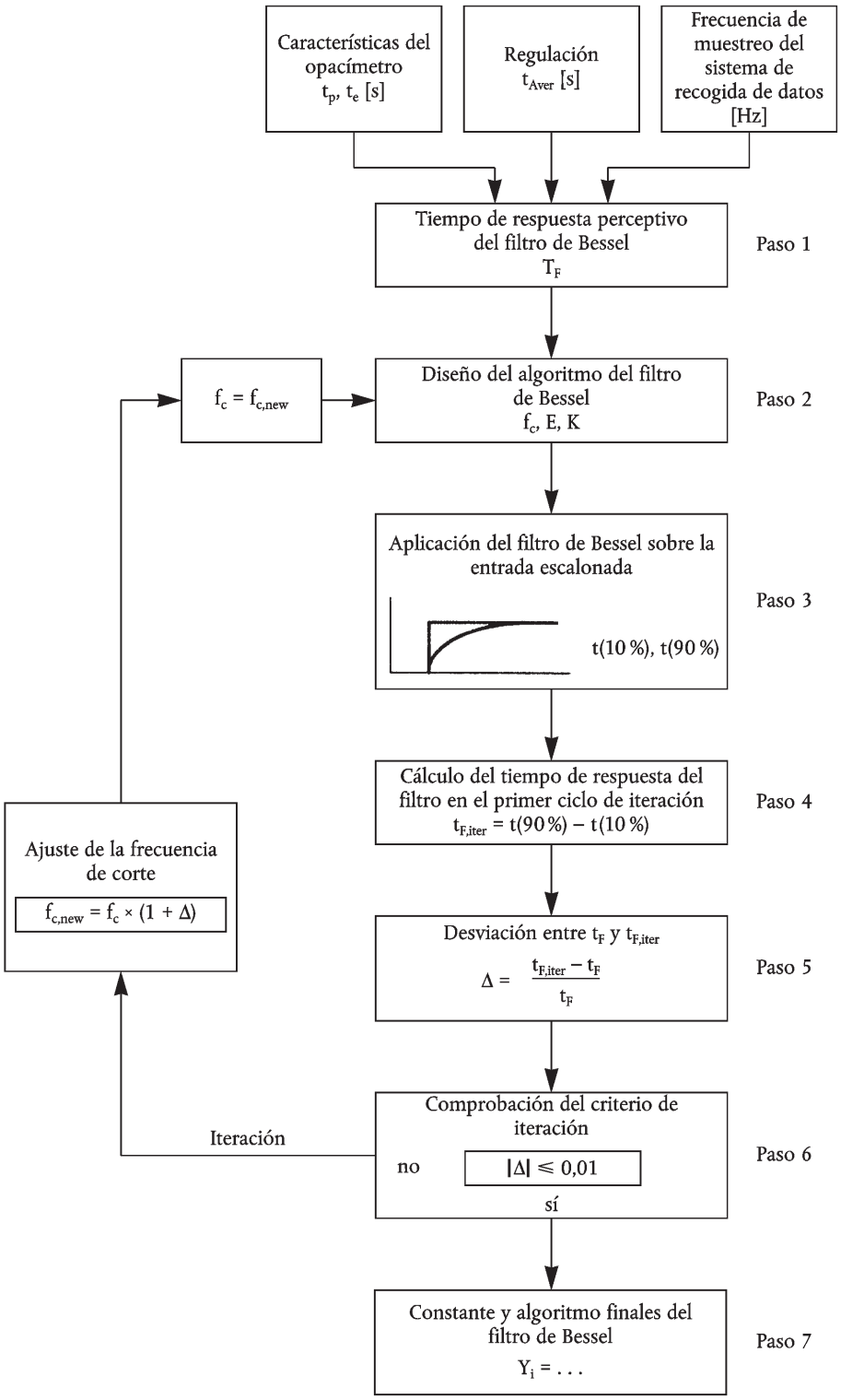
Figura a

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).

▼B

El diseño del algoritmo final del filtro de Bessel es un proceso escalonado que precisa varios ciclos de iteración. A continuación se representa el esquema del procedimiento de iteración.



▼B

2.2. **Cálculo del algoritmo de Bessel**

El presente ejemplo describe los pasos a seguir para el diseño de un algoritmo de Bessel, con arreglo al procedimiento de iteración arriba representado, el cual se basa en el punto 6.1 del apéndice 1 del anexo III.

Para el opacímetro y el sistema de adquisición de datos, se suponen las características siguientes:

— tiempo de respuesta física t_p: 0,15 s,

— tiempo de respuesta eléctrica t_e: 0,05 s,

— tiempo de respuesta global t_{Aver}: 1,00 s (por definición de la presente Directiva),

— frecuencia de muestreo: 150 Hz.

Paso 1 Tiempo de respuesta preceptivo del filtro de Bessel t_F:

$$t_F = \sqrt{1^2\text{-}\left(0{,}15^2 + 0{,}05^2\right)} = 0{,}987421 \text{ s}$$

Paso 2 Estimación de la frecuencia de corte y cálculo de las constantes de Bessel E, K para la primera iteración:

$$f_c = \frac{3{,}1415}{10 \times 0{,}987421} = 0{,}318152 \text{ Hz},$$

$$\Delta t = 1/150 = 0{,}006667 \text{ s},$$

$$\Omega = \frac{1}{\tan\left[3{,}1415 \times 0{,}006667 \times 0{,}318152\right] = 150{,}07664},$$

$$E = \frac{1}{1 + 150{,}076644 \times \sqrt{3 \times 0{,}618034} + 0{,}618034 + 150{,}076644^2} = 7{,}07948 \times 10^{-5},$$

$$K = 2 \times 7{,}07948 \times 10^{-5} \times (0{,}618034 \times 150{,}076644^2\text{-}1)\text{-}1 = 0{,}970783$$

Así se obtiene el algoritmo de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1} + 7{,}07948\ \text{E-}5 \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2}\text{-}4 \times Y_{i-2}) + 0{,}970783 \times (Y_{i-1}\text{-}Y_{i-2})$$

donde S_i representa los valores de la señal de entrada escalonada (que pueden ser «0» o «1») e Y_i representa los valores filtrados de la señal de salida.

Paso 3 Aplicación del filtro de Bessel sobre la entrada escalonada:

El tiempo de respuesta del filtro de Bessel t_F se define como el tiempo de subida de la señal de salida filtrada desde el 10 % hasta el 90 % en 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 arriba indicados de f_c, E y K.

En la tabla B figuran los números de índice, 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 las cifras en negrita.

En la primera iteración de la tabla B, se observa que el valor del 10 % aparece entre los números de índice 30 y 31, y el valor del 90 % aparece entre los números de índice 191 y 192. Para el cálculo de $t_{F,iter}$ los valores exactos de t_{10} y t_{90} se determinan mediante interpolación lineal entre los puntos de medición adyacentes, de la manera siguiente:

$$t_{10} = t_{lower} + \Delta t \times (0{,}1\text{-}out_{lower})/(out_{upper}\text{-}out_{lower})$$

$$t_{90} = t_{lower} + \Delta t \times (0{,}9\text{-}out_{lower})/(out_{upper}\text{-}out_{lower})$$

donde out_{upper} y out_{lower} respectivamente, son los puntos adyacentes de la señal de salida filtrada con un filtro de Bessel, y t_{lower} es el tiempo del punto temporal adyacente, indicado en la tabla B.

$$t_{10} = 0{,}200000 + 0{,}006667 \times (0{,}1\text{-}0{,}099208)/(0{,}104794\text{-}0{,}099208) = 0{,}200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 0{,}273333 + 0{,}006667 \times (0{,}9\text{-}0{,}899147)/(0{,}901168\text{-}0{,}899147) = 1{,}276147 \text{ s}$$

▼B

Paso 4 Tiempo de respuesta del filtro en el primer ciclo de iteración:

$$t_{F,iter} = 1{,}276147\text{-}0{,}200945 = 1{,}075202 \text{ s}$$

Paso 5 Desviación entre el valor obtenido y el que se precisa para el tiempo de respuesta del filtro en el primer ciclo de iteración:

$$\Delta = (1{,}075202\text{-}0{,}987421)/0{,}987421 = 0{,}081641$$

Paso 6 Comprobación del criterio de iteración:

Se precisa que $|\Delta| \leq 0{,}01$. Como $0{,}081641 > 0{,}01$, no se cumple el criterio de iteración, por lo que es preciso iniciar otro ciclo de iteración, para el cual se calcula una nueva frecuencia de corte a partir de f_c y Δ, de la manera siguiente:

$$f_{c,new} = 0{,}318152 \times (1 + 0{,}081641) = 0{,}344126 \text{ Hz}$$

Esta nueva frecuencia de corte se utiliza en el segundo ciclo de iteración, que vuelve a comenzar en el paso 2. La iteración se repetirá hasta que se cumpla el criterio de iteración. En la tabla A se resumen los valores resultantes de la primera y la segunda iteración.

Tabla A

Valores de la primera y 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
$t_{F,iter}$	(s)	1,075202	0,994039
Δ	(-)	0,081641	0,006657
$f_{c,new}$	(Hz)	0,344126	0,346417

Paso 7 Algoritmo final de Bessel:

En cuanto se haya cumplido el criterio de iteración, se calcularán las constantes finales del filtro de Bessel y el algoritmo final de Bessel de conformidad con el paso 2. En el presente ejemplo, el criterio de iteración se ha cumplido después de la segunda iteración ($\Delta = 0{,}006657 \leq 0{,}01$). El algoritmo final se utilizará para determinar los valores de humos promediados (véase el punto 2.3).

$$Y_i = Y_{i-1} + 8{,}272777 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2}\text{-}4 \times Y_{i-2}) + 0{,}968410 \times (Y_{i-1}\text{-}Y_{i-2})$$

▼B

Tabla B

Valores de la señal de entrada escalonada y de la de salida filtrada con un filtro de Bessel para el primer y el segundo ciclo de iteración

Índice i [-]	Tiempo [s]	Señal de entrada escalonada S_i [-]	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
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

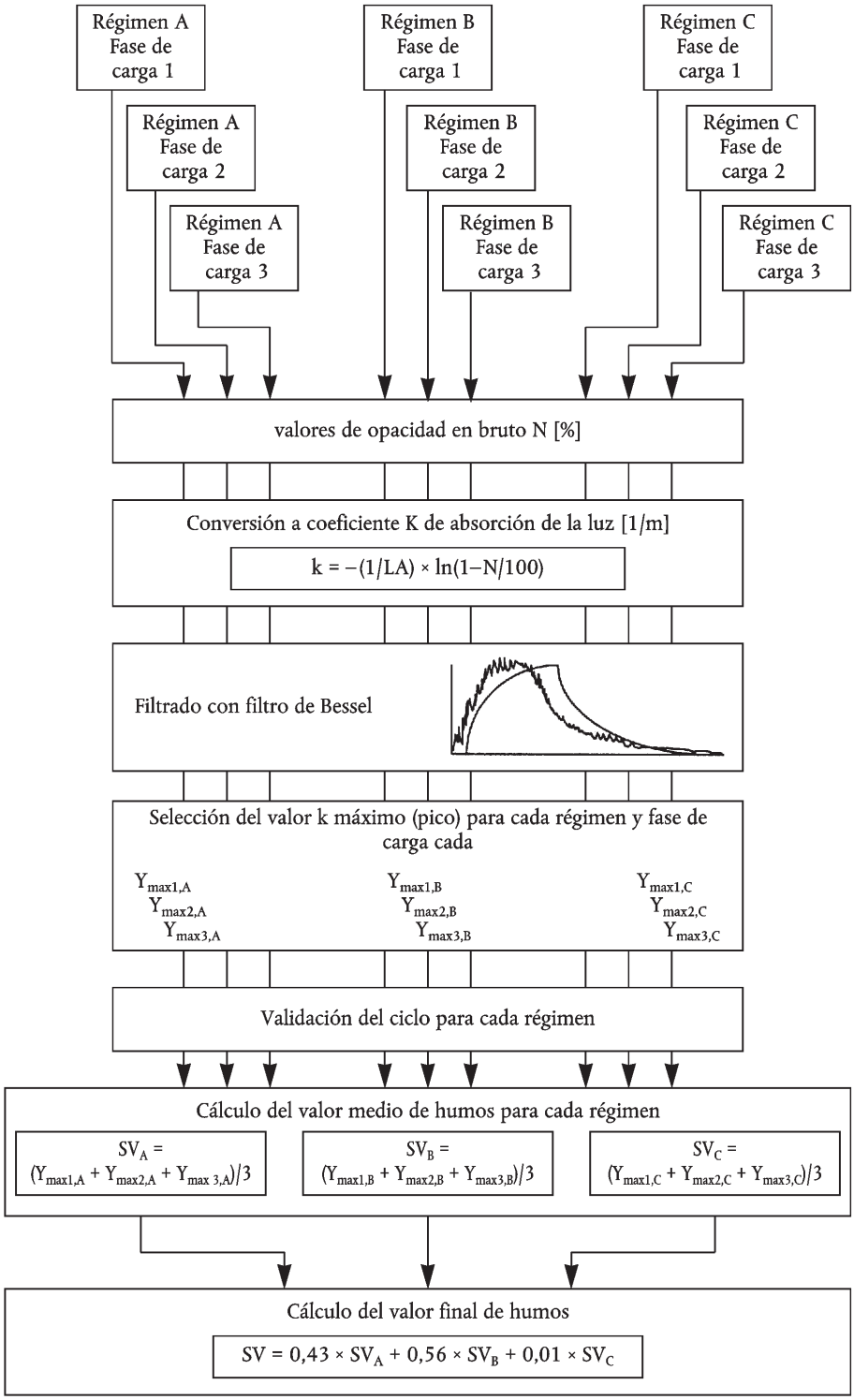
▼B

Índice i [-]	Tiempo [s]	Señal de entrada escalonada S_i [-]	Señal de salida filtrada Y_i [-]	
			1ª Iteración	2ª Iteración
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
195	1,300000	1	0,907047	0,934067
~	~	~	~	~

▼B

2.3. **Cálculo de los valores de humos**

El siguiente esquema describe el procedimiento general a seguir para determinar el valor final de humos.



▼B

En la figura b se muestran la líneas de representación 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 una prueba ELR, y además se indica el valor máximo $Y_{max1,A}$ (pico) de la línea de representación del valor k filtrado. Asimismo, en la tabla C figuran los valores numéricos del índice i, el tiempo (a una frecuencia de muestreo de 150 Hz), la opacidad en bruto, y el valor K filtrado y sin filtrar. Para el filtrado se emplearon las constantes del algoritmo de Bessel diseñado en el punto 2.2 del presente anexo. Debido a la gran cantidad de datos, únicamente se representan las partes de la línea de representación de humos que están cerca del principio y del pico.

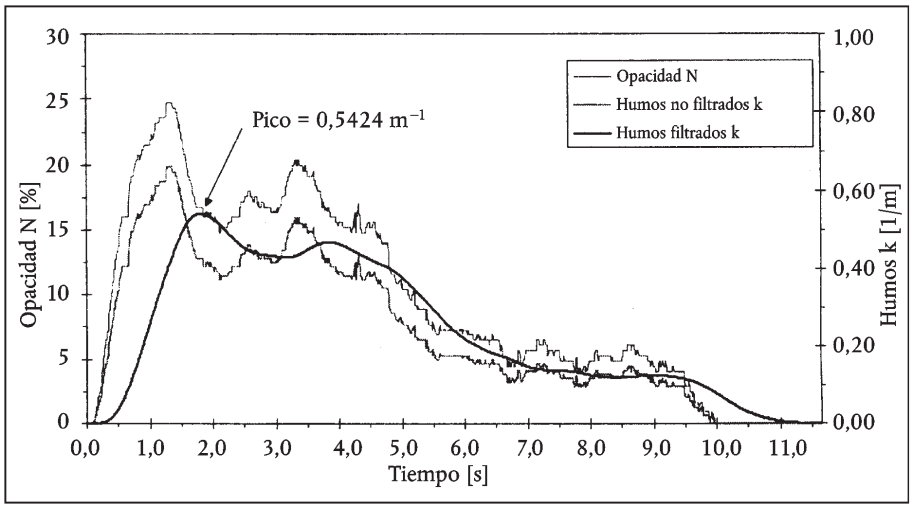


Figura b

Líneas de representación de la opacidad medida N, de los humos no filtrados k y de los humos filtrados k

El valor pico (i = 272) se calcula suponiendo los datos siguientes que figuran en la tabla C. El resto de valores individuales de humos se calculan de igual modo. Para iniciar el algoritmo, S_{-1}, S_{-2}, Y_{-1} e Y_{-2} se ponen a cero.

L_A (m)	0,430
Índice i	272
N (%)	16,783
S_{271} (m^{-1})	0,427392
S_{270} (m^{-1})	0,427532
Y_{271} (m^{-1})	0,542383
Y_{270} (m^{-1})	0,542337

Cálculo del valor k (punto 6.3.1 del apéndice 1 del anexo III):

$$k = -(1/0{,}430) \times \ln (1-(16{,}783/100)) = 0{,}427252\ m^{-1}$$

Este valor corresponde a S_{272} en la siguiente ecuación.

Cálculo del valor de humos promediado según Bessel (punto 6.3.2 del apéndice 1 del anexo III):

En la siguiente ecuación se utilizan las constantes de Bessel que aparecen en el punto anterior 2.2. El valor k no filtrado efectivo, calculado según el procedimiento anterior, corresponde a S_{272} (S_i). S_{271} (S_{i-1}) y S_{270} (S_{i-2}) son los dos valores k no filtrados precedentes e Y_{271} (Y_{i-1}) e Y_{270} (Y_{i-2}) son los dos valores k filtrados precedentes.

▼B

Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 × 10^{-5} × (0,427252 + 2 × 0,427392 + 0,427532-4 × 0,542337) + 0,968410 × (0,542383-0,542337)

= 0,542389 m^{-1}

Este valor corresponde a $Y_{max1,A}$ en la siguiente ecuación.

Cálculo del valor final de humos (punto 6.3.3 del apéndice 1 del anexo III):

De cada línea de representación de humos, se toma el valor k filtrado máximo para proseguir el cálculo.

Supongamos los valores siguientes:

Régimen	Y_{max} (m^{-1})		
	Zyklus 1	Zyklus 2	Zyklus 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 m^{-1}

SV_B = (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 = 0,5462 m^{-1}

SV_C = (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 = 0,5099 m^{-1}

SV = (0,43 × 0,5482) + (0,56 × 0,5462) + (0,01 × 0,5099) = 0,5467 m^{-1}

Validación del ciclo (punto 3.4 del apéndice 1 del anexo III):

Antes de calcular el valor medio de humos SV, es preciso validar el ciclo, para lo cual se calcularán las desviaciones normales relativas de los humos de los tres ciclos para cada régimen de motor.

Régimen	Valor medio de humos SV (m^{-1})	Desviación normal absoluta (m^{-1})	Desviación normal relativa (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

En el presente ejemplo, el criterio de validación del 15 % se cumple para todos los regímenes.

▼B

Tabla C

Valores de la opacidad N, valor k filtrado y no filtrado al inicio de la fase de carga

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m^{-1}]	Valor k filtrado [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
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

▼B

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m-1]	Valor k filtrado [m-1]
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 la opacidad N, valor k filtrado y no filtrado alrededor de $Y_{max1,A}$ (≡ valor pico, indicado con las cifras en negrita)

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m-1]	Valor k filtrado [m-1]
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
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

▼B

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m-1]	Valor k filtrado [m-1]
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. PRUEBA ETC

3.1. **Emisiones de gases (motor diésel)**

Supongamos que tras someter a ensayo un sistema PDP-CVS se obtienen los resultados siguientes:

V_0 (m^3/rev)	0,1776
N_p (rev)	23 073
p_B (kPa)	98,0

▼B

p_1 (kPa)	2,3
T (K)	322,5
H_a (g/kg)	12,8
$NO_{x\ conce}$ (ppm)	53,7
$NO_{x\ concd}$ (ppm)	0,4
CO_{conce} (ppm)	38,9
CO_{concd} (ppm)	1,0
HC_{conce} (ppm)	9,00
HC_{concd} (ppm)	3,02
$CO_{2,conce}$ (%)	0,723
W_{act} (kWh)	62,72

Cálculo del caudal de gas de escape diluido (punto 4.1 del apéndice 2 del anexo III):

M_{TOTW} = 1,293 × 0,1776 × 23 073 × (98,0-2,3) × 273 / (101,3 × 322,5) = 4237,2 kg

Cálculo del factor de corrección de NO_x (punto 4.2 del apéndice 2 del anexo III):

$$K_{H,\ D} = \frac{1}{1\text{-}0{,}0182 \times (12{,}8\text{-}10{,}71)} = 1{,}039$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (punto 4.3.1.1 del apéndice 2 del anexo III):

Tomemos como ejemplo un gasóleo de composición $C_1H_{1,8}$

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{1{,}8}{2} + \left[3{,}76 \times \left(1 + \frac{1{,}8}{4}\right)\right]} = 13{,}6$$

$$DF = \frac{13{,}6}{0{,}723 + (9{,}00 + 38{,}9) \times 10^{-4}} = 18{,}69$$

$NO_{x\ conc}$ = 53,7-0,4 × (1-(1/18,69)) = 53,3 ppm

CO_{conc} = 38,9-1,0 × (1-(1/18,69)) = 37,9 ppm

HC_{conc} = 9,00-3,02 × (1-(1/18,69)) = 6,14 ppm

Cálculo del caudal másico de emisiones (punto 4.3.1 del apéndice 2 del anexo III):

$NO_{x\ mass}$ = 0,001587 × 53,3 × 1,039 × 4237,2 = 372,391 g

CO_{mass} = 0,000966 × 37,9 × 4237,2 = 155,129 g

HC_{mass} = 0,000479 × 6,14 × 4237,2 = 12,462 g

▼B

Cálculo de las emisiones específicas (punto 4.4 del apéndice 2 del anexo III):

$$NO_x^- = 372{,}391/62{,}72 = 5{,}94 \text{ g/kWh}$$

$$CO^- = 155{,}129/62{,}72 = 2{,}47 \text{ g/kWh}$$

$$HC^- = 12{,}462/62{,}72 = 0{,}199 \text{ g/kWh}$$

3.2. **Emisiones de partículas (motor diésel)**

Supongamos que tras someter a ensayo un sistema PDP-CVS con dilución doble se obtienen los resultados siguientes:

M_{TOTW} (kg)	4 237,2
$M_{f,p}$ (mg)	3,030
$M_{f,b}$ (mg)	0,044
M_{TOT} (kg)	2,159
M_{SEC} (kg)	0,909
M_d (mg)	0,341
M_{DIL} (kg)	1,245
DF	18,69
W_{act} (kWh)	62,72

Cálculo de la emisión másica (punto 5.1 del apéndice 2 del anexo III):

$$M_f = 3{,}030 + 0{,}044 = 3{,}074 \text{ mg}$$

$$M_{SAM} = 2{,}159\text{-}0{,}909 = 1{,}250 \text{ kg}$$

$$PT_{mass} = \frac{3{,}074}{1{,}250} \times \frac{4237{,}2}{1000} = 10{,}42 \text{ g}$$

Cálculo de la emisión másica con corrección de fondo (punto 5.1 del apéndice 2 del anexo III):

$$PT_{mass} = \left[\frac{3{,}074}{1{,}250} - \left(\frac{0{,}341}{1{,}245} \times \left(1 + \frac{1}{18{,}69}\right)\right)\right] \times \frac{4237{,}2}{1000} = 9{,}32 \text{ g}$$

Cálculo de la emisión específica (punto 5.2 del apéndice 2 del anexo III):

$$PT^- = 10{,}42/62{,}72 = 0{,}166 \text{ g/kWh}$$

$PT^- = 9{,}32/62{,}72 = 0{,}149$ g/kWh, si se ha efectuado la corrección de fondo.

▼B

3.3. **Emisiones de gases (motor CNG)**

Supongamos que tras someter a ensayo un sistema PDP-CVS con dilución doble se obtienen los resultados siguientes:

M_{TOTW} (kg)	4 237,2
H_a (g/kg)	12,8
$NO_{x\ conce}$ (ppm)	17,2
$NO_{x\ concd}$ (ppm)	0,4
CO_{conce} (ppm)	44,3
CO_{concd} (ppm)	1,0
HC_{conce} (ppm)	27,0
HC_{concd} (ppm)	3,02
$CH_{4\ conce}$ (ppm)	18,0
$CH_{4\ concd}$ (ppm)	1,7
$CO_{2,conce}$ (%)	0,723
W_{act} (kWh)	62,72

Cálculo del factor de corrección de NOx (punto 4.2 del apéndice 2 del anexo III):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1\text{-}0{,}0329 \times (12{,}8\text{-}10{,}71)} = 1{,}074$$

Cálculo de la concentración de NMHC (punto 4.3.1 del apéndice 2 del anexo III):

a) método GC

$$NMHC_{conce} = 27{,}0\text{-}18{,}0 = 9{,}0 \text{ ppm}$$

b) método NMC

Supongamos una eficacia del metano de 0,04 y una eficacia del etano de 0,98 (véase el punto 1.8.4 del apéndice 5 del anexo III)

$$NMHC_{conce} = \frac{27{,}0 \times (1\text{-}0{,}04)\text{-}18{,}0}{0{,}98\text{-}0{,}04} = 8{,}4 \text{ ppm}$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (punto 4.3.1.1 del apéndice 2 del anexo III):

Supongamos que se emplea un carburante de referencia G20 (100 % metano) de composición C_1H_4

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{4}{2} + \left(3{,}76 \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)\right)} = 9{,}5$$

$$DF = \frac{9{,}5}{0{,}723 + (27{,}0 + 44{,}3) \times 10^{-4}} = 13{,}01$$

▼B

Para los NMHC, la concentración de fondo es la diferencia entre HC_{concd} y $CH_{4\ concd}$:

$$NO_{x\ conc} = 17{,}2\text{-}0{,}4 \times (1\text{-}(1/13{,}01)) = 16{,}8 \text{ ppm}$$

$$CO_{conc} = 44{,}3\text{-}1{,}0 \times (1\text{-}(1/13{,}01)) = 43{,}4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{conc} = 8{,}4\text{-}1{,}32 \times (1\text{-}(1/13{,}01)) = 7{,}2 \text{ ppm}$$

$$CH_{4\ conc} = 18{,}0\text{-}1{,}7 \times (1\text{-}(1/13{,}01)) = 16{,}4 \text{ ppm}$$

Cálculo del caudal másico de emisiones (punto 4.3.1 del apéndice 2 del anexo III):

$$NO_{x\ mass} = 0{,}001587 \times 16{,}8 \times 1{,}074 \times 4237{,}2 = 121{,}330 \text{ g}$$

$$CO_{mass} = 0{,}000966 \times 43{,}4 \times 4237{,}2 = 177{,}642 \text{ g}$$

$$NMHC_{mass} = 0{,}000502 \times 7{,}2 \times 4237{,}2 = 15{,}315 \text{ g}$$

$$CH_{4\ mass} = 0{,}000554 \times 16{,}4 \times 4237{,}2 = 38{,}498 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones específicas (punto 4.4 del apéndice 2 del anexo III):

$$\overline{NO_x} = 121{,}330/62{,}72 = 1{,}93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CO} = 177{,}642/62{,}72 = 2{,}83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{NMHC} = 15{,}315/62{,}72 = 0{,}244 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CH_4} = 38{,}498/62{,}72 = 0{,}614 \text{ g/kWh}$$

4. FACTOR «S» DE DESPLAZAMIENTO DE λ (S_λ)

4.1. **Cálculo del factor S_λ de desplazamiento de λ** [1]:

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1\text{-}\frac{\text{inerte \%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right)\text{-}\frac{O_2^*}{100}}$$

donde:

S_λ = factor de desplazamiento de λ,

inerte % = % en volumen de gases inertes en el carburante (N_2, CO_2, He, etc.),

O_2^* = % en volumen de oxígeno original en el carburante,

n y m: = se refieren al promedio de C_nH_m que representan los hidrocarburos del carburante, es decir:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\ \%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\ \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_4\ \%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{C_5\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{\text{1-diluente \%}}{100}}$$

[1] Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels - SAE J1829, junio de 1987. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, capítulo 3.4 «Combustion stoichiometry» (páginas 68 a 72).

▼B

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\ \%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\ \%}{100}\right] + \ldots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{\text{1-diluente \%}}{100}}$$

donde:

CH_4 = % en volumen de metano en el carburante,

C_2 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_2 (por ejemplo: C_2H_6, C_2H_4, etc.) en el carburante,

C_3 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_3 (por ejemplo: C_3H_8, C_3H_6, etc.) en el carburante,

C_4 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_4 (por ejemplo: C_4H_{10}, C_4H_8, etc.) en el carburante,

C_5 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_5 (por ejemplo: C_5H_{12}, C_5H_{10}, etc.) en el carburante,

diluente = % en volumen de los gases de dilución en el carburante (es decir, O_2^*, N_2, CO_2, He, etc.).

4.2. **Ejemplos para el cálculo del factor Sλ de desplazamiento de λ:**

Ejemplo 1: G_{25}: CH_4 = 86 % N_2 = 14 % (en vol)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{\text{1- diluente \%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1\text{-}\frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{\text{1- diluente \%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1\text{-}\frac{\text{inerte \%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right)\text{-}\frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1\text{-}\frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Ejemplo 2: GR: CH_4 = 87 %, C_2H_6 = 13 % (en vol)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{\text{1- diluente \%}}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1\text{-}\frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{1} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{\text{1 - diluent \%}}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1\text{-}\frac{\text{inerte \%}}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right)\text{-}\frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1\text{-}\frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

▼B

Ejemplo 3: USA: CH_4 = 89 %, C_2H_6 = 4,5 %, C_3H_8 = 2,3 %, C_6H_{14} = 0,2 %, O_2 = 0,6 %, N_2 = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\ \%}{100}\right] + ..}{\frac{1\ -\ \text{diluente}\ \%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{(0{,}64 + 4)}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\ \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\ \%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6}{100}\right] + .. + 8 \times \left[\frac{C_3H_8}{100}\right]}{\frac{1\ -\ \text{diluente}\ \%}{100}}$$

$$= \frac{4 \times 0‹89 + 4 \times 0‹045 + 8 \times 0‹023 + 14 \times 0‹002}{1› \frac{0‹6 + 4}{100}} = 4‹24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inerte}\ \%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

▼B

ANEXO VIII

REQUISITOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS RELATIVOS A LOS MOTORES DIÉSEL ALIMENTADOS CON ETANOL

En el caso de los motores diésel alimentados con etanol, las siguientes modificaciones específicas de los correspondientes párrafos, las ecuaciones y los factores serán aplicables a los métodos de prueba definidos en el anexo III de la presente Directiva.

EN EL APÉNDICE 1 DEL ANEXO III

4.2. **Corrección en seco/en húmedo**

$$F_{FH} = \frac{1{,}877}{\left(\frac{1 + 2{,}577 \times G_{FUEL}}{G_{AIR\,W}}\right)}$$

4.3. **Corrección de NO_x para humedad y temperatura**

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \times (H_a - 10{,}71) + B \times (T_a - 298)}$$

donde

A = 0,181 G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266,

B = – 0,123 G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954,

T_a = temperatura del aire, K,

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

4.4. **Cálculo del caudal másico de las emisiones**

El caudal másico de las emisiones (g/h) para cada fase se calculará de la manera siguiente, suponiendo que el gas de escape tiene una densidad de 1,272 kg/m³ a 273 K (0 °C) y 101,3 kPa:

(1) $NO_{x\,mass} = 0{,}001613 \times NO_{x\,conc} \times K_{H,D} \times G_{EXH\,W}$

(2) $CO_{x\,mass} = 0{,}000982 \times CO_{conc} \times G_{EXH\,W}$

(3) $HC_{mass} = 0{,}000809 \times HC_{conc} \times K_{H,D} \times G_{EXH\,W}$

donde

$NO_{x\,conc}$, CO_{conc}, HC_{conc} [1] son las concentraciones medias (ppm) en el gas de escape sin diluir, como se indica en el punto 4.1.

En caso de que se haya optado por determinar las emisiones de gases con un sistema de dilución sin reducción del caudal, se aplicarán las siguientes fórmulas:

(1) $NO_{x\,mass} = 0{,}001587 \times NO_{x\,conc} \times K_{H,D} \times G_{TOT\,W}$

(2) $CO_{x\,mass} = 0{,}000966 \times CO_{conc} \times G_{TOT\,W}$

(3) $HC_{mass} = 0{,}000795 \times HC_{conc} \times G_{TOT\,W}$

donde:

$NO_{x\,conc}$, CO_{conc}, HC_{conc} [1] son las concentraciones medias con corrección de fondo (ppm) de cada fase en el gas de escape diluido, como se indica en el punto 4.3.1.1 del apéndice 2 del anexo III.

EN EL APÉNDICE 2 DEL ANEXO III

Los puntos 3.1, 3.4, 3.8.3 y 5 del apéndice 2 relativos a los motores diésel son también aplicables a los motores diésel alimentados con etanol.

[1] Calculado como equivalente C1.

▼B

4.2. Las condiciones de la prueba se prepararán de forma que la temperatura y la humedad del aire medidas en la admisión del motor estén reguladas para las condiciones normales durante la realización de la prueba. El valor normal deberá ser 6 ± 0,5 g de agua por kg de aire seco a un intervalo de temperatura de 298 ± 3 K. Dentro de estos límites, no se efectuará ninguna otra corrección del NO_x. Si estas condiciones no se cumplen, el resultado de la prueba se considerará nulo.

4.3. **Cálculo del caudal másico de las emisiones**

4.3.1. *Sistemas con caudal másico constante*

Para sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/prueba) se determinará mediante las ecuaciones siguientes:

(1)$NO_{x\ mass} = 0{,}001587 \times NO_{x\ conc} \times K_{H,D} \times M_{TOT\ W}$(motores alimentados con etanol)

(2)$CO_{x\ mass} = 0{,}000966 \times CO_{conc} \times M_{TOT\ W}$(motores alimentados con etanol)

(3)$HC_{mass} = 0{,}000794 \times HC_{conc} \times M_{TOT\ W}$(motores alimentados con etanol)

donde:

$NO_{x\ conc}$, CO_{conc}, HC_{conc} ([1]), $NMHC_{conc}$ =concentraciones medias con corrección de fondo a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatorio para NO_x y HC) o medición con bolsas, en ppm,

M_{TOTW} =masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo, como se indica en el punto 4.1, en kg.

4.3.1.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

La concentración media de fondo de los gases contaminantes en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas al objeto de obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo se pueden determinar mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente:

$$conc = conc_e - conc_d \times \left(\frac{1 - 1}{DF}\right)$$

donde:

conc = concentración del respectivo contaminante en el gas de escape diluido, corregida por la cantidad del respectivo contaminante contenida en el aire de dilución, en ppm,

$conc_e$ = concentración del respectivo contaminante medida en el gas de escape diluido, en ppm,

$conc_d$ = concentración del respectivo contaminante medida en el aire de dilución, en ppm,

DF = factor de dilución.

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$DF = \frac{F_S}{CO_{2conce} + (HC_{conce} + CO_{conce}) \times 10^{-4}}$$

donde:

CO_{2conce} = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en % de volumen,

HC_{conce} = concentración de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1,

CO_{conce} = concentración del CO en el gas de escape diluido, en ppm,

([1]) Calculado como equivalente C1.

▼B

F_S = factor estequiométrico.

Las concentraciones medidas en seco se convertirán a húmedo de conformidad con lo dispuesto en el punto 4.2 del apéndice 1 del anexo III.

El factor estequiométrico, para la composición del combustible general $CH_\alpha O_\beta N_\gamma$, se calculará de la manera siguiente:

$$F_S = \frac{100 \times 1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{\gamma}{2}}$$

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

F_S (etanol) = 12,3

4.3.2. *Sistemas con compensación del caudal*

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/prueba) se determinará calculando las emisiones instantáneas de masa e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de concentración instantáneo. Se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$(1)\,NO_{x\ mass} = \Sigma_{i=1}^{n}(M_{TOT\ W,i} \times NO_{x\ conce,i} \times 0{,}001587) - \left(M_{TOTW} \times NO_{x\ concd} \times \left(\frac{1 - 1}{DF}\right) \times 0{,}001587\right)$$

$$(2)\,CO_{mass} = \Sigma_{i=1}^{n}(M_{TOT\ W,i} \times CO_{conce,i} \times 0{,}000966) - \left(M_{TOTW} \times CO_{concd} \times \left(\frac{1 - 1}{DF}\right) \times 0{,}000966\right)$$

$$(3)\,HC_{mass} = \Sigma_{i=1}^{n}(M_{TOT\ W,i} \times HC_{conce,i} \times 0{,}000749) - \left(M_{TOTW} \times HC_{concd} \times \left(\frac{1 - 1}{DF}\right) \times 0{,}000749\right)$$

donde:

$conc_e$ = concentración del respectivo contaminante medida en el gas de escape diluido, en ppm,

$conc_d$ = concentración del respectivo contaminante medida en el aire de dilución, en ppm,

$M_{TOTW,i}$ = masa instantánea del gas de escape diluido a lo largo del ciclo (véase el apartado 4.1), en kg,

M_{TOTW} = masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo (véase el apartado 4.1), en kg,

DF = factor de dilución, según se indica en el punto 4.3.1.1.

4.4. **Cálculo de las emisiones específicas**

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

$$\overline{NO}_x = \frac{NO_{x\ mass}}{W_{act}}$$

$$\overline{CO} = \frac{CO_{mass}}{W_{act}}$$

▼B

$$\overline{HC} = \frac{HC_{mass}}{W_{act}}$$

donde:

W_{act} = trabajo efectivo producido durante el ciclo, como se indica en el punto 3.9.2, en kWh.

▼B

ANEXO IX

PLAZOS LÍMITE PARA LA INCORPORACIÓN DE LAS DIRECTIVAS DEROGADAS A LOS RESPECTIVOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS NACIONALES

contemplados en el artículo 10

Parte A

Directivas derogadas

Directivas	Diario Oficial
Directiva 88/77/CEE	L 36 de 9.2.1988, p. 33.
Directiva 91/542/CEE	L 295 de 25.10.1991, p. 1.
Directiva 96/1/CE	L 40 de 17.2.1996, p. 1.
Directiva 1999/96/CE	L 44 de 16.2.2000, p. 1.
Directiva 2001/27/CE	L 107 de 18.4.2001, p. 10.

Parte B

Plazos límite para la incorporación al ordenamiento jurídico nacional

Directiva	Plazos límite de incorporación	Fecha de aplicación
Directiva 88/77/CEE	1 de julio de 1988	
Directiva 91/542/CEE	1 de enero de 1992	
Directiva 96/1/CE	1 de julio de 1996	
Directiva 1999/96/CE	1 de julio de 2000	
Directiva 2001/27/CE	1 de octubre de 2001	1 de octubre de 2001

▼B

ANEXO X

TABLA DE CORRESPONDENCIAS

(contemplada en el apartado 2 del artículo 10)

Directiva 88/77/CEE	Directiva 91/542/CEE	Directiva 1999/96/CE	Directiva 2001/27/CE	La presente Directiva
Artículo 1	—		—	Artículo 1
Apartado 1 del artículo 2	Apartado 1 del artículo 2	Apartado 1 del artículo 2	Apartado 1 del artículo 2	Apartado 4 del artículo 2
Apartado 2 del artículo 2	Apartado 2 del artículo 2	Apartado 2 del artículo 2	Apartado 2 del artículo 2	Apartado 1 del artículo 2
—	Apartado 3 del artículo 2	—	—	—
Apartado 3 del artículo 2	—	—	—	—
Apartado 4 del artículo 2	Apartado 4 del artículo 2	Apartado 3 del artículo 2	Apartado 3 del artículo 2	Apartado 2 del artículo 2
—	—	—	Apartado 4 del artículo 2	Apartado 3 del artículo 2
—	—	—	Apartado 5 del artículo 2	—
—	—	Apartado 4 del artículo 2	—	Apartado 5 del artículo 2
—	—	Apartado 5 del artículo 2	—	Apartado 6 del artículo 2
—	—	Apartado 6 del artículo 2	—	Apartado 7 del artículo 2
—	—	Apartado 7 del artículo 2	—	Apartado 8 del artículo 2
—	—	Apartado 8 del artículo 2	—	Apartado 9 del artículo 2
Artículo 3	—	—	—	—
—	—	Artículos 5 y 6	—	Artículo 3
—	—	Artículo 4	—	Artículo 4
—	Apartado 1 del artículo 3	Apartado 1 del artículo 3	—	Apartado 1 del artículo 6
—	Letra a) del apartado 1 del artículo 3	Letra a) del apartado 1 del artículo 3	—	Apartado 2 del artículo 6
—	Letra b) del apartado 1 del artículo 3	Letra b) del apartado 1 del artículo 3	—	Apartado 3 del artículo 6
—	Apartado 2 del artículo 3	Apartado 2 del artículo 3	—	Apartado 4 del artículo 6
—	Apartado 3 del artículo 3	Apartado 3 del artículo 3	—	Apartado 5 del artículo 6
Artículo 4	—	—	—	Artículo 7
Artículo 6	Artículos 5 y 6	Artículo 7	—	Artículo 8
Artículo 5	Artículo 4	Artículo 8	Artículo 3	Artículo 9
—	—	—	—	Artículo 10
—	—	Artículo 9	Artículo 4	Artículo 11
Artículo 7	Artículo 7	Artículo 10	Artículo 5	Artículo 12
Anexos I a VII	—	—	—	Anexos I a VII
—	—	—	Anexo VIII	Anexo VIII
—	—	—	—	Anexo IX
—	—	—	—	Anexo X