

I

(Actos cuya publicación es una condición para su aplicabilidad)

Reglamento nº 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes sobre la homologación de motores de encendido por compresión y motores de gas natural (GN), así como de motores de encendido por chispa alimentados con gas licuado de petróleo (GLP) y de vehículos equipados con motores de GN y encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con GLP, por lo que respecta a las emisiones contaminantes de los motores

Revisión 3

Que incluye:

- la serie 01 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 14 de mayo de 1990
- la serie 02 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 30 de diciembre de 1992
- la corrección de errores 1 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario
C.N.232.1992.TREATIES-32, con fecha de 11 de septiembre de 1992
- la corrección de errores 2 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario
C.N.353.1995.TREATIES-72, con fecha de 13 de noviembre de 1995
- la corrección de errores 1 de la revisión 2 (errata, sólo en inglés)
- el suplemento 1 de la serie 02 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 18 de mayo de 1996
- el suplemento 2 de la serie 02 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 28 de agosto de 1996
- la corrección de errores 1 del suplemento 1 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario
C.N.426.1997.TREATIES-96, con fecha de 21 de noviembre de 1997
- la corrección de errores 2 del suplemento 1 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario
C.N.272.1999.TREATIES-2, con fecha de 12 de abril de 1999
- la corrección de errores 1 del suplemento 2 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario
C.N.271.1999.TREATIES-1, con fecha de 12 de abril de 1999
- la serie 03 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 27 de diciembre de 2001
- la serie 04 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 31 de enero de 2003

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento se aplica a las emisiones de gases y partículas contaminantes de motores de encendido por compresión y de gas natural y de motores de encendido por chispa alimentados con GLP, utilizados para propulsar vehículos de motor diseñados para circular a una velocidad superior a 25 km/h, de las categorías 1/ 2/ M₁ cuya masa total sea superior a 3,5 toneladas, M₂, M₃, N₁, N₂ y N₃.

2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

- 2.1. «ciclo de ensayo», una secuencia de puntos de ensayo, cada uno de ellos con un régimen y un par determinados, que debe seguir el motor en condiciones estabilizadas (ensayo ESC) o de transición (ensayos ETC y ELR);
- 2.2. «homologación de un motor (familia de motores)», la homologación de un tipo de motor (familia de motores) por lo que respecta a los niveles de emisión de gases y partículas contaminantes;
- 2.3. «motor diésel», un motor que funciona según el principio de encendido por compresión;

«motor de gas», un motor alimentado con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP);
- 2.4. «tipo de motor», una categoría de motores que no difieran entre sí en aspectos esenciales como las características definidas en el anexo 1 del presente Reglamento;
- 2.5. «familia de motores», la agrupación por los fabricantes de motores que, por su diseño, tal como se define en el anexo 1, apéndice 2, del presente Reglamento, posean características similares en cuanto a las emisiones de escape; todos los motores de una familia deben respetar los límites de emisiones aplicables;
- 2.6. «motor de referencia», un motor seleccionado dentro de una familia de motores cuyas características en cuanto a emisiones sean representativas de esa familia de motores;

1/ De conformidad con el anexo 7 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), (TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2).

2/ Los motores utilizados por vehículos eléctricos de las categorías N₁, N₂ y M₂ no se homologan con arreglo al presente Reglamento, a condición de que estos vehículos se homologuen con arreglo al Reglamento n° 83.

- 2.7. «contaminantes gaseosos», el monóxido de carbono, los hidrocarburos (suponiendo una relación de $\text{CH}_{1,85}$ para el gasóleo, $\text{CH}_{2,525}$ para el GLP y una molécula $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$ para los motores diésel alimentados con etanol), los hidrocarburos no metánicos (suponiendo una relación de $\text{CH}_{1,85}$ para el gasóleo, $\text{CH}_{2,525}$ para el GLP y $\text{CH}_{2,93}$ para el GN), el metano (suponiendo una relación de CH_4 para el GN) y los óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalente de dióxido de nitrógeno (NO_2);
- «partículas contaminantes», cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir las emisiones de escape con aire limpio filtrado, para que la temperatura no supere 325 K (52 °C);
- 2.8. «humo», las partículas en suspensión del flujo de escape de un motor diésel que absorban, reflejen o refracten la luz;
- 2.9. «potencia neta», la potencia en kW ECE obtenida en el banco de pruebas en la extremidad del cigüeñal, o equivalente, y medida de acuerdo con el método de medición de la potencia establecido en el Reglamento nº 24.
- 2.10. «potencia máxima declarada (P_{max})», la potencia máxima en kW ECE (potencia neta) declarada por el fabricante en su solicitud de homologación;
- 2.11. «porcentaje de carga», la proporción del par máximo disponible a un régimen del motor determinado;
- 2.12. «ensayo ESC», un ciclo de ensayo compuesto de trece fases en condiciones estabilizadas que deben aplicarse de conformidad con el punto 5.2 del presente Reglamento;
- 2.13. «ensayo ELR», un ciclo de ensayo compuesto de una secuencia de fases de carga a regímenes constantes que deben aplicarse de acuerdo con el punto 5.2 del presente Reglamento;
- 2.14. «ensayo ETC», un ciclo de ensayo compuesto de 1 800 fases de transición segundo a segundo que deben aplicarse de conformidad con el punto 5.2 del presente Reglamento;
- 2.15. «rango de regímenes operativos del motor», el rango de regímenes más frecuentes durante el uso normal del motor, comprendido entre el régimen bajo y el régimen alto, tal como se definen en el anexo 4 del presente Reglamento;
- 2.16. «régimen bajo (n_{lo})», el régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 50 % de la potencia máxima declarada;
- 2.17. «régimen alto (n_{hi})», el régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima declarada;

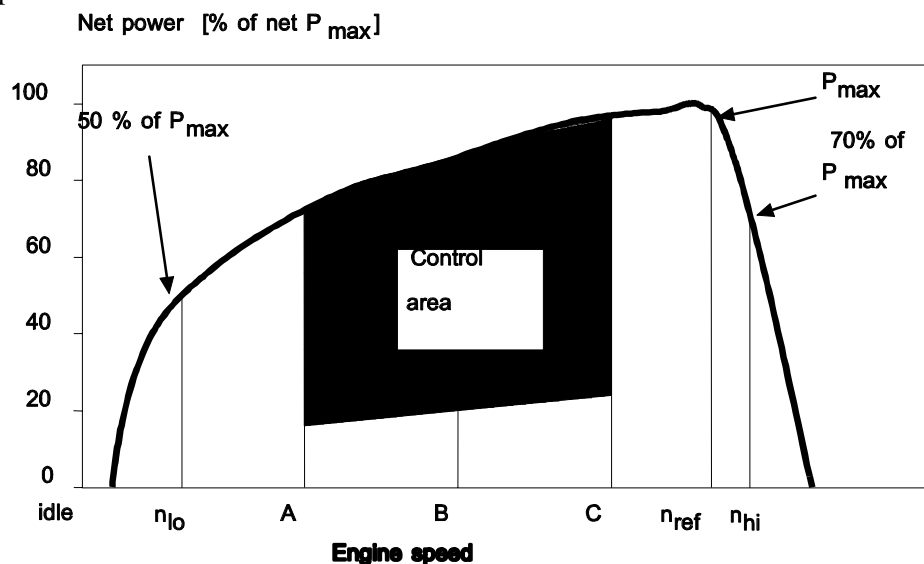
- 2.18. «regímenes A, B y C», los regímenes de ensayo, dentro del rango de regímenes operativos del motor, que deben utilizarse para los ensayos ESC y ELR, tal como se establece en el anexo 4, apéndice 1, del presente Reglamento;
- 2.19. «zona de control», zona comprendida entre los regímenes del motor A y C y entre un 25 y un 100 % de carga;
- 2.20. «régimen de referencia (n_{ref})», el valor del régimen al 100 % que debe utilizarse para desnormalizar los regímenes relativos del ensayo ETC, tal como se establece en el anexo 4, apéndice 2, del presente Reglamento;
- 2.21. «opacímetro», un instrumento diseñado para medir la opacidad de las partículas del humo mediante el principio de extinción de la luz;
- 2.22. «grupo de GN», uno de los dos grupos de gas natural, H o L, tal como se definen en la norma europea EN 437, de noviembre de 1993;
- 2.23. «autoadaptabilidad», cualquier dispositivo del motor que permita mantener constante la relación aire/combustible;
- 2.24. «recalibración», la adaptación precisa de un motor de GN para conseguir el mismo rendimiento (potencia y consumo de combustible) con un gas natural de distinto grupo;
- 2.25. «índice de Wobbe (W_l inferior o W_u superior)», la relación del poder calorífico correspondiente de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa en las mismas condiciones de referencia;

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

- 2.26. «factor de desplazamiento λ (S_λ)», una expresión que describe la flexibilidad que debe tener el sistema de gestión del motor por lo que respecta a un cambio de la relación λ de exceso de aire si el motor es alimentado con un gas cuya composición es diferente de la del metano puro (véase en el anexo 8 cómo calcular S_λ).
- 2.27. «VEM», un vehículo ecológico mejorado, esto es, un tipo de vehículo propulsado por un motor que cumple los valores límite de las emisiones que figuran en la fila C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento;
- 2.28. «dispositivo manipulador», un dispositivo que mida o detecte variables de funcionamiento o responda a ellas (por ejemplo, la velocidad del vehículo, el régimen del motor, la marcha utilizada, la temperatura, la presión de admisión o cualquier otro parámetro) con objeto de activar, modular, diferir o desactivar el funcionamiento de cualquier componente o función del sistema de control de emisiones, de manera que se reduzca la eficacia de dicho sistema en las circunstancias de uso normal del vehículo,

salvo que la utilización de dicho dispositivo esté incluida básicamente en los procedimientos de ensayo aplicados para la certificación de las emisiones;

- 2.29. «dispositivo de control auxiliar», un sistema, una función o una estrategia de control que, instalado en un motor o vehículo, se utiliza para evitar que el motor o sus accesorios se sometan a condiciones de funcionamiento que puedan ocasionar daños o averías, o para facilitar el arranque del motor; un dispositivo de control auxiliar puede también consistir en una estrategia o medida acerca de la cual se haya demostrado de manera satisfactoria que no es un dispositivo manipulador;
- 2.30. «estrategia irracional de control de emisiones», cualquier estrategia o medida que, en condiciones normales de funcionamiento del vehículo, reduzca la eficacia del sistema de control de emisiones hasta un nivel inferior al esperado en los procedimientos de ensayo aplicables sobre las emisiones.



Net power: potencia neta
Control area: área de control
Engine speed: régimen del motor
Idle: ralentí

Figura 1: Definiciones específicas de los ciclos de ensayo

2.31. Símbolos y abreviaturas

2.31.1. Símbolos de los parámetros de ensayo

<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Significado</u>
A_P	m^2	Superficie de la sección transversal de la sonda de muestreo isocinética
A_T	m^2	Superficie de la sección transversal del tubo de escape
CE_E	-	Eficacia del etano
CE_M	-	Eficacia del metano
C_1	-	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
conc	ppm /	Subíndice que indica la concentración
D_0	m^3/s	Intersección de una función de calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)
DF	-	Factor de dilución
D	-	Constante de la función de Bessel
E	-	Constante de la función de Bessel
E_Z	g/kWh	Emisión interpolada de NO_x del punto de control
f_a	-	Factor atmosférico del laboratorio
f_c	s^{-1}	Frecuencia de corte del filtro de Bessel
F_{FH}	-	Factor específico del combustible para el cálculo de la concentración en base húmeda a partir de la concentración en base seca
F_S	-	Factor estequiométrico
G_{AIRW}	kg/h	Caudal másico del aire de admisión en base húmeda
G_{AIRD}	kg/h	Caudal másico del aire de admisión en base seca
G_{DILW}	kg/h	Caudal másico del aire de dilución en base húmeda
G_{EDFW}	kg/h	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda
G_{EXHW}	kg/h	Caudal másico del gas de escape en base húmeda
G_{FUEL}	kg/h	Caudal másico del combustible
G_{TOTW}	kg/h	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda
H	MJ/m^3	Poder calorífico
H_{REF}	g/kg	Valor de referencia de la humedad absoluta (10,71 g/kg)
H_a	g/kg	Humedad absoluta del aire de admisión
H_d	g/kg	Humedad absoluta del aire de dilución

<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Significado</u>
HTCRA	mol/mo	Relación hidrógeno-carbono
I	-	Subíndice que indica una fase determinada
K	-	Constante de Bessel
K	m ⁻¹	Coefficiente de absorción de la luz
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 calibración del venturi de caudal crítico (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 bruto
L	%	Porcentaje de par en relación con el par máximo del motor de ensayo
L _a	m	Longitud efectiva del camino óptico
M	-	Pendiente de la función de calibración de la PDP
Mass	g/h o g	Subíndice que indica el caudal másico de las emisiones
M _{DIL}	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas
M _d	mg	Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida
M _f	mg	Masa de la muestra de partículas recogida
M _{f,p}	mg	Masa de la muestra de partículas recogida en el filtro primario
M _{f,b}	mg	Masa de la muestra de partículas recogida en el filtro secundario
M _{SAM}	kg	Masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas
M _{SEC}	kg	Masa del aire de dilución secundario
M _{TOTW}	kg	Masa total del muestreo de volumen constante (CVS) durante el ciclo en base húmeda
M _{TOTW, i}	kg	Masa instantánea del CVS en base húmeda
N	%	Opacidad
N _p	-	Total de revoluciones de la PDP durante el ciclo
N _{p,i}	-	Revoluciones de la PDP en un intervalo de tiempo
N	min ⁻¹	Régimen del motor
n _p	s ⁻¹	Régimen de la PDP
n _{hi}	min ⁻¹	Régimen alto del motor
n _{lo}	min ⁻¹	Régimen bajo del motor

<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Significado</u>
n_{ref}	min^{-1}	Régimen de referencia del motor para el ensayo ETC
p_a	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor
p_A	kPa	Presión absoluta
p_B	kPa	Presión atmosférica total
p_d	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de dilución
p_s	kPa	Presión atmosférica seca
p_i	kPa	Presión-depresión en la entrada de la bomba
$P(a)$	kW	Potencia absorbida por los accesorios que deben montarse para el ensayo
$P(b)$	kW	Potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse para el ensayo
$P(n)$	kW	Potencia neta no corregida
$P(m)$	kW	Potencia medida en el banco de pruebas
Ω	-	Constante de Bessel
Q_s	m^3/s	Caudal del muestreo de volumen constante (CVS)
q	-	Relación de dilución
r	-	Relación de las áreas de las secciones transversales de la sonda isocinética y del tubo de escape
R_a	%	Humedad relativa del aire de admisión
R_d	%	Humedad relativa del aire de dilución
R_f	-	Factor de respuesta del detector de ionización de llama (FID)
ρ	kg/m^3	Densidad
S	kW	Reglaje del dinamómetro
S_i	m^{-1}	Valor del humo instantáneo
S_λ	-	Factor de desplazamiento 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 datos sucesivos del humo (= 1/frecuencia de muestreo)
Δt_i	s	Intervalo de tiempo para el caudal instantáneo del CFV
τ	%	Transmitancia del humo
V_0	m^3/rev	Caudal volumétrico de la PDP en condiciones reales
W	-	Índice de Wobbe
W_{act}	kWh	Trabajo del ciclo efectivo del ensayo ETC
W_{ref}	kWh	Trabajo del ciclo de referencia del ensayo ETC
WF	-	Factor de ponderación
WF_E	-	Factor de ponderación efectivo
X_0	m^3/rev	Función de calibración del caudal volumétrico de la PDP
Y_i	m^{-1}	Valor promediado del humo de Bessel en 1 s

2.31.2. Símbolos de los compuestos químicos

CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	Etano
C ₂ H ₅ OH	Etanol
C ₃ H 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

2.31.3. Abreviaturas

CFV	Venturi de caudal crítico
CLD	Detector quimioluminiscente
ELR	Ensayo europeo de respuesta en carga
ESC	Ciclo europeo en condiciones estabilizadas
ETC	Ciclo europeo de transición
FID	Detector de ionización de llama
GC	Cromatógrafo de gas
HCLD	Detector quimioluminiscente calentado
HFID	Detector de ionización de llama calentado
GLP	Gas licuado de petróleo
NDIR	Analizador de infrarrojo no dispersivo
GN	Gas natural
NMC	Separador de hidrocarburos no metánicos

3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN

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

- 3.1.1. La solicitud de homologación de un tipo de motor por lo que respecta al nivel de emisión de gases y partículas contaminantes deberá presentarla el constructor del motor o un representante debidamente acreditado.
- 3.1.2. La solicitud deberá ir acompañada de los documentos necesarios, por triplicado, e incluir al menos las características esenciales del motor, tal como se especifican en el anexo 1 del presente Reglamento.
- 3.1.3. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación

indicados en el apartado 5 un motor que se ajuste a las características del «tipo de motor» descritas en el anexo 1.

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

3.2.1. La solicitud de homologación de un tipo de vehículo por lo que respecta a la emisión de gases y partículas contaminantes de su motor deberá presentarla el fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado.

3.2.2. La solicitud deberá ir acompañada de los documentos necesarios, por triplicado, e incluirá como mínimo:

3.2.2.1. las características esenciales del motor, tal como se especifican en el anexo 1;

3.2.2.2. una descripción de los componentes relacionados con el motor, tal como se especifican en el anexo 1;

3.2.2.3. una copia del impreso de comunicación de la homologación (anexo 2A) del tipo de motor instalado.

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

3.3.1. La solicitud de homologación de un vehículo por lo que respecta a la emisión de gases y partículas contaminantes de su motor o familia de motores diésel homologados y por lo que respecta a los niveles de emisión de contaminantes gaseosos de su motor o familia de motores de gas homologados deberá presentarla el fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado.

3.3.2. La solicitud deberá ir acompañada de los documentos necesarios, por triplicado, y de las indicaciones siguientes:

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

4. HOMOLOGACIÓN

4.1. Homologación para combustible universal

Se concede una homologación para combustible universal si se cumplen las condiciones siguientes:

4.1.1. En el caso del gasóleo, si de conformidad con los puntos 3.1, 3.2 o 3.3 del presente Reglamento, el motor o el vehículo cumplen los requisitos de los apartados 5, 6 y 7 sobre el combustible de referencia especificado en el anexo 5 del presente Reglamento, debe concederse la homologación de ese tipo de motor o de vehículo.

- 4.1.2. En el caso del gas natural, el motor de referencia debe demostrar su capacidad de adaptación a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. Existen básicamente dos tipos de gas natural, el de alto poder calorífico (gas del grupo H) y el de bajo poder calorífico (gas del grupo L), aunque con diferencias significativas en ambos grupos, por ejemplo en cuanto a su contenido energético expresado mediante el índice de Wobbe y a su factor de desplazamiento (S_λ). Las fórmulas para el cálculo del índice de Wobbe y del S_λ figuran en los puntos 2.25 y 2.26. El gas natural con un factor de desplazamiento λ comprendido entre 0,89 y 1,08 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$) se considera del grupo H, y aquel cuyo factor de desplazamiento λ está comprendido entre 1,08 y 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) se considera del grupo L. La composición de los combustibles de referencia refleja las variaciones extremas del S_λ .

El motor de referencia deberá cumplir los requisitos sobre los combustibles de referencia GR (combustible 1) y G25 (combustible 2) del presente Reglamento, tal como se especifican en el anexo 6, sin ajustes en la alimentación de combustible entre los dos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.

- 4.1.2.1. A petición del fabricante, el motor podrá probarse con un tercer combustible (combustible 3) si el factor de desplazamiento λ (S_λ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el rango inferior del GR) y 1,19 (es decir, el rango superior del G25), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.
- 4.1.3. En el caso de motores de gas natural que se autoadaptan, por un lado, al grupo de gases H y, por otro, al grupo de gases L, y que puedan cambiarse del grupo H al grupo L mediante un conmutador, el ensayo del motor de referencia deberá hacerse con el combustible de referencia correspondiente a cada posición del conmutador, tal como se especifica en el anexo 6. Los combustibles son el GR (combustible 1) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases H, y el G25 (combustible 2) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases L. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento en ambas posiciones del conmutador, sin reajustar la alimentación entre ambos ensayos en las posiciones respectivas del conmutador. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.
- 4.1.3.1. A petición del fabricante, el motor podrá someterse a ensayo con un tercer combustible en lugar del G23 (combustible 3) si el factor de desplazamiento λ (S_λ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el rango inferior del GR) y 1,19 (es decir, el rango superior del G25), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.

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

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

o bien

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

y

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

- 4.1.5. En el caso del GLP, el motor de referencia debe demostrar su capacidad de adaptación a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. Existen variaciones en la composición C₃/C₄ del GLP. Estas variaciones se reflejan en los combustibles de referencia. El motor de referencia debe cumplir los requisitos sobre emisiones con los combustibles de referencia A y B, tal como se especifican en el anexo 7, sin ningún ajuste en la alimentación entre ambos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.

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

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

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

La homologación restringida para un grupo de combustibles se concede si se cumplen las condiciones siguientes:

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

El motor de referencia se someterá a ensayo con el combustible de referencia, tal como se especifica en el anexo 6, del grupo en cuestión. Los combustibles son el GR

(combustible 1) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases H, y el G25 (combustible 2) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases L. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento sin efectuar ningún ajuste de la alimentación entre ambos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.

- 4.2.1.1. A petición del fabricante, el motor podrá probarse con un tercer combustible en lugar del G23 (combustible 3) si el factor de desplazamiento λ (S_λ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el rango inferior del GR) y 1,19 (es decir, el rango superior del G25), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.
- 4.2.1.2. La relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

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

o bien

$$ra = \frac{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 2}}{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 3}}$$

y

$$rb = \frac{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 1}}{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 3}}$$

- 4.2.1.3. Cuando se entregue al cliente, el motor deberá llevar una etiqueta (véase el punto 4.11) que indique para qué grupo de gases está homologado.
- 4.2.2. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural o GLP diseñado para funcionar con una composición de combustible específica.
- 4.2.2.1. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos sobre emisiones con los combustibles de referencia GR y G25 en el caso del gas natural, o los combustibles de referencia A y B en el caso del GLP, tal como se especifican en el anexo 7.

Entre los ensayos se autoriza un reglaje del sistema de combustible.

Este reglaje consistirá en una recalibración de la base de datos de la alimentación de combustible, sin alterar la estrategia básica de control ni la estructura fundamental de la base de datos. Si es necesario, se autoriza el cambio de piezas directamente relacionadas con el caudal de combustible (como las boquillas de los inyectores).

- 4.2.2.2. A petición del fabricante, el motor podrá ensayarse con los combustibles de referencia GR y G23, o bien G25 y G23, en cuyo caso la homologación será válida únicamente para los gases del grupo H o para los gases del grupo L, respectivamente.
- 4.2.2.3. Cuando se entregue al cliente, el motor deberá llevar una etiqueta (véase el punto 4.11) que indique para qué composición de combustible ha sido calibrado.

HOMOLOGACIÓN DE MOTORES ALIMENTADOS CON GN

	Punto 4.1 Concesión de una homologación para combustible universal	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»	Punto 4.2 Concesión de una homologación para combustible restringida	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 4.1.2 Motor de GN adaptable a cualquier composición de combustible	GR (1) y G25 (2) a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial adicional (3), si $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 (máx. 3)	$r = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 1 (GR)}}$ Y, si se ensaya con un combustible adicional $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (comb. comerc.)}}$ Y $r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$			
Véase el punto 4.1.3 Motor de GN autoadaptabl e mediante un conmutador	GR (1) y G23 (3) para el grupo H Y G25 (2) y G23 (3) para el grupo L a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial (3) en lugar del G23, si S_{λ} = 0,89 - 1,19	2 para el grupo H y 2 para el grupo L en las posiciones respectives del conmutador 4	$r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$ Y $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$			
Véase el punto 4.2.1 Motor de GN diseñado para funcionar con gas del grupo H o gas del grupo L				GR (1) y G23 (3) para el grupo H O G25 (2) y G23 (3) para el grupo L a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial (3) en lugar del G23, si $S_{\lambda} = 0,89$ - 1,19	2 para el grupo H O 2 para el grupo L 2	$r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$ para el grupo H O $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$ para el grupo L

Véase el punto 4.2.2 Motor de GN diseñado para funcionar con una composición de combustible específica				GR (1) y G25 (2), reglaje permitido entre los ensayos a petición del fabricante el motor podrá ensayarse con GR (1) y G23 (3) para el grupo H 0 G25 (2) y G23 (3) para el grupo L	2 0 H 0 L 2	
--	--	--	--	---	----------------------------	--

HOMOLOGACIÓN DE MOTORES ALIMENTADOS CON GLP

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

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

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

4.3.2. Motor de ensayo secundario

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

4.4. Se asignará un número de homologación a cada tipo homologado, cuyas dos primeras cifras (actualmente 04, correspondientes a la serie 04 de modificaciones) indicarán la serie de modificaciones que incluyen las últimas modificaciones técnicas importantes del Reglamento en el momento de la concesión de la homologación. La misma Parte Contratante no podrá asignar el mismo número a otro tipo de motor o vehículo.

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

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

4.6.1. un círculo con la letra «E» en su interior, seguido del número que identifica al país que ha concedido la homologación 3/;

3/ 1 para Alemania, 2 para Francia, 3 para Italia, 4 para los Países Bajos, 5 para Suecia, 6 para Bélgica, 7 para Hungría, 8 para Chequia, 9 para España, 10 para Serbia y Montenegro, 11 para el Reino Unido, 12 para Austria, 13 para Luxemburgo, 14 para Suiza, 15 (vacante), 16 para Noruega, 17 para Finlandia, 18 para Dinamarca, 19 para Rumanía, 20 para Polonia, 21 para Portugal, 22 para Rusia, 23 para Grecia, 24 para Irlanda, 25 para Croacia, 26 para Eslovenia, 27 para Eslovaquia, 28 para Belarús, 29 para Estonia, 30 (vacante), 31 para Bosnia y Herzegovina, 32 para Letonia, 33 (vacante), 34 para Bulgaria, 35 (vacante), 36 para Lituania, 37 para Turquía, 38 (vacante), 39 para Azerbaiyán, 40 para la Antigua República Yugoslava de Macedonia, 41 (vacante), 42 para la Comunidad Europea (las homologaciones son concedidas por sus Estados miembros utilizando su símbolo ECE respectivo), 43 para Japón, 44 (vacante), 45 para Australia, 46 para Ucrania, 47 para Sudáfrica, 48 para Nueva Zelanda, 49 para Chipre, 50 para Malta y 51 para la República de Corea. Se asignarán números sucesivos a otros países según el orden

- 4.6.2. el número del presente Reglamento, seguido de la letra «R», un guión y el número de homologación a la derecha del círculo establecido en el punto 4.4.1.
- 4.6.3. No obstante, la marca de homologación deberá incluir un carácter adicional después de la letra «R» que indique para qué límites de emisión se ha concedido la homologación. En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila A del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «I». En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila B1 del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «II». En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila B2 del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «III». En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila C del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «IV».
- 4.6.3.1. Para los motores alimentados con GN, la marca de homologación deberá incluir un sufijo después del símbolo nacional que especifique para qué grupo de gases se ha concedido la homologación. Dicha marca consistirá en lo siguiente:
- 4.6.3.1.1. H en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo H;
- 4.6.3.1.2. L en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo L;
- 4.6.3.1.3. HL en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo H y del grupo L;
- 4.6.3.1.4. Ht en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo H y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo H mediante un reglaje de la alimentación del motor;
- 4.6.3.1.5. Lt en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo L y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo L mediante un reglaje de la alimentación del motor;
- 4.6.3.1.6. HLt en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo H o del grupo L y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo H o del grupo L mediante un reglaje de la alimentación del motor.

cronológico en el que ratifiquen o se adhieran al Acuerdo sobre la adopción de prescripciones técnicas uniformes aplicables a los vehículos de ruedas y los equipos y piezas que puedan montarse o utilizarse en éstos, y sobre las condiciones de reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas conforme a dichas prescripciones. La Secretaría General de las Naciones Unidas comunicará los números asignados a las Partes Contratantes firmantes del Acuerdo.

- 4.7. Si el vehículo o el motor son conformes a un tipo homologado de acuerdo con uno o varios Reglamentos anexos al Acuerdo en el país que haya concedido la homologación con arreglo al presente Reglamento, no será necesario repetir el símbolo que se establece en el punto 4.6.1. En ese caso, el Reglamento, los números de homologación y los símbolos adicionales de todos los Reglamentos con arreglo a los cuales se ha concedido la homologación de conformidad con el presente Reglamento se indicarán en columnas verticales a la derecha del símbolo indicado en el punto 4.6.1.
- 4.8. La marca de homologación deberá figurar en la placa de datos del vehículo colocada por el fabricante, o cerca de ella.
- 4.9. El anexo 3 del presente Reglamento ofrece ejemplos de disposición de las marcas de homologación.
- 4.10. Además de la marca de homologación, el motor homologado como unidad técnica deberá llevar:
- 4.10.1. la marca registrada o el nombre comercial del fabricante del motor;
- 4.10.2. la descripción comercial del fabricante.
- 4.11. Etiquetas

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

4.11.1. Contenido

Deberá facilitarse la información siguiente:

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

En el caso descrito en el punto 4.2.2.3, la etiqueta indicará «PARA USO EXCLUSIVO CON LA ESPECIFICACIÓN DE GAS NATURAL» o «PARA USO EXCLUSIVO CON LA ESPECIFICACIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO», según proceda. Se indicará toda la información contenida en el (los) cuadro(s) correspondiente(s) de los anexos 6 o 7 junto con los componentes individuales y los límites especificados por el fabricante del motor.

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

Nota:

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

4.11.2. Propiedades

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

4.11.3. Colocación

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

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

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

5. ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS

5.1. Generalidades

5.1.1. Equipo de control de emisiones

5.1.1.1. Los componentes que pueden afectar a la emisión de gases y partículas contaminantes de motores diésel y a la emisión de contaminantes gaseosos de motores de gas deberán diseñarse, fabricarse, ensamblarse e instalarse de tal manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla lo dispuesto en el presente Reglamento.

5.1.2. Funciones del equipo de control de emisiones

- 5.1.2.1. Se prohíbe el uso de dispositivos manipuladores o de estrategias irracionales de control de emisiones.
- 5.1.2.2. Se podrá instalar un dispositivo de control auxiliar en un motor, o en un vehículo, siempre que dicho dispositivo:
 - 5.1.2.2.1. funcione sólo en condiciones distintas de las especificadas en el punto 5.1.2.4, o
 - 5.1.2.2.2. sólo se active temporalmente en las condiciones especificadas en el punto 5.1.2.4 con fines tales como la protección del motor o del dispositivo de tratamiento de aire contra posibles daños, la gestión del humo, el arranque en frío o el calentamiento del motor, o
 - 5.1.2.2.3. sólo se active mediante señales a bordo con fines tales como la seguridad de funcionamiento o estrategias de funcionamiento en modo degradado.
- 5.1.2.3. Se permitirá un dispositivo, función, sistema o medida de control del motor que funcione en las condiciones especificadas en el punto 5.1.2.4 y que resulte en la utilización de una estrategia de control del motor diferente o modificada respecto a la que se emplea normalmente durante los ciclos de ensayo sobre emisiones aplicables si se demuestra plenamente, de conformidad con los requisitos de los puntos 5.1.3 o 5.1.4, que la medida no reduce la eficacia del sistema de control de emisiones. En todos los demás casos, el dispositivo se considerará un dispositivo manipulador.
- 5.1.2.4. A efectos del punto 5.1.2.2, las condiciones de uso en estado continuo y las condiciones transitorias definidas serán las siguientes:
 - i) una altitud no superior a 1 000 metros (o una presión atmosférica equivalente de 90 kPa),
 - ii) una temperatura ambiente comprendida entre 283 y 303 K (10-30 °C),
 - iii) una temperatura del líquido de refrigeración del motor comprendida entre 343 y 368 K (70-95 °C).

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

5.1.3.1. Documentación exigida

El fabricante deberá presentar documentación sobre el diseño básico del sistema y los medios por los que controla sus variables de salida, independientemente de que ese control sea directo o indirecto.

La mencionada documentación se pondrá a disposición en dos partes:

- a) La documentación oficial, que se enviará al servicio técnico en el momento de la solicitud de homologación, incluirá una descripción completa del sistema. Dicha documentación podrá ser breve, siempre que demuestre que se han identificado todos los resultados permitidos por una matriz obtenida a partir del margen de control de los datos de entrada de cada unidad. Esta información deberá adjuntarse a la documentación exigida en el apartado 3 del presente Reglamento.
- b) Documentación adicional que indique los parámetros que modifica cualquier dispositivo de control auxiliar y las condiciones límite en que funciona el dispositivo. El material suplementario incluirá una descripción de la lógica de control del sistema de combustible, estrategias de temporización y puntos de conmutación durante todas las fases de funcionamiento.

La documentación adicional incluirá también una justificación del uso de cualquier dispositivo de control auxiliar así como material y datos de ensayo que demuestren el efecto sobre las emisiones de escape de cualquier dispositivo de control auxiliar instalado en el motor o en el vehículo.

Dicha documentación adicional será estrictamente confidencial y permanecerá en poder del fabricante, pero podrá ser objeto de inspección en el momento de la homologación o en cualquier otro momento de vigencia de la homologación.

- 5.1.4. Para comprobar si una estrategia o medida debe considerarse un dispositivo manipulador o una estrategia irracional de control de emisiones con arreglo a las definiciones de los puntos 2.28 y 2.30, la autoridad de homologación o el servicio técnico podrán pedir también un ensayo de control de NO_x mediante un ensayo ETC que podrá realizarse en combinación con el ensayo de homologación o los procedimientos de control de la conformidad de la producción.
- 5.1.4.1. Como alternativa a los requisitos del apéndice 4 del anexo 4 del presente Reglamento, la muestra de emisiones de NO_x durante el ensayo de control ETC podrá obtenerse a partir del gas de escape bruto, y se aplicarán las prescripciones técnicas de la norma ISO FDIS 16183, de 15 de septiembre de 2001.
- 5.1.4.2. Al verificar si una estrategia o medida debe considerarse un dispositivo manipulador o una estrategia irracional de control de emisiones de acuerdo con las definiciones de los puntos 2.28 y 2.30, se aceptará un margen adicional del 10 %, respecto al valor límite de NO_x adecuado.
- 5.2. Para la homologación respecto a los límites de la fila A de los cuadros del punto 5.2.1, las emisiones deberán determinarse en ensayos ESC y ELR en el caso de motores diésel convencionales, con inclusión de aquellos que dispongan de equipos electrónicos de inyección de combustible, de recirculación de los gases de escape (EGR) o de

catalizadores de oxidación. Los motores diésel que dispongan de sistemas avanzados de postratamiento del gas de escape, incluidos los catalizadores de eliminación de NO_x y los filtros de partículas, deberán someterse además al ensayo ETC.

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

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

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

Las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor sometido a ensayo deben medirse, si procede, mediante el método descrito en el anexo 4. En el apéndice 4 de dicho anexo se describen los sistemas analíticos recomendados para los gases y las partículas contaminantes, así como los sistemas de muestreo de partículas recomendados. El servicio técnico podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se constata que ofrecen resultados equivalentes. Para un solo laboratorio, se considera que hay equivalencia cuando los resultados de un ensayo no difieren en $\pm 5\%$ de los resultados de ensayo de uno de los sistemas de referencia descritos en el presente Reglamento. Para las emisiones de partículas, el único sistema de referencia reconocido es el sistema de dilución de flujo total. Para introducir un nuevo sistema en el Reglamento, la determinación de la equivalencia deberá basarse en el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad mediante un ensayo interlaboratorios, tal como se describe en la norma ISO 5725.

5.2.1. Valores límite

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

Para los motores diésel sometidos además al ensayo ETC y, de manera particular, para los motores de gas, las masas específicas del monóxido de carbono, de los hidrocarburos no metánicos, del metano (si procede), de los óxidos de nitrógeno y de las partículas (si procede) no podrán superar los valores que figuran en el cuadro 2.

Cuadro 1 Valores límite en los ensayos ESC y ELR

Fila	Masa del monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de los hidrocarburos (HC) g/kWh	Masa de los óxidos de nitrógeno (NO _x) g/kWh	Masa de las partículas (PT) g/kWh	Humo m ⁻¹
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 0,13 ^(a)	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (VEM)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

- ^(a) Para los motores con un volumen de desplazamiento inferior a 0,75 dm³ por cilindro y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min⁻¹.

Cuadro 2 Valores límite en los ensayos ETC^(b)

Fila	Masa del monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de los hidrocarburos no metánicos (NMHC) g/kWh	Masa del metano (CH ₄) ^(c) g/kWh	Masa de los óxidos de nitrógeno (NO _x) g/kWh	Masa de las partículas (PT) ^(d) g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 0,21 ^(a)
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (VEM)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

- ^(a) Para los motores con un volumen de desplazamiento inferior a 0,75 dm³ por cilindro y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min⁻¹.
- ^(b) Las condiciones para verificar la aceptabilidad de los ensayos ETC (véase el anexo 4, apéndice 2, punto 3.9) al medir las emisiones de los motores alimentados con gas frente a los valores límite aplicables en la fila A deberán reexaminarse y, cuando sea necesario, modificarse de acuerdo con el procedimiento establecido en la Resolución consolidada R.E.3.
- ^(c) Para los motores de GN exclusivamente.
- ^(d) No es aplicable a los motores alimentados con gas en la fase A ni en las fases B1 y B2.

5.2.2. Medición de los hidrocarburos para los motores diésel y de gas

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

5.2.3. Requisitos específicos para los motores diésel

5.2.3.1. La masa específica de los óxidos de nitrógeno medida en los puntos de control aleatorio dentro de la zona de control del ensayo ESC no deberá superar en más de un 10 % los valores interpolados a partir de las fases de ensayo adyacentes (véase el anexo 4, apéndice 1, puntos 4.6.2 y 4.6.3).

5.2.3.2. El valor del humo medido a un régimen aleatorio en el ensayo ELR no deberá superar en más de un 20 % el valor máximo del humo de los dos regímenes adyacentes, o en más de un 5 % el valor límite, si éste es superior.

6. INSTALACIÓN EN EL VEHÍCULO

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

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

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

6.1.3. la potencia absorbida por los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el tipo de motor homologado.

7. FAMILIA DE MOTORES

7.1. Parámetros que definen una familia de motores

La familia de motores, determinada por el fabricante del motor, puede definirse mediante las características básicas que deben tener en común los motores de dicha familia. En algunos casos puede producirse una interacción de parámetros. Estos efectos también deben tenerse en cuenta para garantizar que en una familia sólo se incluyan motores con características similares en cuanto a emisiones de escape.

Para que dos motores puedan considerarse de la misma familia, deben tener en común los parámetros básicos siguientes:

7.1.1. Ciclo de combustión:

- ciclo de dos tiempos
- ciclo de cuatro tiempos

7.1.2. Medio de refrigeración:

- aire
- agua
- aceite

7.1.3. Para los motores de gas y los motores con postratamiento:

- número de cilindros

(podrán considerarse de la misma familia otros motores diésel con menos cilindros que el motor de referencia a condición de que el sistema de alimentación de combustible mida el combustible para cada cilindro).

7.1.4. Desplazamiento de cada cilindro:

- los motores deben encontrarse dentro de un margen del 15 %.

7.1.5. Método de aspiración del aire:

- atmosférica
- sobrealimentación
- sobrealimentación con sistema de refrigeración del aire de admisión

7.1.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión:

- precámara
- cámara de turbulencia
- cámara abierta

7.1.7. Válvulas y orificios - configuración, tamaño y número:

- cabeza del cilindro
- pared del cilindro
- cárter

7.1.8. Sistema de inyección del combustible (motores diésel):

- bomba-conducto-inyector
- bomba en línea
- bomba de distribución

- elemento único
- inyector unitario

7.1.9. Sistema de alimentación de combustible (motores de gas):

- mezclador
- inducción/inyección de gas (monopunto, multipunto)
- inyección de líquido (monopunto, multipunto)

7.1.10. Sistema de encendido (motores de gas):

7.1.11. Características diversas:

- recirculación del gas de escape
- inyección/emulsión de agua
- inyección de aire secundaria
- sistema de refrigeración del aire de admisión

7.1.12. Postratamiento de las emisiones de escape:

- catalizador de tres vías
- catalizador de oxidación
- catalizador de reducción
- reactor térmico
- filtro de partículas.

7.2. Elección del motor de referencia

7.2.1. Motores diésel

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

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

7.2.2. Motores de gas

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

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

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

8. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Los procedimientos de conformidad de la producción se ajustarán a los establecidos en el Acuerdo, apéndice 2 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), en las condiciones siguientes:

- 8.1. Todo motor o vehículo que lleve una marca de homologación tal como establece el presente Reglamento se fabricará de manera que sea conforme al tipo homologado por lo que respecta a la descripción que figura en el formulario de homologación y sus anexos.
- 8.2. Por norma general, la conformidad de la producción respecto a la limitación de las emisiones se controlará en función de la descripción que figura en el impreso de comunicación y sus anexos.
- 8.3. Si es preciso medir las emisiones de contaminantes y se ha extendido una o varias veces la homologación de un motor, los ensayos se efectuarán en el motor o los motores descritos en el expediente informativo correspondiente a la extensión en cuestión.
 - 8.3.1. Conformidad del motor sujeta a un ensayo de contaminación:

Después de la presentación del motor a las autoridades, el fabricante no deberá efectuar ningún ajuste en los motores seleccionados.
 - 8.3.1.1. Se eligen al azar tres motores de la serie. Los motores sujetos únicamente a los ensayos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 8.3.2.1. No obstante, a petición del fabricante, los ensayos podrán efectuarse con motores diésel o de gas que se hayan rodado durante un periodo superior al indicado en el punto 8.4.2.2, hasta un máximo de cien horas. En este caso, será el fabricante quien se encargue del rodaje, comprometiéndose a no efectuar ningún ajuste en dichos motores.

8.3.2.2. Si el fabricante solicita un procedimiento de rodaje de acuerdo con el punto 8.4.2.2.1, podrá aplicarse:

– a todos los motores que se sometan a ensayo,

o bien

- al primer motor sometido a ensayo, determinando un coeficiente de evolución de la manera siguiente:
- las emisiones contaminantes se medirán a cero horas y a «x» horas en el primer motor sometido a ensayo,
- se calculará, para cada contaminante, el coeficiente de evolución de las emisiones entre cero y «x» horas:

$$= \frac{\text{emisiones a «x» horas}}{\text{emisiones a cero horas}}$$

El resultado podrá ser inferior a uno.

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

En este caso, se adoptarán los valores siguientes:

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

8.3.2.3 Para los motores de gasóleo y los motores alimentados con GLP, todos los ensayos podrán realizarse con combustible comercial. No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el anexo 5 o el anexo 7. Ello implica que se realicen los ensayos descritos en el apartado 4 del presente Reglamento con al menos dos de los combustibles de referencia para cada motor de gas.

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

- i) para los motores que lleven la marca H, con un combustible comercial perteneciente al grupo H ($0,89 \leq S_v \leq 1,00$),
- ii) para los motores que lleven la marca L, con un combustible comercial perteneciente

al grupo L ($1,00 \leq S_\lambda \leq 1,19$),

- iii) para los motores que lleven la marca HL, con un combustible comercial perteneciente al rango extremo del factor de desplazamiento λ ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$).

No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el anexo 6. Ello implica la realización de ensayos, tal como se describe en el apartado 4 del presente Reglamento.

- 8.3.2.5. En caso de desacuerdo a causa de la no conformidad de motores alimentados con gas al utilizar un combustible comercial, los ensayos se efectuarán con un combustible de referencia utilizado en el ensayo del motor de referencia, o con el combustible adicional 3 contemplado en los puntos 4.1.3.1 y 4.2.1.1, que ha podido utilizarse en el ensayo del motor de referencia. A continuación, el resultado deberá convertirse mediante un cálculo con el (los) factor(es) adecuado(s) «r», «ra» o «rb», tal como se describen en los puntos 4.1.3.2, 4.1.5.1 y 4.2.1.2. Si r, ra o rb son inferiores a 1, no deberá hacerse ninguna corrección. Los resultados medidos y los resultados calculados deberán demostrar que el motor cumple los valores límite con todos los combustibles adecuados (combustibles 1, 2 y, si se aplica, 3 en el caso de los motores de gas natural, y combustibles A y B en el caso de los motores de GLP).
- 8.3.2.6. Los ensayos de conformidad de la producción de un motor alimentado con gas preparado para funcionar con una composición de combustible específica se efectuarán con el combustible para el que se haya calibrado el motor.

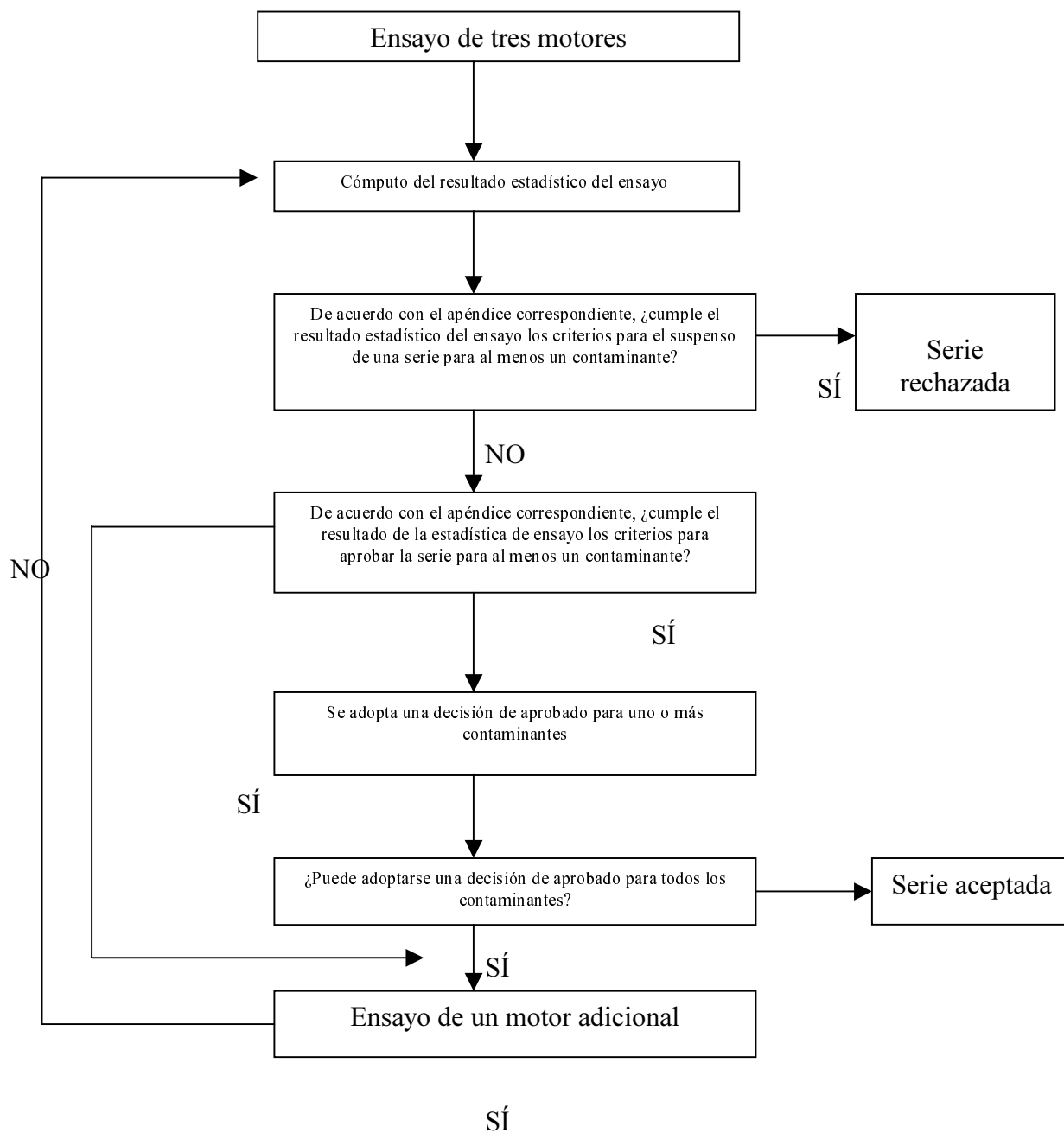


Figura 2: Esquema del ensayo de la conformidad de la producción

9. SANCIONES POR NO CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

- 9.1. La homologación concedida a un tipo de motor o de vehículo con arreglo al presente Reglamento podrá retirarse si no se cumplen los requisitos establecidos en el punto 8.1 o si los motores o vehículos elegidos no superan los ensayos que se establecen en el punto 8.3.
- 9.2. Si una Parte Contratante del Acuerdo de 1958 que aplique el presente Reglamento retira una homologación que había concedido previamente, informará de ello inmediatamente a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo que figura en el anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

10. MODIFICACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DEL TIPO HOMOLOGADO

- 10.1. Toda modificación del tipo homologado deberá notificarse al servicio administrativo que lo homologó. Dicho servicio podrá entonces optar por:
- 10.1.1. considerar que no es probable que las modificaciones realizadas tengan efectos adversos apreciables y que, en cualquier caso, el tipo modificado sigue cumpliendo los requisitos; o bien
- 10.1.2. solicitar un nuevo informe de ensayo al servicio técnico responsable de la realización de los ensayos.
- 10.2. La confirmación o denegación de la homologación se comunicará a las Partes Contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento, especificando las modificaciones, mediante el procedimiento indicado en el punto 4.5.
- 10.3. La autoridad competente que expida la extensión de la homologación asignará un número de serie a dicha extensión e informará de ello a las demás Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento, por medio de un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

11. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

Cuando el titular de una homologación cese completamente de fabricar un tipo homologado con arreglo al presente Reglamento, informará de ello a la autoridad que haya concedido la homologación. Una vez recibida la comunicación pertinente, dicha autoridad informará al respecto a las demás Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

12. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

12.1. Generalidades

12.1.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones, ninguna Parte Contratante que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de homologaciones CEPE con arreglo al presente Reglamento modificado por la serie 04 de modificaciones.

12.1.2. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento deberán conceder homologaciones CEPE únicamente si el motor cumple los requisitos del presente Reglamento modificado por la serie 04 de modificaciones.

El motor deberá someterse a los ensayos aplicables que se establecen en el punto 5.2 del presente Reglamento y, de conformidad con los puntos 12.2.1, 12.2.2 y 12.2.3 siguientes, deberá satisfacer los límites de emisiones aplicables que se detallan en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

12.2. Nuevas homologaciones

12.2.1. De acuerdo con las disposiciones del punto 12.4.1, a partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones del presente Reglamento, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo deberán conceder homologaciones CEPE a los motores que satisfagan los límites de emisiones aplicables de las filas A, B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

12.2.2. De acuerdo con las disposiciones del punto 12.4.1, a partir del 1 de octubre de 2005, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo deben conceder homologaciones CEPE a los motores que satisfagan los límites de emisiones aplicables de las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

12.2.3. De acuerdo con las disposiciones del punto 12.4.1, a partir del 1 de octubre de 2008, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo deben conceder homologaciones CEPE a los motores que satisfagan los límites de emisiones aplicables de las filas B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

12.3. Límite de validez de las antiguas homologaciones

12.3.1. Con excepción de las disposiciones de los puntos 12.3.2 y 12.3.3, a partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 03 de modificaciones, salvo si la Parte Contratante que concedió la homologación notifica a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.1 anterior.

12.3.2. Extensión de homologación

- 12.3.2.1. Los puntos 12.3.2.2 y 12.3.2.3 siguientes sólo se aplicarán a los nuevos motores de encendido por compresión y los nuevos vehículos propulsados por motores de encendido por compresión homologados de acuerdo con los requisitos de la fila A de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.
- 12.3.2.2. Como alternativa a los puntos 5.1.3 y 5.1.4, el fabricante podrá presentar al servicio técnico los resultados de un ensayo de control de NO_x mediante ETC con un motor conforme a las características del motor de referencia descrito en el anexo 1 y teniendo en cuenta lo dispuesto en los puntos 5.1.4.1 y 5.1.4.2. El fabricante facilitará asimismo una declaración escrita de que el motor no consta de ningún dispositivo manipulador ni estrategia irracional de control de emisiones, tal como se definen en el apartado 2 del presente Reglamento.
- 12.3.2.3. El fabricante deberá presentar asimismo una declaración escrita de que los resultados del ensayo de control de NO_x y la declaración sobre el motor de referencia, tal como se contempla en el punto 5.1.4, son también aplicables a todos los tipos de motor de la familia de motores descrita en el anexo 1.

12.3.3. Motores de gas

A partir del 1 de octubre de 2003, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas a motores de gas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 03 de modificaciones, salvo que la Parte Contratante que concedió la homologación notifique a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.1 anterior.

- 12.3.4. A partir del 1 de octubre de 2006, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, salvo que la Parte Contratante que concedió la homologación notifique a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.2 anterior.

- 12.3.5. A partir del 1 de octubre de 2009, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, salvo que la Parte Contratante que concedió la homologación notifique a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.3 anterior.

12.4. Piezas de recambio para vehículos en circulación

- 12.4.1. Las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento pueden seguir homologando los motores que cumplan los requisitos de dicho Reglamento, modificado por anteriores series de modificaciones, o cualquier nivel del Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, a condición de que se trate de un motor de recambio para un vehículo en circulación al que se aplicaba esa normativa anterior en el momento de su puesta en circulación.

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

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

Apéndice 1

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

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

Se considerará que:

L = el logaritmo natural del valor límite del contaminante;

x_i = el logaritmo natural del valor medido del motor i de la muestra;

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

n = el número de la muestra utilizada.

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

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

5. Entonces:
 - si el resultado estadístico del ensayo es superior al número correspondiente a la decisión de aprobado que figura en el cuadro 3 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adoptará una decisión de aprobado para ese contaminante;
 - si el resultado estadístico del ensayo es inferior al número correspondiente a la decisión de suspenso que figura en el cuadro 3 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adoptará una decisión de suspenso para ese contaminante;

- en los demás casos, se someterá a ensayo un motor adicional de acuerdo con el punto 8.3.1 del presente Reglamento y se aplicará el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

Cuadro 3: Números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso del plan de muestreo del apéndice 1

Tamaño mínimo de la muestra: 3

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado A_n	Número correspondiente a la decisión de suspenso 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

Apéndice 2

PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN CUANDO LA DESVIACIÓN TÍPICA NO ES SATISFACTORIA O NO ESTÁ DISPONIBLE

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

$$d_i = x_i - L$$

y

$$\overline{d_n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$V_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \overline{d_n})^2$$

5. En el cuadro 4 figuran los valores de aprobado (A_n) y de suspenso (B_n) respecto al tamaño de la muestra utilizada. El resultado estadístico del ensayo es la relación $\overline{d_n}/V_n$, y deberá utilizarse para determinar si se aprueba o se rechaza la serie de la manera siguiente:

Para $m_0 \leq n \leq m$:

- se aprueba la serie si $\overline{d_n}/V_n \leq A_n$

– se rechaza la serie si $\overline{d_n}/V_n \geq B_n$

$$A_n \leq \overline{d_n}/V_n \leq B_n$$

– se hace otra medición si

6. Observaciones:

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

$$\overline{d_n} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)\overline{d_{n-1}} + \frac{1}{n} d_n$$

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

$$(n = 2, 3, \dots; \overline{d_1} = d_1; V_1 = 0)$$

Cuadro 4: Números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso del plan de muestreo del apéndice 2

Tamaño mínimo de la muestra: 3

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado A_n	Número correspondiente a la decisión de suspenso 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

Apéndice 3

PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN A PETICIÓN DEL FABRICANTE

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar, a petición del fabricante, la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 30 % de motores defectuosos sea de 0,90 (riesgo del fabricante = 10 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el punto 5.2.1 del Reglamento (véase la figura 2):

Se considerará que:

L = el valor límite del contaminante,

x_i = el valor medido del motor i de la muestra,

n = el número de la muestra que se está utilizando.

4. Se calcula para la muestra la estadística de ensayo que cuantifica el número de motores no conformes, a saber, $x_i \geq L$:
5. Entonces:
 - si el resultado estadístico del ensayo es inferior o igual al número correspondiente a la decisión de aprobado que figura en el cuadro 5 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adopta una decisión de aprobado para ese contaminante;
 - si el resultado estadístico del ensayo es superior o igual al número correspondiente a la decisión de suspenso que figura en el cuadro 5 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adopta una decisión de suspenso para ese contaminante;
 - en los demás casos, se someterá a ensayo un motor adicional de acuerdo con el punto 8.3.1 del presente Reglamento y se aplicará el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

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

Cuadro 5: Números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso del plan de muestreo del apéndice 3

Tamaño mínimo de la muestra: 3

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado	Número correspondiente a la decisión de suspenso
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

Anexo 1CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL MOTOR (DE REFERENCIA) E INFORMACIÓN
RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS⁽¹⁾

1. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR

- 1.1. Fabricante:
- 1.2. Código del motor asignado por el fabricante:
- 1.3. Ciclo: cuatro tiempos / dos tiempos⁽²⁾
- 1.4. Número y disposición de los cilindros:
- 1.4.1. Diámetro:mm
- 1.4.2. Carrera del pistón:mm
- 1.4.3. Orden de encendido:.....
- 1.5. Cilindrada del motor:cm³
- 1.6. Relación de compresión volumétrica⁽³⁾:
- 1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón:
- 1.8. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida:cm²
- 1.9. Régimen de ralentí: min⁻¹
- 1.10. Potencia máxima neta :kW a min⁻¹
- 1.11. Régimen máximo permitido del motor: min⁻¹
- 1.12. Par máximo neto:Nm a min⁻¹
- 1.13. Sistema de combustión: encendido por compresión / por chispa⁽²⁾
- 1.14. Combustible: Diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol⁽¹⁾
- 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 o relaciones motrices (si procede):
- 1.15.2. Aire
- 1.15.2.1. Soplane: sí/no⁽²⁾
- 1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede):
- 1.15.2.3. Relación o relaciones motrices (si procede):.....
- 1.16. Temperatura permitida por el fabricante
- 1.16.1. Refrigeración por líquido: temperatura máxima en la salida:K

- 1.16.2. Refrigeración por aire: Punto de referencia:
- 1.16.3. Temperatura máxima del aire en la salida del *intercooler* de admisión (si procede): K
- 1.16.4. Temperatura máxima en el punto del (de los) tubo(s) de escape adyacente(s) a la(s) brida(s) externa(s) del (de los) colector(es) de escape o turbocompresor(es): K
- 1.16.5. Temperatura del combustible: mín.K, máx.K
para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores alimentados con gas, en la fase final del regulador de presión.
- 1.16.6. Presión del combustible: mín.kPa, máx.kPa
en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN.
- 1.16.7. Temperatura del lubricante: mín.K, máx.K
- 1.17. Sobrealimentador: sí/no⁽²⁾
- 1.17.1. Marca:.....
- 1.17.2. Tipo:
- 1.17.3. Descripción del sistema
(p. ej., presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede):.....
- 1.17.4. *Intercooler*: sí/no⁽²⁾
- 1.18. Sistema de admisión
Depresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24: kPa
- 1.19. Sistema de escape
Contrapresión máxima permitida del escape a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24: kPa
Volumen del sistema de escape: dm³

2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y dibujos):.....
.....
- 2.2. Dispositivos adicionales contra la contaminación (si están previstos y si no están recogidos en otro punto)
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no⁽²⁾
- 2.2.1.1. Marca(s):
- 2.2.1.2. Tipo(s):
- 2.2.1.3. Número de convertidores y elementos catalíticos:.....

- 2.2.1.4. Dimensiones, forma y volumen del (de los) convertidor(es) catalítico(s):
- 2.2.1.5. Tipo de acción catalítica:.....
- 2.2.1.6. Carga total de metales preciosos:
- 2.2.1.7. Concentración relativa:.....
- 2.2.1.8. Substrato (estructura y material):
- 2.2.1.9. Densidad celular:
- 2.2.1.10. Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s):
- 2.2.1.11. Emplazamiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s) (lugar y distancia de referencia en la línea de escape):
-
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no⁽²⁾
- 2.2.2.1. Marca(s):
- 2.2.2.2. Tipo:
- 2.2.2.3. Localización:
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no⁽²⁾
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.):
- 2.2.4. Recirculación del gas de escape: sí/no⁽²⁾
- 2.2.4.1. Características (caudal, etc.):.....
- 2.2.5. Filtro de partículas: sí/no⁽²⁾
- 2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del filtro de partículas:
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas:.....
- 2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en la línea de escape):
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo:
- 2.2.6 . Otros sistemas: sí/no⁽²⁾
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento:.....

3. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

- 3.1. Motores diésel
- 3.1.1. Bomba de alimentación
- Presión⁽³⁾ :kPa o diagrama característico⁽²⁾:.....
- 3.1.2. Sistema de inyección
- 3.1.2.1. Bomba
- 3.1.2.1.1. Marca(s):
- 3.1.2.1.2. Tipo(s):

- 3.1.2.1.3. Suministro:mm³(³) por carrera del pistón a un régimen del motor de.....min⁻¹ a plena inyección, o diagrama característico⁽²⁾ (³):
.....
Menciónese el método empleado: en el motor / en el banco de bombeo⁽²⁾
Si se dispone de un control de sobrealimentación, indíquese la alimentación de combustible y la presión de sobrealimentación características en función del régimen del motor.
- 3.1.2.1.4. Avance de la inyección
- 3.1.2.1.4.1. Curva del avance de la inyección⁽³⁾:.....
- 3.1.2.1.4.2. Reglaje de la inyección estática⁽³⁾:.....
- 3.1.2.2. Tubería de inyección
- 3.1.2.2.1. Longitud:mm
- 3.1.2.2.2. Diámetro interno:mm
- 3.1.2.3. 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⁽³⁾
o diagrama característico⁽²⁾(³):.....
- 3.1.2.4. Regulador
- 3.1.2.4.1. Marca(s):
- 3.1.2.4.2. Tipo(s):
- 3.1.2.4.3. Régimen de corte a plena carga: min⁻¹
- 3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: min⁻¹
- 3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: min⁻¹
- 3.1.3. Sistema de arranque en frío
- 3.1.3.1. Marca(s):
- 3.1.3.2. Tipo(s):
- 3.1.3.3. Descripción:.....
- 3.1.3.4. Dispositivo auxiliar de arranque:
- 3.1.3.4.1. Marca:.....
- 3.1.3.4.2. Tipo:
- 3.2. Motores alimentados con gas⁽⁶⁾
- 3.2.1. Combustible: Gas natural/GLP⁽²⁾
- 3.2.2. Regulador(es) de presión o vaporizador⁽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 de reglaje del surtidor principal:
- 3.2.2.6. Número de puntos de reglaje del surtidor de ralentí:
- 3.2.2.7. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n°
- 3.2.3. Sistema de alimentación de combustible: 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 dibujos:
- 3.2.3.3. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 3.2.4. Mezclador
- 3.2.4.1. Cantidad:
- 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 homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 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
- 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 homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 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 homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 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 homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 3.2.6. Inyección directa
- 3.2.6.1. Bomba de inyección / regulador de presión⁽²⁾
- 3.2.6.1.1. Marca(s):
- 3.2.6.1.2. Tipo(s):
- 3.2.6.1.3. Reglaje de la inyección:
- 3.2.6.1.4. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 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⁽³⁾:
- 3.2.6.2.4. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n°
.....
- 3.2.7. Unidad electrónica de control (UEC)
- 3.2.7.1. Marca(s):
- 3.2.7.2. Tipo(s):
- 3.2.7.3. Posibilidades de ajuste:
- 3.2.8. Equipo específico para GN
- 3.2.8.1. Variante 1 (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
- 3.2.8.1.1. Composición del combustible:

metano (CH ₄):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
etano (C ₂ H ₆):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
propano (C ₃ H ₈):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
butano (C ₄ H ₁₀):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
C5/C5+:	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
oxígeno (O ₂):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
gases inertes (N ₂ , He etc.):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol

- 3.2.8.1.2. Inyector(es)
- 3.2.8.1.2.1. Marca(s):
- 3.2.8.1.2.2. Tipo(s):
- 3.2.8.1.3. Otros (si procede)
- 3.2.8.2. Variante 2 (únicamente en el caso de homologaciones para varias composiciones específicas de combustible)

4. REGLAJE DE LAS VÁLVULAS

- 4.1. Elevación máxima de las válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a puntos muertos o datos equivalentes:
- 4.2. Referencia y/o márgenes de reglaje⁽²⁾:

5. SISTEMA DE ENCENDIDO (SÓLO MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA)

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

6. EQUIPO ACCIONADO POR EL MOTOR

El motor debe someterse a ensayo con los accesorios necesarios para funcionar (el ventilador, la bomba de agua, etc.), tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24.

6.1. Accesorios que deben instalarse para el ensayo

Si resulta imposible o inapropiado instalar los accesorios en el banco de pruebas, se determinará la potencia que éstos absorben y se restará de la potencia del motor medida en toda la franja de funcionamiento del (de los) ciclo(s) de ensayo.

6.2. Accesorios que deben retirarse para el ensayo

Los accesorios que sean necesarios únicamente para el funcionamiento del vehículo (por ejemplo, el compresor de aire, el sistema de climatización, etc.) deberán retirarse para el ensayo. Cuando esos accesorios no puedan retirarse, podrá determinarse la potencia que absorben y sumarse a la potencia del motor medida en toda la franja de funcionamiento del (de los) ciclo(s) de ensayo.

7. INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE LAS CONDICIONES DE ENSAYO

7.1. Lubricante utilizado

7.1.1. Marca:

7.1.2. Tipo:

(si se mezclan lubricante y combustible, indíquese el porcentaje de aceite en la mezcla):
.....

7.2. Equipo accionado por el motor (si procede)

Sólo será preciso determinar la potencia absorbida por los accesorios,

- si no están instalados en el motor accesorios necesarios para su funcionamiento, o
- si están instalados en el motor accesorios no necesarios para su funcionamiento.

7.2.1. Enumeración y elementos de identificación:

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

Equipo	Potencia absorbida (kW) a diferentes regímenes del motor						
	Ralentí	Régimen bajo	Régimen alto	Régimen A ⁽⁷⁾	Régimen B ⁽⁷⁾	Régimen C ⁽⁷⁾	Régimen de referencia ⁽⁸⁾
P(a) Accesorios necesarios para el funcionamiento del motor (debe restarse de la potencia medida del motor) véase el punto 6.1.							
P(b) Accesorios no necesarios para el funcionamiento del motor (debe añadirse a la potencia medida del motor) véase el punto 6.2.							

8. RENDIMIENTO DEL MOTOR

8.1. Regímenes del motor⁽⁹⁾Régimen bajo (n_{lo}):min⁻¹Régimen alto (n_{hi}):min⁻¹

para los ciclos ESC y ELR

Ralentí:min⁻¹Régimen A:min⁻¹Régimen B:min⁻¹Régimen C:min⁻¹

para el ciclo ETC

Régimen de referencia:min⁻¹

8.2. Potencia del motor (medida de conformidad con las disposiciones del Reglamento n° 24) en kW

	Régimen del motor				
	Ralentí	Régimen A ⁽⁷⁾	Régimen B ⁽⁷⁾	Régimen C ⁽⁷⁾	Régimen de referencia ⁽⁸⁾
P(m) Potencia medida en el banco de pruebas					
P(a) Potencia absorbida por los accesorios que deben montarse para el ensayo (punto 6.1); - si están instalados - si no están instalados	0	0	0	0	0
P(b) Potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse para el ensayo (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)					

8.3. Reglajes del dinamómetro (kW)

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

8.3.1. Ensayos ESC y ELR

Los reglajes del dinamómetro deben calcularse mediante la fórmula que figura en el anexo 4, apéndice 1, punto 1.2.

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

8.3.2. Ensayo ETC

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

Notas:

- (1) En el caso de motores y sistemas no convencionales, el fabricante deberá facilitar datos equivalentes a éstos.
 - (2) Táchese lo que no proceda.
 - (3) Especifíquese la tolerancia.
 - (6) En el caso de sistemas con diseños diferentes, facilítese información equivalente (para el punto 3.2).
 - (7) Ensayo ESC
 - (8) Sólo el ensayo ETC.
 - (9) Especifíquese la tolerancia, que debe situarse dentro de un margen de ± 3 % de los valores declarados por el fabricante.
-

Anexo 1 - Apéndice 1

CARACTERÍSTICAS DE LAS PIEZAS DEL VEHÍCULO RELACIONADAS CON EL MOTOR

1. Depresión del sistema de admisión a régimen nominal y a plena carga:
.....kPa
2. Contrapresión del sistema de escape a régimen nominal y a plena carga:
.....kPa
3. Volumen del sistema de escape:cm³
4. Potencia absorbida por los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor, tal como se especifican en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24

Equipo	Potencia absorbida (kW) a diferentes regímenes del motor						
	Ralentí	Régimen bajo	Régimen alto	Régimen A ⁽¹⁾	Régimen B ⁽¹⁾	Régimen C ⁽¹⁾	Régimen de referencia ⁽²⁾
P(a) Accesorios necesarios para el funcionamiento del motor (debe restarse de la potencia medida del motor) véase el anexo 1, punto 6.1							

⁽¹⁾ Ensayo ESC

⁽²⁾ Sólo para el ensayo ETC.

Anexo 1 - 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. Desplazamiento de cada cilindro:
- 1.5. Método de aspiración del aire:
- 1.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión:
- 1.7. Válvulas y orificios – configuración, tamaño y número:
.....
- 1.8. Sistema de alimentación de combustible:
- 1.9. Sistema de encendido (motores de gas):
- 1.10. Características diversas:
 - sistema de refrigeración del aire de admisión⁽¹⁾:
 - recirculación del gas de escape⁽¹⁾:
 - inyección/emulsión de agua⁽¹⁾:
 - inyección de aire⁽¹⁾:.....
- 1.11. Postratamiento del gas de escape⁽¹⁾:

Prueba de relación idéntica (o menor para el motor de referencia):
capacidad del sistema / suministro de combustible por carrera del pistón, de acuerdo con el
(los) número(s) del diagrama:

2. LISTADO DE LA FAMILIA DE MOTORES

2.1. Nombre de la familia de motores diésel:

2.1.1. Especificación de los motores dentro de esta familia:

					Motor de referencia
Tipo de motor					
Nº de cilindros					
Régimen nominal (min^{-1})					
Suministro de combustible por carrera del pistón (mm^3)					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen al par máximo (min^{-1})					
Suministro de combustible por carrera del pistón (mm^3)					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí (min^{-1})					
Desplazamiento del cilindro (en % del motor de referencia)					100

2.2. Nombre de la familia de motores de gas:

2.2.1 Especificación de los motores dentro de esta familia:

					Motor de referencia
Tipo de motor					
Nº de cilindros					
Régimen nominal (min^{-1})					
Suministro de combustible por carrera del pistón (mm^3)					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen al par máximo (min^{-1})					
Suministro de combustible por carrera del pistón (mm^3)					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí (min^{-1})					
Desplazamiento del cilindro (en % del motor de referencia)					100
Reglaje de la chispa					
Caudal de la EGR					
Bomba de aire sí/no					
Caudal efectivo de la bomba de aire					

(1) Si no es aplicable, escríbase «N/A»

Anexo 1 - Apéndice 3CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL TIPO DE MOTOR DENTRO DE LA FAMILIA⁽¹⁾

1. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR
 - 1.1. Fabricante:
 - 1.2. Código del motor asignado por el fabricante:
 - 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos⁽²⁾
 - 1.4. Número y disposición de los cilindros:
 - 1.4.1. Diámetro:mm
 - 1.4.2. Carrera del pistón:mm
 - 1.4.3. Orden de encendido:
 - 1.5. Cilindrada del motor:cm³
 - 1.6. Relación de compresión volumétrica⁽³⁾:
 - 1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón:
.....
 - 1.8. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida:
.....cm²
 - 1.9. Régimen de ralentí:min⁻¹
 - 1.10. Potencia máxima neta :kW amin⁻¹
 - 1.11. Régimen máximo permitido del motor:min⁻¹
 - 1.12. Par máximo neto:Nm amin⁻¹
 - 1.13. Sistema de combustión: encendido por compresión / por chispa⁽²⁾
 - 1.14. Combustible: diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol⁽¹⁾
 - 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 o relaciones motrices (si procede):
 - 1.15.2. Aire
 - 1.15.2.1. Soplane: sí/no⁽²⁾
 - 1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede):
.....

- 1.15.2.3. Relación o relaciones motrices (si procede):
- 1.16. Temperatura permitida por el fabricante
- 1.16.1. Refrigeración por líquido: Temperatura máxima en la salida:K
- 1.16.2. Refrigeración por aire: Punto de referencia:
Temperatura máxima en el punto de referencia:K
- 1.16.3. Temperatura máxima del aire en la salida del *intercooler* de admisión (si procede):K
- 1.16.4. Temperatura máxima en el punto del (de los) tubo(s) de escape adyacente a la(s) brida(s) externa(s) del (de los) colector(es) de escape o turbocompresor(es):K
- 1.16.5. Temperatura del combustible: mín.K, máx.K
para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores alimentados con gas, en la fase final del regulador de presión.
- 1.16.6. Presión del combustible: mín.kPa, máx.kPa
en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con gas natural
- 1.16.7. Temperatura del lubricante: mín.K, máx.K
- 1.17. Sobrealimentador: sí/no⁽²⁾
- 1.17.1. Marca:
- 1.17.2. Tipo:
- 1.17.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede):
- 1.17.4. *Intercooler*: sí/no⁽²⁾
- 1.18. Sistema de admisión
Depresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24:kPa
- 1.19. Sistema de escape
Contrapresión máxima permitida del escape a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento nº 24:kPa
Volumen del sistema de escape:cm³

2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

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

- 2.2. Dispositivos adicionales anticontaminantes (si están previstos y si no están recogidos en otro punto)
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no⁽²⁾
- 2.2.1.1. Número de convertidores y elementos catalíticos:
- 2.2.1.2. Dimensiones, forma y volumen del (de los) convertidor(es) catalítico(s):
.....
- 2.2.1.3. Tipo de acción catalítica:
- 2.2.1.4. Carga total de metales preciosos:
- 2.2.1.5. Concentración relativa:
- 2.2.1.6. Substrato (estructura y material):
- 2.2.1.7. Densidad celular:
- 2.2.1.8. Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s):
- 2.2.1.9. Emplazamiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s) (lugar y distancia de referencia en la línea de escape):
.....
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no⁽²⁾
- 2.2.2.1. Tipo:
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no⁽²⁾
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.):
- 2.2.4. EGR: sí/no⁽²⁾
- 2.2.4.1. Características (caudal, etc.):
- 2.2.5. Filtro de partículas: sí/no⁽²⁾
- 2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del filtro de partículas:
.....
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas:
- 2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en la línea de escape):
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo: ...
.....
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no⁽²⁾
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento:

3. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

3.1. Motores diésel

3.1.1. Bomba de alimentación

Presión⁽³⁾ :kPa o diagrama característico⁽²⁾:

.....

3.1.2. Sistema de inyección

3.1.2.1. Bomba

3.1.2.1.1. Marca(s):

3.1.2.1.2. Tipo(s):

3.1.2.1.3. Suministro:mm³⁽³⁾ por carrera del pistón a un régimen del motor de.....min⁻¹ a plena inyección, o diagrama característico⁽²⁾⁽³⁾:

.....

Menciónese el método empleado: en el motor / en el banco de bombeo⁽²⁾

Si se dispone de un control de sobrealimentación, indíquese la alimentación de combustible y la presión de sobrealimentación características en función del régimen del motor.

3.1.2.1.4. Avance de la inyección

3.1.2.1.4.1. Curva de avance de la inyección⁽³⁾:

3.1.2.1.4.2. Reglaje de la inyección estática⁽³⁾:

3.1.2.2. Tubería de inyección

3.1.2.2.1. Longitud:mm

3.1.2.2.2. Diámetro interno:mm

3.1.2.3. 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⁽³⁾
o diagrama característico⁽²⁾⁽³⁾:

3.1.2.4. Regulador

3.1.2.4.1. Marca(s):

3.1.2.4.2. Tipo(s):

3.1.2.4.3. Régimen de corte a plena carga:min⁻¹

3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga:min⁻¹

3.1.2.4.5. Régimen de ralentí:min⁻¹

- 3.1.3. Sistema de arranque en frío
- 3.1.3.1. Marca(s):
- 3.1.3.2. Tipo(s):
- 3.1.3.3. Descripción:
- 3.1.3.4. Dispositivo auxiliar de arranque:
- 3.1.3.4.1. Marca:
- 3.1.3.4.2. Tipo:
- 3.2. Motores alimentados con gas
- 3.2.1. Combustible: Gas natural/GLP⁽²⁾
- 3.2.2. Regulador(es) de presión o vaporizador⁽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 de reglaje del surtidor principal:
- 3.2.2.6. Número de puntos de reglaje del surtidor de ralentí:
- 3.2.2.7. Número de homologación:
- 3.2.3. Sistema de alimentación de combustible: 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 dibujos:
.....
- 3.2.3.3. Número de homologación:
- 3.2.4. Mezclador
- 3.2.4.1. Cantidad:
- 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 homologación:
- 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
 - 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 homologación:
- 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 homologación:
- 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 homologación:
- 3.2.6. Inyección directa
 - 3.2.6.1. Bomba de inyección / regulador de presión⁽²⁾
 - 3.2.6.1.1. Marca(s):
 - 3.2.6.1.2. Tipo(s):
 - 3.2.6.1.3. Reglaje de la inyección:
 - 3.2.6.1.4. Número de homologación:
 - 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⁽³⁾:
.....
 - 3.2.6.2.4. Número de homologación:
- 3.2.7. Unidad electrónica de control (ECU)
 - 3.2.7.1. Marca(s):
 - 3.2.7.2. Tipo(s):
 - 3.2.7.3. Posibilidades de ajuste:
- 3.2.8. Equipo específico para GN
 - 3.2.8.1. Variante 1 (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)

3.2.8.1.1. Composición del combustible:

metano (CH ₄):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
etano (C ₂ H ₆):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
propano (C ₃ H ₈):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
butano (C ₄ H ₁₀):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
C5/C5+:	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
oxígeno (O ₂):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol
gases inertes (N ₂ , He etc.):	base:... % mol	mín% mol	máx% mol

3.2.8.1.2. Inyector(es)

3.2.8.1.2.1. Marca(s):

3.2.8.1.2.2. Tipo(s):

3.2.8.1.3. Otros (si procede)

3.2.8.2. Variante 2 (únicamente en el caso de homologaciones para varias composiciones específicas de combustible)

4. REGLAJE DE LAS VÁLVULAS

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

.....

4.2. Referencia y/o márgenes de reglaje⁽²⁾:

.....

5. SISTEMA DE ENCENDIDO (SÓLO MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA)

5.1. Tipo de sistema de encendido: bobina y bujías comunes / bobina y bujías individuales/bobina en bujía / otro (especifíquese)⁽²⁾

5.2. Unidad de control del encendido

5.2.1. Marca(s):

5.2.2. Tipo(s):

5.2. Curva/cartografía de avance del encendido⁽²⁾⁽³⁾:

.....

- 5.4. Reglaje del encendido⁽³⁾:grados antes del punto muerto superior a un régimen de min⁻¹ y a una presión del colector de admisión de kPa
- 5.5. Bujías de encendido
- 5.5.1. Marca(s):
- 5.5.2. Tipo(s):
- 5.5.3. Distancia entre los electrodos:mm
- 5.6. Bobina(s) de encendido
- 5.6.1. Marca(s):
- 5.6.2. Tipo(s):

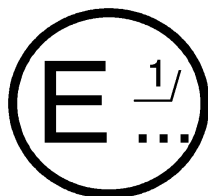
Notas

- (1) Deberá presentarse para cada motor de la familia.
- (2) Táchese lo que no proceda.
- (3) Especifíquese la tolerancia.
-

Anexo 2A

COMUNICACIÓN

(formato máximo: A4 [210 x 297 mm])



emitida por: Nombre de la administración

.....
.....
.....objeto: 2/CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN
CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de motor de encendido por compresión, de un tipo de motor de gas natural (GN) o de un tipo de motor de encendido por chispa alimentado con GLP 2/, como unidad técnica separada por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de acuerdo con el Reglamento nº 49.

Nº de homologación:

Nº de extensión:

1. Denominación comercial o marca del motor:
2. Tipo de motor:
3. Tipo de combustión: encendido por compresión / encendido por chispa 2/
- 3.1. Tipo de combustible:
4. Nombre y dirección del fabricante:
5. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
.....
6. Depresión máxima permisible de la admisión: kPa
7. Contrapresión máxima permisible: kPa
8. Potencia máxima permisible que puede absorber el equipo accionado por el motor:
Intermedia:kW; Nominal: kW

9. Restricciones de empleo (en su caso):.....
10. Niveles de emisión del motor / motor de referencia:
- 10.1. Ensayo ESC (si procede):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
- 10.2. Ensayo ELR (si procede):
Valor del humo:m⁻¹
- 10.3. Ensayo ETC (si procede):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NMHC:g/kWh
CH₄:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
11. Motor sometido a ensayo el:
12. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación:
.....
13. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio:
14. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio:
15. Emplazamiento de la marca de homologación en el motor:
16. Lugar:
17. Fecha:
18. Firma:
19. Se adjuntan a esta comunicación los siguientes documentos, que llevan el número de homologación indicado anteriormente:
- una copia del anexo 1 del presente Reglamento, cumplimentado y acompañado de los dibujos y los diagramas señalados.

- 1/ Número de identificación del país que ha concedido/extendido/denegado/retirado la homologación (véanse las disposiciones sobre homologación que figuran en el Reglamento).
- 2/ Táchese lo que no proceda.

Anexo 2B

COMUNICACIÓN

(formato máximo: A4 [210 x 297 mm])



emitida por: Nombre de la administración

.....
.....
.....objeto: 2/CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN
CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de vehículo por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de su motor, de acuerdo con el Reglamento nº 49

Nº de homologación:

Nº de extensión:

1. Denominación comercial o marca del motor:
2. Tipo de vehículo:
3. Nombre y dirección del fabricante:
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
.....
5. Depresión máxima permisible de la admisión: kPa
6. Contrapresión máxima permisible: kPa
7. Potencia máxima permisible que puede absorber el equipo accionado por el motor:
Intermedia: kW; Nominal: kW
8. Marca y tipo del motor:
9. Niveles de emisión del motor / motor de referencia:

- 9.1. Ensayo ESC (si procede):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
- 9.2. Ensayo ELR (si procede):
Valor del humo:m⁻¹
- 9.3. Ensayo ETC (si procede):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NMHC:g/kWh
CH₄:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
10. Motor sometido a ensayo el:
11. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación:
.....
12. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio:.....
13. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio:
14. Emplazamiento de la marca de homologación en el vehículo/motor 2/:
15. Lugar:
16. Fecha:
17. Firma:
18. Se adjuntan a esta comunicación los siguientes documentos, que llevan el número de homologación indicado anteriormente:

una copia del anexo 1 del presente Reglamento, cumplimentado y acompañado de los dibujos y los diagramas señalados.

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

2/ Táchese lo que no proceda.

Anexo 3

DISPOSICIONES DE LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN
(véase el punto 4.6 del presente Reglamento)

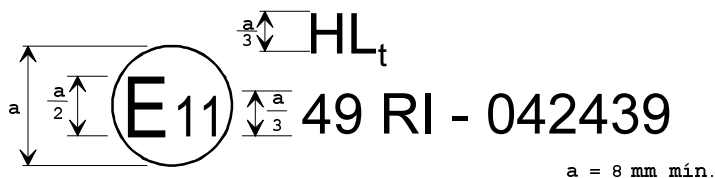
I. HOMOLOGACIÓN «I» (fila A)
(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

Modelo A

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila A que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).

Modelo B

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila A que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento nº 49 con el número de homologación 042439. Estas marcas indican que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento nº 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

II. HOMOLOGACIÓN «II» (fila B1)
(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

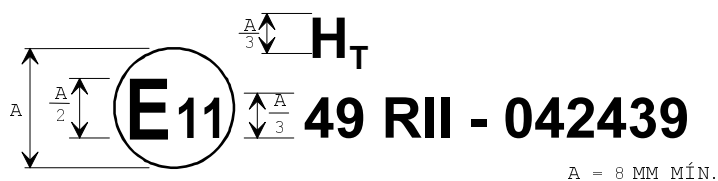
Modelo C

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B1 que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



Modelo D

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B1 que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento nº 49 con el número de homologación 042439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento nº 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

III. HOMOLOGACIÓN «II» (fila B2)
(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

Modelo E

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B2 que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



Modelo F

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B2 que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 042439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

IV. HOMOLOGACIÓN «IV» (fila C)
(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

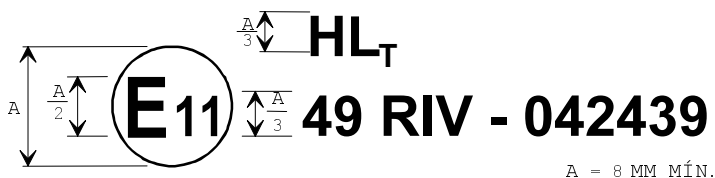
Modelo G

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila C que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



Modelo H

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila C que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 042439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

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

Modelo I

La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 (nivel de emisiones IV) y el Reglamento n° 24 1/. Las dos primeras cifras de los números de homologación indican que, en las fechas de concesión de las homologaciones respectivas, el Reglamento n° 49 incluía la serie 04 de modificaciones y el Reglamento n° 24 incluía la serie 03 de modificaciones.

1/ El segundo número de Reglamento se ofrece únicamente a modo de ejemplo.

Anexo 4

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El presente anexo describe los métodos para determinar las emisiones de componentes gaseosos, de partículas y de humo de los motores sometidos a ensayo. Se describen tres ciclos de ensayo que deberán aplicarse de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.2 del Reglamento:

1.1.1. el ciclo ESC, consistente en un ciclo de trece fases en estado continuo,

1.1.2. el ciclo ELR, consistente en etapas de carga transitorias a diferentes regímenes, que forman parte integrante de un mismo procedimiento de ensayo y son concurrentes;

1.1.3. el ciclo ETC, consistente en una secuencia segundo a segundo de fases transitorias.

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

1.3. Principio de medición

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

1.3.1. Ensayo ESC

Durante una secuencia prescrita de funcionamiento del motor caliente, los citados valores de las emisiones de escape deben examinarse de manera continua tomando una muestra del gas de escape bruto. El ciclo de ensayo consistirá en un número determinado de fases de régimen y de potencia que abarquen la gama típica de funcionamiento de los motores diésel. En cada fase, se determinarán la concentración de cada contaminante gaseoso, el caudal de escape y la potencia desarrollada, y se ponderarán los valores medidos. La muestra de partículas deberá diluirse con aire ambiente acondicionado. Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de ensayo, mediante los filtros adecuados. Se calcularán los gramos por kilovatio hora

(kWh) de cada contaminante emitido mediante el método descrito en el apéndice 1 del presente anexo. Asimismo, los NO_x deberán medirse en tres puntos de ensayo de la zona de control seleccionada por el servicio técnico^{1/}, y los valores determinados se compararán con los valores calculados a partir de esas fases del ciclo de ensayo que rodeen los puntos de ensayo seleccionados. El control de los NO_x garantiza la eficacia del control de emisiones del motor dentro de su gama de funcionamiento típica.

1.3.2. Ensayo ELR

Durante un ensayo de respuesta en carga prescrito, deberá determinarse el humo emitido por un motor caliente mediante un opacímetro. El ensayo consistirá en cargar el motor a régimen constante del 10 % al 100 %, a tres regímenes distintos. El ensayo continuará con una cuarta fase de carga seleccionada por el Servicio técnico¹ y el valor obtenido se comparará con los valores de las anteriores fases de carga. El pico del humo deberá determinarse por medio de un algoritmo promediador, como se describe en el apéndice 1 del presente anexo.

1.3.3. Ensayo ETC

Durante un ciclo de transición prescrito en condiciones de funcionamiento del motor caliente, basado estrechamente en las circunstancias específicas de conducción en carretera de motores de gran potencia instalados en camiones y autobuses, se examinarán los contaminantes citados tras diluir el gas de escape total con aire ambiente acondicionado. Utilizando las señales de retorno del par y del régimen del dinamómetro del motor, se integrará la potencia respecto a la duración del ciclo y se obtendrá el trabajo producido por el motor durante el ciclo. Se determinará la concentración de NO_x y de HC durante el ciclo integrando la señal del analizador. Las concentraciones de CO, CO₂ y NMHC podrán determinarse mediante integración de la señal del analizador o mediante muestreo con bolsas. Para las partículas, se recogerá una muestra proporcional con filtros adecuados. Se determinará el caudal de gas de escape diluido durante el ciclo para calcular los valores de emisión másica de los contaminantes. Los valores de emisión másica deberán ponerse en relación con el trabajo del motor para obtener la emisión de cada contaminante en gramos por kilovatio hora (kWh) según se describe en el apéndice 2 del presente anexo.

^{1/} Los puntos de ensayo deberán seleccionarse utilizando métodos estadísticos de aleatorización aprobados.

2. CONDICIONES DE ENSAYO

2.1. Condiciones de ensayo del motor

2.1.1. Se medirá la temperatura absoluta (T_a) del aire del motor en su punto de entrada, expresada en grados Kelvin, y la presión atmosférica seca (p_s), expresada en kPa, y se determinará el parámetro F de acuerdo con las disposiciones siguientes:

a) para los motores diésel:

Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

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

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

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

b) para los motores de gas:

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

2.1.2. Validez del ensayo

Para que un ensayo se considere válido, el parámetro F deberá cumplir la condición siguiente:

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

2.2. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

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

Si se utiliza un banco de pruebas o un soplante externo, la temperatura del aire de sobrealimentación deberá encontrarse dentro de un margen de ± 5 K de la temperatura máxima del aire de admisión especificada en el anexo 1, punto 1.16.3, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. La configuración del refrigerador del aire

de sobrealimentación necesaria para cumplir estas condiciones se utilizará durante todo el ciclo de ensayo.

2.3. Sistema de admisión de aire del motor

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

2.4. Sistema de escape del motor

Se utilizará un sistema de escape con una contrapresión de escape situada dentro de un margen de $\pm 1\,000$ Pa respecto al límite superior del motor funcionando al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, y con un volumen situado dentro de un margen de $\pm 40\%$ del especificado por el fabricante. Podrá utilizarse un sistema de banco de pruebas, siempre que represente las condiciones reales de funcionamiento del motor. El sistema de escape será conforme a los requisitos de muestreo del gas de escape establecidos en el anexo 4, apéndice 4, punto 3.4, y en el anexo 4, apéndice 6, punto 2.2.1, EP, y punto 2.3.1, EP.

Si el motor incluye un dispositivo de postratamiento del gas de escape, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que en un punto situado a una distancia equivalente a un mínimo de cuatro veces el diámetro del tubo antes del comienzo de la sección de expansión que contiene el dispositivo de postratamiento del gas de escape. La distancia entre la brida del colector de escape o la salida del turbocompresor y el dispositivo de postratamiento del gas de escape será la de la configuración del vehículo o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. La contrapresión o restricción del gas de escape deberá cumplir los mismos criterios y podrá regularse con una válvula. El contenedor de postratamiento podrá retirarse durante los ensayos simulados y la cartografía del motor y sustituirse por un contenedor equivalente que incluya un soporte de catalizador inactivo.

2.5. Sistema de refrigeración

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

2.6 Aceite lubricante

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

2.7. Combustible

Deberá utilizarse el combustible de referencia especificado en los anexos 5, 6 o 7.

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

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

2.8. Ensayo de los sistemas de postratamiento del gas de escape

Si el motor incluye un sistema de postratamiento del gas de escape, las emisiones medidas en el ciclo o los ciclos de ensayo deberán ser representativas de las emisiones en condiciones de uso reales. Si ello no puede conseguirse con un solo ciclo de ensayo (por ejemplo, para filtros de partículas con regeneración periódica), deberán realizarse varios ciclos de ensayo y promediar o ponderar los resultados obtenidos. El fabricante del motor y el servicio técnico acordarán el procedimiento exacto basándose en criterios técnicos adecuados.

Anexo 4 – Apéndice 1

CICLOS DE ENSAYO ESC Y ELR

1. CONFIGURACIONES DEL MOTOR Y DEL DINAMÓMETRO

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\text{Régimen A} &= n_{lo} + 25 \% (n_{hi} - n_{lo}) \\ \text{Régimen B} &= n_{lo} + 50 \% (n_{hi} - n_{lo}) \\ \text{Régimen C} &= n_{lo} + 75 \% (n_{hi} - n_{lo})\end{aligned}$$

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

- a) Se miden puntos de ensayo adicionales durante la homologación de la potencia del motor, de conformidad con el Reglamento nº 24, para determinar con precisión el n_{hi} y el n_{lo} . La potencia máxima, n_{hi} y n_{lo} se determinan a partir de la curva de potencia, y los regímenes del motor A, B y C se calculan de acuerdo con las disposiciones anteriores.
- b) Se cartografía el motor a lo largo de toda la curva de carga, desde el régimen máximo sin carga hasta el régimen de ralentí, utilizando al menos cinco puntos de medición con intervalos de $1\,000\text{ min}^{-1}$ y puntos de medición dentro de un margen de $\pm 50\text{ min}^{-1}$ del régimen a la potencia máxima declarada. La potencia máxima, n_{hi} y n_{lo} se determinan a partir de esta curva gráfica, y los regímenes del motor A, B y C se calculan de acuerdo con las disposiciones anteriores.

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

1.2. Determinación de los reglajes del dinamómetro

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

$$s = P(n) * \frac{L}{100}$$

si el ensayo se efectúa en condiciones netas

$$s = P(n) * \frac{L}{100} + (P(a) - P(b))$$

si el ensayo no se efectúa en condiciones netas

donde:

s = reglaje del dinamómetro, en kW

P(n) = potencia neta del motor, indicada en el anexo 1, apéndice 1, punto 8.2, en kW

L = porcentaje de carga, tal como se indica en el punto 2.7.1

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

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

2. PERIODO DE ENSAYO ESC

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

2.1. Preparación de los filtros de muestreo

Al menos una hora antes del ensayo, cada filtro (o par de filtros) deberá introducirse en una caja de petri cerrada pero sin sellar y colocarse en una cámara de pesaje para su estabilización. Una vez concluido el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros (o par de filtros) y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro (o par de filtros) en una caja de petri cerrada o en un portafiltros sellado hasta que se necesite para el ensayo. Si el filtro (o par de filtros) no se utiliza en el plazo de ocho horas después de haberlo sacado de la cámara de pesaje, deberá volver a acondicionarse y pesarse antes de su utilización.

2.2. Instalación del equipo de medición

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

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

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán hasta que todas las temperaturas y presiones se hayan estabilizado a la potencia máxima, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas.

2.4. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha y se hará funcionar en derivación. El nivel de fondo de partículas del aire de dilución podrá determinarse haciendo pasar el aire de dilución por los filtros de partículas. Si se utiliza aire de dilución filtrado, podrá efectuarse una medición antes o después del ensayo. Si no se filtra el aire de dilución, se podrán efectuar 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 regulará de manera que la temperatura del gas de escape diluido, medida justo antes del filtro primario, no rebase 325 K (52 °C) en ninguna fase. La relación de dilución (q) no deberá ser inferior a 4.

Para los sistemas que utilicen la medición de la concentración de CO₂ o de NO_x para controlar la relación de dilución, es preciso medir el contenido de CO₂ o de NO_x en el aire de dilución al principio y al final de cada ensayo. Las mediciones de la concentración de fondo de CO₂ o NO_x en el aire de dilución efectuadas antes y después del ensayo deberán encontrarse dentro de un margen de 100 ppm o 5 ppm, respectivamente.

2.6. Comprobación de los analizadores

Los analizadores se pondrán a cero y se calibrarán con gas patrón.

2.7. Ciclo de ensayo

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

Número de fase	Régimen del motor	Porcentaje de carga	Factor de ponderación	Duración de la fase
1	ralentí	-	0,15	4 minutos
2	A	100	0,08	2 minutos
3	B	50	0,10	2 minutos
4	B	75	0,10	2 minutos
5	A	50	0,05	2 minutos
6	A	75	0,05	2 minutos
7	A	25	0,05	2 minutos
8	B	100	0,09	2 minutos
9	B	25	0,10	2 minutos
10	C	100	0,08	2 minutos
11	C	25	0,05	2 minutos
12	C	75	0,05	2 minutos
13	C	50	0,05	2 minutos

2.7.2. Secuencia de ensayo

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

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

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

2.7.3. Respuesta de los analizadores

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

2.7.4. Muestreo de partículas

Se utilizará un par de filtros (filtros primario y secundario; véase el apéndice 4 del anexo 4) durante todo el procedimiento de ensayo. Se tendrán en cuenta los factores de ponderación de las fases especificados en el procedimiento del ciclo de ensayo, tomando una muestra proporcional al flujo másico de escape durante cada fase individual del ciclo. Para ello es preciso ajustar el caudal, el tiempo de muestreo o la relación de dilución, de modo que se cumpla el criterio sobre los factores de ponderación efectivos que se menciona en el punto 5.6.

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

2.7.5. Condiciones del motor

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

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

2.7.6. Medición de los NO_x en la zona de control

La medición de los 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 dos minutos.

El procedimiento de medición es idéntico al de medición de los NO_x en el ciclo de 13 fases y deberá efectuarse de conformidad con los puntos 2.7.3, 2.7.5 y 4.1 del presente apéndice, y con el anexo 4, apéndice 4, apartado 3.

^{1/} Los puntos de ensayo deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de aleatorización aprobados.

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

2.7.7. Nueva verificación de los analizadores

Una vez finalizado el ensayo sobre las emisiones, se utilizará un gas cero y el mismo gas patrón para efectuar una nueva verificación. El ensayo se considerará aceptable si la diferencia entre los resultados previos y posteriores al ensayo es inferior a un 2 % del valor del gas patrón.

3. PERIODO DE ENSAYO ELR

3.1. Instalación del equipo de medición

El opacímetro y las sondas de muestreo, si procede, se instalarán después del silenciador o de cualquier dispositivo de postratamiento del gas 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 apartado 10 de la norma ISO 11614.

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

3.2. Verificación del opacímetro

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

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

3.3. Ciclo de ensayo

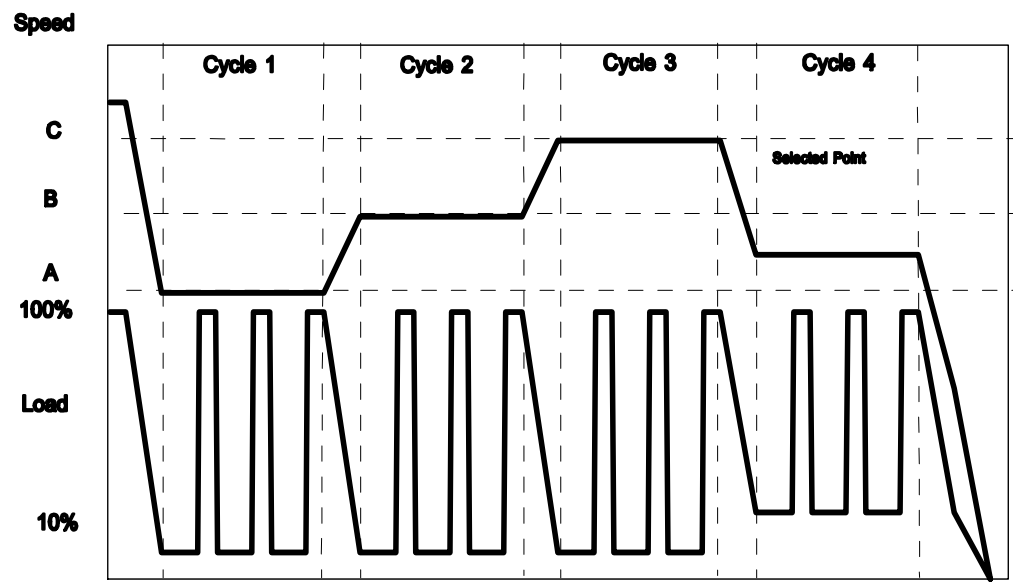
3.3.1. Acondicionamiento del motor

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

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

3.3.2. Secuencia de ensayo

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



Speed: régimen
 Cycle: ciclo
 Load: carga
 Selected point: punto seleccionado

Figura 3: Secuencia del ensayo ELR

- a) El motor se hará funcionar al régimen A con una carga del 10 % durante 20 ± 2 s. El régimen especificado deberá mantenerse dentro de un margen de $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ y el par especificado se mantendrá dentro de un margen ± 2 % del par máximo al régimen de ensayo.

^{1/} Los puntos de ensayo deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de aleatorización aprobados.

- b) Al final del segmento anterior, el mando de control del régimen se llevará rápidamente a la posición de apertura máxima y se mantendrá así durante 10 ± 1 s. Se aplicará la carga del dinamómetro necesaria para mantener el régimen del motor dentro de un margen de $\pm 150 \text{ min}^{-1}$ durante los primeros 3 s, y dentro de un margen de $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ durante el resto del segmento.
- c) La secuencia descrita en las letras a) y b) se repetirá dos veces.
- d) Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajustará al régimen B y a una carga del 10 % en el plazo de 20 ± 2 s.
- e) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen B.
- f) Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajustará al régimen C y a una carga del 10 % en el plazo de 20 ± 2 s.
- g) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen C.
- h) Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajustará al régimen seleccionado y a cualquier carga superior al 10 % en el plazo de 20 ± 2 s.
- i) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen seleccionado.

3.4. Validación del ciclo

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

3.5. Nueva verificación del opacímetro

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

4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

4.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las emisiones gaseosas, se promediarán los valores que indique el registrador gráfico en los treinta últimos segundos de cada fase, y las concentraciones (conc) medias de HC, CO y NO_x durante cada fase se determinarán a partir del promedio de los valores del registrador gráfico y los datos de calibración

correspondientes. Podrá utilizarse un tipo de registro distinto si garantiza una recogida de datos equivalente.

Para la medición de los NO_x en la zona de control, los requisitos anteriores se aplican únicamente a los NO_x.

El caudal de gas de escape G_{EXHW}, o el caudal de gas de escape diluido G_{TOTW}, si se utiliza como alternativa, se determinará de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 4, punto 2.3.

4.2. Corrección base seca / base húmeda

Si la concentración no se ha medido en base húmeda, se calculará en base húmeda mediante las fórmulas siguientes:

$$\text{conc}(\text{base húmeda}) = K_W * \text{conc}(\text{base seca})$$

Para el gas de escape bruto:

$$K_{W,r} = \left(1 - F_{FH} * \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - K_{W2}$$

y

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

Para el gas de escape diluido:

$$K_{W,e,1} = \left(1 - \frac{HTCRAT * CO_2 \% (wet)}{200} \right) - K_{W1}$$

o bien

$$K_{W,e,2} = \left(\frac{(1 - K_{W1})}{1 + \frac{HTCRAT * CO_2 \% (dry)}{200}} \right)$$

Para el aire de dilución:

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 * H_d}{1000 + (1,608 * H_d)}$$

Para el aire de admisión:
(si es diferente del aire de dilución)

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

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

$$H_d = \frac{6,220 * R_d * p_d}{p_B - p_d * R_d * 10^{-2}}$$

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

donde:

H_a, H_d = g de agua por kg de aire seco
 R_d, R_a = humedad relativa del aire de dilución/admisión, en %
 p_d, p_a = presión de vapor de saturación del aire de dilución/admisión, en kPa
 p_B = presión barométrica total, en kPa

4.3. Corrección de los NO_x en función de 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 humedad y la temperatura del aire ambiente mediante los factores de las fórmulas siguientes.

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A * (H_a - 10,71) + B * (T_a - 298)}$$

donde:

$A = 0,309 \text{ } G_{\text{FUEL}}/G_{\text{AIRD}} - 0,0266$
 $B = -0,209 \text{ } G_{\text{FUEL}}/G_{\text{AIRD}} + 0,00954$
 T_a = temperatura del aire, en K
 H_a = humedad del aire de admisión, en g de agua por kg de aire seco:

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

R_a = humedad relativa del aire de admisión, en %
 p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión, en kPa
 p_B = presión barométrica total, en kPa

4.4. Cálculo de los caudales máscos de las emisiones

Los caudales máscos de las emisiones (g/h) de cada fase se calcularán de la manera siguiente, suponiendo que el gas de escape tiene una densidad de 1,293 kg/m³ a 273 K (0°C) y 101,3 kPa:

- 1) $NO_{x \text{ mass}} = 0,001587 * NO_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{\text{EXHW}}$
- 2) $CO_{\text{mass}} = 0,000966 * CO_{\text{conc}} * G_{\text{EXHW}}$

$$3) \quad HC_{\text{mass}} = 0,000479 * HC_{\text{conc}} * G_{\text{EXHW}}$$

donde $NO_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} ^{1/} son las concentraciones medias (ppm) en el gas de escape bruto, como se indica en el punto 4.1.

En caso de que se haya optado por la alternativa de determinar las emisiones gaseosas con un sistema de dilución de flujo total, se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \quad NO_{x \text{ mass}} = 0,001587 * NO_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{\text{TOTW}}$$

$$2) \quad CO_{\text{mass}} = 0,000966 * CO_{\text{conc}} * G_{\text{TOTW}}$$

$$3) \quad HC_{\text{mass}} = 0,000479 * HC_{\text{conc}} * G_{\text{TOTW}}$$

donde $NO_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} ^{1/} son las concentraciones medias con corrección de fondo (ppm) de cada fase en el gas de escape diluido, tal como se indica en el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1.

4.5. Cálculo de las emisiones específicas

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

$$\overline{NO_x} = \frac{\sum NO_{x, \text{mass}} * WF_i}{\sum P(n)_i * WF_i}$$

$$\overline{CO} = \frac{\sum CO_{\text{mass}} * WF_i}{\sum P(n)_i * WF_i}$$

$$\overline{HC} = \frac{\sum HC_{\text{mass}} * WF_i}{\sum P(n)_i * WF_i}$$

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

4.6. Cálculo de los valores de control de la zona

Para los tres puntos de control seleccionados según lo dispuesto en el punto 2.7.6, la emisión de NO_x se medirá y calculará de conformidad con el punto 4.6.1, y se determinará también mediante interpolación a partir de las fases del ciclo de ensayo más cercanas al punto de control respectivo, de conformidad con el punto 4.6.2. A continuación, los valores medidos se compararán con los valores interpolados, de conformidad con el punto 4.6.3.

^{1/} Basadas en equivalente de C1.

4.6.1. 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:

$$\text{NO}_{x \text{ mass},Z} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc},Z} * K_{H,D} * G_{EXHW}$$

$$\text{NO}_{x,Z} = \text{NO}_{x \text{ mass},Z} / P(n)_Z$$

4.6.2. Determinación del valor de emisión a partir del ciclo de ensayo

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 ensayo que rodean el punto de control seleccionado Z, tal como se muestra en la figura 4. Para estas fases (R, S, T, U), se aplican las definiciones siguientes:

Régimen (R) = Régimen (T) = n_{RT}

Régimen (S) = Régimen (U) = n_{SU}

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

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

La emisión de NO_x del punto de control seleccionado Z se calculará de la manera siguiente:

$$E_Z = E_{RS} + (E_{TU} - E_{RS}) \cdot (M_Z - M_{RS}) / (M_{TU} - M_{RS})$$

y

$$E_{TU} = E_T + (E_U - E_T) \cdot (n_Z - n_{RT}) / (n_{SU} - n_{RT})$$

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

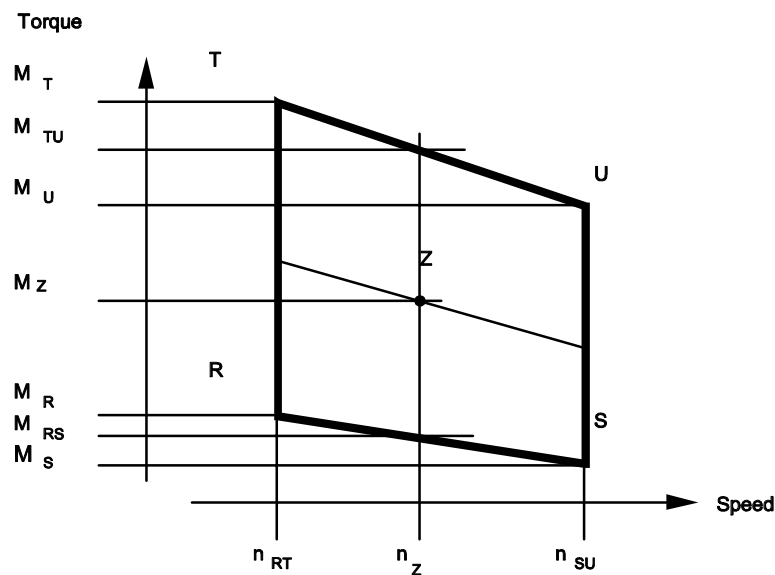
$$M_{TU} = M_T + (M_U - M_T) \cdot (n_Z - n_{RT}) / (n_{SU} - n_{RT})$$

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

donde:

E_R, E_S, E_T, E_U = emisión específica de NO_x de las fases que rodean el punto Z seleccionado, calculada según lo dispuesto en el punto 4.6.1.

M_R, M_S, M_T, M_U = par motor de las fases que rodean el punto de control Z



Torque: par
Speed: régimen

Figura 4: Interpolación del punto de control de los NO_x

4.6.3. Comparación de los valores de emisión de NO_x

La emisión 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:

$$NO_{x,diff} = 100 * (NO_{x,Z} - E_Z) / E_Z$$

5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS

5.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las partículas, en cada fase deberán registrarse las masas totales de las muestras (M_{SAM,i}) que pasan por los filtros.

Los filtros se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje y se acondicionarán durante al menos una hora, pero no más de ochenta horas, y a continuación se pesarán. Se registrará el peso bruto de los filtros y se restará la tara (véase el apartado 1 del presente apéndice). La masa de partículas M_f es la suma de las masas de partículas recogidas en el filtro primario y en los filtros secundarios.

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

5.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Los resultados de ensayo finales sobre la emisión de partículas que deben notificarse se determinarán siguiendo las etapas siguientes. Dado que pueden utilizarse varios tipos de control del índice de dilución, son aplicables distintos métodos de cálculo del G_{EDFW} . Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

5.2.1. Sistemas isocinéticos

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

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

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

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

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

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{conc_{E,i} - conc_{A,i}}{conc_{D,1} - conc_{A,1}}$$

donde:

$conc_E$ = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape bruto
 $conc_D$ = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape diluido
 $conc_A$ = concentración en base húmeda del gas trazador en el aire de dilución

Las concentraciones medidas en base seca deberán convertirse a base húmeda de acuerdo con el punto 4.2 del presente apéndice.

5.2.3. Sistemas con medición de CO_2 y método de equilibrio de carbono ^{1/}

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,5 - G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

donde:

^{1/} El valor sólo es válido para el combustible de referencia especificado en el Reglamento.

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

CO_{2A} = concentración de CO_2 en el aire de dilución
(concentraciones en % en volumen en base húmeda)

Esta ecuación se basa en la suposición de equilibrio de carbono (los átomos de carbono que recibe el motor se emiten como CO_2) y se determina de la manera siguiente:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{206,5 * G_{FUEL,i}}{G_{EXW,i} * (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

y

5.2.4. Sistemas con medición de caudal

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

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

5.3. Sistema de dilución de flujo total

Los resultados de ensayo sobre la emisión de partículas que deben notificarse se determinarán siguiendo las etapas indicadas a continuación. Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

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

5.4. Cálculo del caudal másico de partículas

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

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \overline{G_{EDFW}}$$

donde:

$$\overline{G_{EDFW}} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDFW,i} * WF_i$$

$$M_{SAM} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{SAM,i}$$

$i=1,\dots,n$

determinado durante el ciclo de ensayo mediante la suma de los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

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

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) * WF_i \right) \right) \right] * \frac{\overline{G_{EDFW}}}{1000}$$

Si se efectúa más de una medición, (M_d/M_{DIL}) se sustituirá por el valor medio de (M_d/M_{DIL}) .

$DF_i = 13,4 / (\text{conc CO}_2 + (\text{conc CO} + \text{conc HC}) * 10^{-4})$ para las fases individuales, o bien

$DF_i = 13,4 / \text{conc CO}_2$ para las fases individuales.

5.5. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de partículas se calculará de la manera siguiente:

$$\overline{PT} = \frac{PT_{mass}}{\sum P(n)_i * WF_i}$$

5.6. Factor de ponderación efectivo

El factor de ponderación efectivo $WF_{E,i}$ para cada fase se calculará de la manera siguiente:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} * \overline{G_{EDFW}}}{M_{SAM} * G_{EDFW,i}}$$

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

6. CÁLCULO DE LOS VALORES DEL HUMO

6.1. Algoritmo de Bessel

Se utilizará el algoritmo de Bessel para calcular los valores medios en un 1 s a partir de la lectura de los valores del humo instantáneos, convertidos de acuerdo con lo dispuesto 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, debe repetirse el punto 6.1.1 siempre que cambie el tiempo de respuesta del sistema y/o la frecuencia de muestreo.

6.1.1. Cálculo del tiempo de respuesta del filtro y de las constantes de Bessel

El tiempo de respuesta de Bessel (t_f) requerido es una función de los tiempos de respuesta física y eléctrica del sistema del opacímetro, tal como se especifica en el anexo 4, apéndice 4, punto 5.2.4, y debe calcularse mediante la ecuación siguiente:

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

donde:

t_p = tiempo de respuesta física, en segundos
 t_e = tiempo de respuesta eléctrica, en segundos

Los cálculos para estimar la frecuencia de corte del filtro (f_c) se basan en una entrada escalonada de 0 a 1 en $\leq 0,01$ s (véase el anexo 8). El tiempo de respuesta se define como el tiempo transcurrido desde que la respuesta de Bessel alcanza el 10 % (t_{10}) hasta que alcanza el 90 % (t_{90}) de esta función escalonada. Ello se obtiene iterando f_c hasta que $t_{90} - t_{10} \approx t_f$. La primera iteración de f_c se obtiene con la fórmula siguiente:

$$f_c = \pi / (10 * t_f)$$

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

$$E = \frac{1}{1 + \Omega * \sqrt{3 * D} + D * \Omega^2}$$

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

donde:

D = 0,618034
 Δt = 1 / frecuencia de muestreo
 Ω = 1 / [$\tan(\pi * \Delta t * f_c)$]

6.1.2. Cálculo del algoritmo de Bessel

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

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

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

$$|(t_{90} - t_{10}) - t_f| \leq 0,01 * t_f$$

6.2 Evaluación de los datos

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

6.3 Determinación del humo

6.3.1 Conversión de datos

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

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

$$y \quad N = 100 - \tau$$

donde:

k	=	coeficiente de absorción de luz, en m^{-1}
LA	=	longitud efectiva del camino óptico, especificada por el fabricante del instrumento, en m
N	=	opacidad, en %
τ	=	transmitancia, en %

La conversión deberá hacerse antes de procesar cualquier otro dato.

6.3.2 Cálculo del valor del humo promediado de Bessel

La frecuencia de corte adecuada f_c es la que produce el tiempo de respuesta requerido t_f del filtro. Una vez que se ha determinado esta frecuencia mediante el proceso iterativo descrito en el punto 6.1.1, se calcularán las constantes adecuadas E y K del algoritmo de Bessel. A continuación se aplicará el algoritmo de Bessel a la curva instantánea del humo (valor k), como se indica en el punto 6.1.2:

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

El algoritmo de Bessel es de naturaleza recursiva. Por lo tanto, son necesarios unos valores iniciales de entrada, S_{i-1} y S_{i-2} , y unos valores iniciales de salida, Y_{i-1} y Y_{i-2} , para poder iniciar el algoritmo. Puede considerarse que esos valores son cero.

Para cada fase de carga de los tres regímenes A, B y C, se seleccionará el valor máximo $Y_{\max}$ en 1 s a partir de los valores individuales Y_i de cada curva del humo.

6.3.3 Resultado final

Los valores del humo (SV) medios de cada ciclo (régimen de ensayo) se calcularán de la manera siguiente:

$$\text{Para el régimen de ensayo A: } SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A}) / 3$$

$$\text{Para el régimen de ensayo B: } SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B}) / 3$$

$$\text{Para el régimen de ensayo C: } SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C}) / 3$$

donde:

$Y_{\max 1}, Y_{\max 2}, Y_{\max 3}$ = valor del humo máximo promediado de Bessel en 1 s para cada una de las tres fases de carga

El valor final se calculará de la manera siguiente:

$$SV = (0,43 * SV_A) + (0,56 * SV_B) + (0,01 * SV_C)$$

Anexo 4 - Apéndice 2

CICLO DE ENSAYO ETC

1. CARTOGRAFÍA DEL MOTOR

1.1. Determinación de la gama de regímenes de cartografía

Para generar el ETC en la celda de ensayo, es preciso cartografiar el motor antes del ciclo de ensayo para determinar la curva del régimen en función del par. Los regímenes máximo y mínimo de la cartografía se definen de la manera siguiente:

Régimen mínimo de la cartografía = régimen de ralentí

Régimen máximo de la cartografía = $n_{hi} * 1,02$ o, si es inferior, el régimen al que el par a plena carga cae a cero.

1.2. Cartografía de la potencia del motor

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

El motor se hará funcionar sin carga al ralentí.

El motor se hará funcionar a plena carga de la bomba de inyección y al régimen mínimo de la cartografía. El régimen del motor deberá aumentarse a un ritmo medio de $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ desde el régimen mínimo hasta el régimen máximo de la cartografía. Los puntos del régimen y del par deberán registrarse con una frecuencia de muestreo de al menos un punto por segundo.

1.3. Establecimiento de la curva gráfica

Todos los puntos de datos registrados de conformidad con el punto 1.2 se conectarán mediante interpolación lineal entre puntos. La curva de par resultante es la curva gráfica que deberá utilizarse para convertir los valores de par normalizados del ciclo del motor en valores de par efectivos para el ciclo de ensayo, tal como se describe en el apartado 2.

1.4. Cartografía alternativa

Si un fabricante considera que las técnicas cartográficas anteriores no son seguras o no son representativas de un motor concreto, podrán utilizarse técnicas cartográficas alternativas. Estas técnicas alternativas deberán satisfacer el mismo objetivo que los procedimientos cartográficos destinados a determinar el par máximo disponible a todos los regímenes alcanzados durante los ciclos de ensayo. Las desviaciones respecto a las técnicas cartográficas especificadas en el presente punto por motivos de seguridad o de

representatividad deberán estar autorizadas por el Servicio técnico, y deberá justificarse su uso. No obstante, en ningún caso se utilizarán barridos continuos descendentes del régimen del motor en el caso de motores regulados o turboalimentados.

1.5. Repetición de los ensayos

No es preciso cartografiar un motor antes de cada ciclo de ensayo. Un motor debe volverse a cartografiar antes de un ciclo de ensayo si:

- según los técnicos, ha transcurrido excesivo tiempo desde el último análisis gráfico, o bien
- se han efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en su rendimiento.

2. GENERACIÓN DEL CICLO DE ENSAYO DE REFERENCIA

El ciclo de ensayo de transición se describe en el apéndice 3 del presente anexo. Los valores normalizados de par y de régimen deberán cambiarse, como se explica a continuación, por los valores efectivos que se obtengan en el ciclo de referencia.

2.1. Régimen efectivo

El régimen se desnormalizará mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Régimen efectivo} = \frac{\% \text{ régimen (régimen de referencia - régimen de ralentí)}}{100} + \text{régimen de ralentí}$$

El régimen de referencia (n_{ref}) corresponde a los valores del régimen al 100 % especificados en el programa dinamométrico del motor del apéndice 3. Se define de la manera siguiente (véase la figura 1 del Reglamento):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{lo}} + 95 \% * (n_{\text{hi}} - n_{\text{lo}})$$

donde n_{hi} y n_{lo} se especifican de conformidad con el Reglamento, apartado 2, o se determinan con arreglo al anexo 4, apéndice 1, punto 1.1.

2.2. Par efectivo

El par está normalizado con el par máximo al régimen respectivo. Los valores del par del ciclo de referencia se desnormalizarán mediante la curva gráfica determinada según lo dispuesto en el punto 1.3, de la manera siguiente:

$$Par_{\text{efectivo}} = \frac{\% de par * par_{\text{máx.}}}{100}$$

para el respectivo régimen efectivo determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 2.1.

Los valores de par negativos de los puntos motrices («m») integrarán, a efectos de la generación del ciclo de referencia, los valores desnormalizados determinados de una de las maneras siguientes:

- 40 % negativo del par positivo disponible en el punto de régimen correspondiente;
- cartografía del par negativo necesario para que el motor pase del régimen mínimo al régimen máximo de la cartografía,
- determinación del par negativo necesario para mantener el motor al ralentí y a los regímenes de referencia, e interpolación lineal entre esos dos puntos.

2.3. Ejemplo del procedimiento de desnormalización

A modo de ejemplo, se desnormalizará el punto de ensayo siguiente:

% régimen = 43

% par = 82

Teniendo en cuenta los valores siguientes:

régimen de referencia = $2\,200\text{ min}^{-1}$

régimen de ralentí = 600 min^{-1}

se obtiene:

$$\text{régimen efectivo} = \frac{43 * (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288\text{ min}^{-1}$$

$$\text{par efectivo} = \frac{82 * 700}{100} = 574\text{ Nm}$$

donde el par máximo observado a partir de la curva gráfica a $1\,288\text{ min}^{-1}$ es de 700 Nm.

3. PERIODO DE ENSAYO SOBRE EMISIONES

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

Los motores alimentados con GN y GLP deberán rodarse mediante el ensayo ETC. El motor deberá funcionar durante un mínimo de dos ciclos ETC, hasta que la emisión de

CO medida durante un ciclo ETC no supere en más de un 10 % la emisión de CO medida durante el ciclo ETC anterior.

3.1. Preparación de los filtros de muestreo (si procede)

Al menos una hora antes del ensayo, cada filtro (o par de filtros) deberá introducirse en una caja de petri cerrada pero sin sellar y colocarse en una cámara de pesaje para su estabilización. Una vez concluido el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros (o par de filtros) y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro (o par de filtros) en una caja de petri cerrada o en un portafiltros sellado hasta que se necesite para el ensayo. Si el filtro (o par de filtros) no se utiliza en el plazo de ocho horas después de haberlo sacado de la cámara de pesaje, deberá volver a acondicionarse y a pesarse antes de su utilización.

3.2. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las prescripciones. El tubo de escape se conectará al sistema de dilución de flujo total.

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 (si procede)

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

3.5. Ajuste del sistema de dilución de flujo total

El flujo total de gas de escape diluido se configurará de manera que se elimine la condensación de agua en el sistema y se obtenga una temperatura máxima de 325 K (52 °C) en la cara del filtro (véase el anexo 4, apéndice 6, punto 2.3.1, DT).

3.6. Comprobación de los analizadores

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

3.7. Procedimiento de puesta en marcha del motor

El motor estabilizado se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque de producción o el dinamómetro. También se puede optar por iniciar el ensayo directamente desde la fase de preconditionamiento sin parar el motor cuando éste haya alcanzado el régimen de ralentí.

3.8. Ciclo de ensayo

3.8.1. Secuencia de ensayo

Se iniciará la secuencia de ensayo cuando el motor haya alcanzado el régimen de ralentí. El ensayo deberá realizarse de conformidad con el ciclo de referencia establecido en el apartado 2 del presente apéndice. Los puntos de mando del régimen y del par se emitirán con una frecuencia de 5 Hz o más (se recomienda 10 Hz). Los valores de retorno del régimen y del par del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo, y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

3.8.2. Respuesta del analizador

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preconditionamiento, se pondrá en marcha el equipo de medición y simultáneamente:

- se empezará a recoger o analizar el aire de dilución;
- se empezará a recoger o analizar el gas de escape diluido;
- se empezarán a medir la cantidad de gas de escape diluido (CVS) y las temperaturas y presiones requeridas;
- se empezarán a registrar los datos de retorno del régimen y del par del dinamómetro.

Se medirán de manera continua los niveles de HC y NO_x en el túnel de dilución con una frecuencia de 2 Hz. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de ensayo. El tiempo de respuesta del sistema no deberá superar 20 s, y estará coordinado con las fluctuaciones de caudal del CVS y con las desviaciones del tiempo de muestreo / ciclo de ensayo, si es preciso. Los niveles de CO, CO₂, NMHC y CH₄ se determinarán mediante integración o análisis de las concentraciones obtenidas en la bolsa de muestreo durante el ciclo. Las concentraciones de contaminantes gaseosos en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. Todos los demás valores se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

3.8.3. Muestreo de partículas (si procede)

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preconditionamiento, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si no se aplica una compensación de caudal, la(s) bomba(s) de muestreo se ajustará(n) de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen de $\pm 5 \%$ del caudal establecido. Si se aplica una compensación del caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de $\pm 5 \%$ respecto a su valor establecido (excepto durante los primeros diez segundos de muestreo).

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

Se registrarán la temperatura y la presión medias en la entrada del (de los) caudalímetro(s) de gas o de los instrumentos del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (dentro de un margen de $\pm 5 \%$) debido a la elevada carga de partículas del filtro, el ensayo deberá invalidarse y repetirse con un caudal menor y/o un filtro de un diámetro mayor.

3.8.4. Parada del motor

Si el motor se para en algún momento del ciclo de ensayo, deberá preconditionarse y arrancarse de nuevo, y deberá repetirse el ensayo. Si durante el ciclo de ensayo se produce un fallo en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo.

3.8.5. Operaciones después del ensayo

Una vez finalizado el ensayo, se detendrán la medición del volumen del gas de escape diluido, el flujo de gas hacia el interior de las bolsas de muestreo y la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis integrador, el muestreo deberá continuar hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

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

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

Para motores diésel exclusivamente, los filtros de partículas se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje en el plazo de una hora tras finalizar el ensayo, y se acondicionarán en una caja de petri cerrada pero sin sellar durante al menos una hora, pero no más de ochenta horas, antes del pesaje.

3.9. Verificación del periodo de ensayo

3.9.1. Desplazamiento de datos

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

3.9.2. Cálculo del trabajo del ciclo

El trabajo efectivo del ciclo W_{act} (kWh) se calculará utilizando todos los pares de valores de retorno del régimen y del par registrados. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores de retorno, en caso de que se elija esta opción. El trabajo efectivo del ciclo W_{act} se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia W_{ref} y calcular las emisiones específicas del freno (véanse los puntos 4.4 y 5.2). Se utilizará la misma metodología para integrar tanto la potencia de referencia como la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar valores situados entre los valores adyacentes de referencia o los valores adyacentes medidos, se empleará la interpolación lineal.

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

W_{act} deberá estar situado entre -15 % y + 5 % de W_{ref} .

3.9.3. Estadísticas de validación del ciclo de ensayo

Se efectuarán regresiones lineales de los valores de retorno sobre los valores de referencia para el régimen, el par y la potencia. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores de retorno, en caso de que se elija esta opción. Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación más adecuada tendrá la forma siguiente:

$$y = mx + b$$

donde:

y = valor (efectivo) de retorno del régimen (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 Y

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SE) de Y sobre X y el coeficiente de determinación (r^2).

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hz. Todos los valores de referencia del par negativos y los valores de retorno correspondientes deberán eliminarse del cálculo de las estadísticas de validación del par y de la potencia del ciclo. Para que un ensayo pueda considerarse válido, deberán cumplirse los criterios del cuadro 6.

Cuadro 6: 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 de la carta gráfica de la potencia	máx. 8 % (15 %) de la potencia máxima del motor de la carta gráfica de la 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)
Coefficiente de determinación, r ²	mín. 0,9700 (mín. 0,9500)	mín. 0,8800 (mín. 0,7500)	mín. 0,9100 (mín. 0,7500)
Intersección de la línea de regresión b con el eje Y	± 50 min ⁻¹	± 20 Nm o ± 2 % (± 20 Nm o ± 3 %) del par máximo, lo que sea superior	± 4 kW o ± 2 % (± 4 kW o ± 3 %) de la potencia máxima, lo que sea superior

Hasta el 1 de octubre de 2005, pueden utilizarse los valores indicados entre paréntesis para el ensayo de homologación de los motores de gas.

Cuadro 7: Puntos que pueden borrarse del análisis de regresión

Condición	Puntos que pueden borrarse
Plena carga y valor de retorno del par ≠ referencia del par	Par y/o potencia
Sin carga, régimen distinto del ralentí y valor de retorno del par > valor de referencia del par	Par y/o potencia
Sin carga / válvula cerrada, punto de ralentí y régimen > régimen de ralentí de referencia	Régimen y/o potencia

4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

4.1. Determinación del caudal del gas de escape diluido

El flujo total de gas de escape diluido durante el ciclo (kg/ensayo) se calculará a partir de los valores medidos durante el ciclo y de los correspondientes datos de calibración del caudalímetro (V_0 para la PDP o bien K_V para el CFV, tal como se especifican en el anexo 4, apéndice 5, apartado 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, véase el anexo 4, apéndice 6, punto 2.3).

Para el sistema PDP-CVS:

$$M_{TOTW} = 1,293 * V_0 * N_p * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 * T)$$

donde:

M_{TOTW} = masa del gas de escape diluido en base húmeda durante el ciclo, en kg
 V_0 = volumen del gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo, en m³/rev.
 N_p = número total de revoluciones de la bomba por ensayo
 p_B = presión atmosférica en la celda de ensayo, en kPa
 p_1 = caída de la presión por debajo de la atmosférica en la entrada de la bomba, en kPa
 T = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba durante el ciclo, en K

Para el sistema CFV-CVS:

$$M_{TOTW} = 1,293 * t * K_v * p_A / T^{0,5}$$

donde:

M_{TOTW} = masa del gas de escape diluido en base húmeda durante el ciclo, en kg
 t = duración del ciclo, en s
 K_v = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar
 p_A = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa
 T = temperatura absoluta en la entrada del venturi, en K.

Si se utiliza un sistema con compensación de caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones másicas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En ese caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente.

Para el sistema PDP-CVS:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * V_0 * N_{p,i} * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 * T)$$

donde:

$M_{TOTW,i}$ = masa instantánea del gas de escape diluido en base húmeda, en kg
 $N_{p,i}$ = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

Para el sistema CFV-CVS:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * \Delta t_i * K_v * p_A / T^{0,5}$$

donde:

$M_{TOTW,i}$ = masa instantánea del gas de escape diluido en base húmeda, en kg
 Δt_i = intervalo de tiempo, en s

Si la masa total de partículas (M_{SAM}) y de contaminantes gaseosos de la muestra supera el 0,5 % del caudal total del CVS (M_{TOTW}), el caudal del CVS se corregirá en función de la M_{SAM} o el caudal de muestreo de partículas deberá volver al CVS antes de pasar por el caudalímetro (PDP o CFV).

4.2. Corrección de NO_x en función de la humedad

Como la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de NO_x se corregirá en función de la humedad del aire ambiente, con los factores indicados en las siguientes fórmulas.

a) para los motores diésel:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 * (H_a - 10,71)}$$

b) para los motores de gas:

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 * (H_a - 10,71)}$$

donde:

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

y

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

R_a = humedad relativa del aire de admisión, en %

p_a = presión de vapor de saturación del aire de admisión, en kPa

p_B = presión barométrica total, en kPa.

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/ensayo) se determinará mediante las ecuaciones siguientes:

$$1) NO_x \text{ mass} = 0,001587 \cdot NO_x \text{ conc} \cdot K_{H,D} \cdot M_{TOTW} \quad (\text{motores diésel})$$

- 2) NO_x mass = $0,001587 \cdot \text{NO}_x \text{ conc} \cdot K_{H,G} \cdot M_{\text{TOTW}}$ (motores de gas)
- 3) CO mass = $0,000966 \cdot \text{CO conc} \cdot M_{\text{TOTW}}$
- 4) HC mass = $0,000479 \cdot \text{HC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores diésel)
- 5) HC mass = $0,000502 \cdot \text{HC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores alimentados con GLP)
- 6) HC mass = $0,000552 \cdot \text{HC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores alimentados con GN)
- 7) NMHC mass = $0,000479 \cdot \text{NMHC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores diésel)
- 8) NMHC mass = $0,000502 \cdot \text{NMHC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores alimentados con GLP)
- 9) NMHC mass = $0,000516 \cdot \text{NMHC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores alimentados con GN)
- 10) CH₄ mass = $0,000552 \cdot \text{CH}_4 \text{ conc} \cdot M_{\text{TOTW}}$ (motores alimentados con GN)

donde:

NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc} ^{4/}, NMHC_{conc}, CH_{4 conc} = concentraciones medias con corrección de fondo a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatoria para NO_x y HC) o medición con bolsas, en ppm

M_{TOTW} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, tal como se determina en el punto 4.1, en kg

K_{H,D} = factor de corrección en función de la humedad para motores diésel, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

K_{H,G} = factor de corrección en función de la humedad para motores de gas, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

Las concentraciones medidas en base seca se convertirán a base húmeda de conformidad con el anexo 4, apéndice 1, punto 4.2.

^{4/} Basada en equivalente de C1.

La determinación de $\text{NMHC}_{\text{conc}}$ y $\text{CH}_{4\text{ conc}}$ depende del método utilizado (véase el anexo 4, apéndice 4, punto 3.3.4). Ambas concentraciones deberán determinarse del modo siguiente, en el que CH_4 se sustrae de HC para determinar $\text{NMHC}_{\text{conc}}$:

a) método GC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \text{HC}_{\text{conc}} - \text{CH}_{4\text{ conc}}$$

$$\text{CH}_{4\text{ conc}} = \text{según lo medido}$$

b) método NMC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \frac{\text{HC}(\text{sin separador}) \cdot (1 - \text{CE}_M) - \text{HC}(\text{con separador})}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

$$\text{CH}_{4,\text{conc}} = \frac{\text{HC}(\text{con separador}) - \text{HC}(\text{sin separador}) \cdot (1 - \text{CE}_E)}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

donde:

HC (con separador) = concentración de HC con el gas de muestreo pasando a través del NMC

HC (sin separador) = concentración de HC con el gas de muestreo en derivación, sin pasar por el NMC

CE_M = eficacia del metano, determinada según lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.4.1.

CE_E = eficacia del etano, determinada según lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.4.2.

4.3.1.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

La concentración media de fondo de los contaminantes gaseosos en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente:

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

donde:

conc = concentración del contaminante respectivo en el gas de escape diluido, corregida por la cantidad del contaminante respectivo en el aire de dilución, en ppm

conc_e = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm

conc_d = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm

DF = factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$DF = \frac{F_s}{CO_{2,conc} + (HC_{conc} + CO_{conc}) \cdot 10^{-4}}$$

donde:

CO_{2,conc} = concentración de CO₂ en el gas de escape diluido, en % en volumen

HC_{conc} = concentración de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1

CO_{conc} = concentración de CO en el gas de escape diluido, en ppm

F_s = factor estequiométrico

Las concentraciones medidas en base seca se convertirán a base húmeda de conformidad con el anexo 4, apéndice 1, punto 4.2.

El factor estequiométrico se calculará de la manera siguiente:

$$F_s = 100 \cdot \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3,76 \cdot \left(x + \frac{y}{4}\right)}$$

donde:

x,y = C_xH_y de la composición de combustible.

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

4.3.2. Sistemas con compensación del caudal

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará calculando las emisiones máxicas instantáneas e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de la concentración instantánea. Se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \text{NO}_{x\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NOx}_{\text{conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NOx}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}})$$

(motores diésel)

$$2) \text{NO}_{x\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NOx}_{\text{conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NOx}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}})$$

(motores de gas)

$$3) \text{CO}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CO}_{\text{conce},i} \times 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CO}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000966)$$

$$4) \text{HC}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motores diésel)

$$5) \text{HC}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motores de GLP)

$$6) \text{HC}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motores de GN)

$$7) \text{NMHC}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motores diésel)

$$8) \text{NMHC}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motores de GLP)

$$9) \text{NMHC}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} \times NMHC_{conce,i} \times 0,000516) - (M_{TOTW} \times NMHC_{concd} \times (1 - 1/DF) \times 0,000516)$$

(motores de GN)

10) $CH_4_{mass} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} \times CH_4_{conce,i} \times 0,000552) - (M_{TOTW} \times CH_4_{concd} \times (1 - 1/DF) \times 0,000552)$$

(motores de GN)

donde:

$conc_e$ = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm

$conc_d$ = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm

$M_{TOTW,i}$ = masa instantánea del gas de escape diluido (véase el punto 4.1), en kg

M_{TOTW} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo (véase el punto 4.1), en kg

$K_{H,D}$ = factor de corrección en función de la humedad para motores diésel, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

$K_{H,G}$ = factor de corrección en función de la humedad para motores de gas, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

DF = factor de dilución, tal como se determina en el punto 4.3.1.1

4.4. Cálculo de las emisiones específicas

Se calcularán las emisiones (g/kWh) de los componentes individuales, tal como se establece en los puntos 5.2.1 y 5.2.2 en función de la tecnología respectiva del motor, de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \overline{NO_x} &= NO_{x_{mass}} / W_{act} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{CO} &= CO_{mass} / W_{act} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{HC} &= HC_{mass} / W_{act} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{NMHC} &= NMHC_{mass} / W_{act} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{CH_4} &= CH_{4_{mass}} / W_{act} && \text{(motores de gas alimentados con GN)} \end{aligned}$$

donde:

W_{act} = trabajo del ciclo efectivo, tal como se establece en el punto 3.9.2, en kWh.

5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS (SI PROCEDE)

5.1. Cálculo del caudal másico

La masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

donde:

M_f = masa de las partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

M_{TOTW} = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, tal como se determina en el punto 4.1, en kg

M_{SAM} = masa del gas de escape diluido tomado en el túnel de dilución para la recogida de partículas, en kg

y

$M_f = M_{f,p} + M_{f,b}$, si se pesan por separado, en mg

$M_{f,p}$ = masa de las partículas recogidas en el filtro primario, en mg

$M_{f,b}$ = masa de las partículas recogidas en el filtro secundario, en mg

Si se utiliza un sistema de doble dilución, la masa de aire de dilución secundario deberá restarse de la masa total de gas de escape doblemente diluido que ha pasado por los filtros de partículas.

$$M_{SAM} = M_{TOT} - M_{SEC}$$

donde:

M_{TOT} = masa del gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas, en kg

M_{SEC} = masa del aire de dilución secundario, en kg

Si el nivel de fondo de partículas del aire de dilución se determina de conformidad con

el punto 3.4, se podrá aplicar la corrección de fondo a la masa de partículas. En ese caso, la masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$PT_{\text{mass}} = \left[\frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left(\frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} * \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] * \frac{M_{\text{TOTW}}}{1000}$$

donde:

$M_f, M_{\text{SAM}}, M_{\text{TOTW}}$	=	véase anteriormente
M_{DIL}	=	masas del aire de dilución principal sometido al muestreador de partículas de fondo, en kg
M_d	=	masa de las partículas de fondo recogidas en el aire de dilución principal, en mg
DF	=	factor de dilución, tal como se determina en el punto 4.3.1.1

5.2. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de partículas (g/kWh) se calculará de la manera siguiente:

$$\overline{PT} = PT_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

donde:

W_{act} = trabajo del ciclo efectivo, tal como se establece en el punto 3.9.2, en kWh.

Anexo 4 - Apéndice 3
PROGRAMA DINAMOMÉTRICO DEL MOTOR DURANTE EL ETC

Tiempo	Régime	Par	Tiempo	Régime	Par	Tiempo	Régime	Par
s	norm. %	norm. %	s	norm. %	norm. %	s	norm. %	norm. %
1	0	0	52	0	0	103	0	0
2	0	0	53	0	0	104	0	0
3	0	0	54	0	0	105	0	0
4	0	0	55	0	0	106	0	0
5	0	0	56	0	0	107	0	0
6	0	0	57	0	0	108	11.6	14.8
7	0	0	58	0	0	109	0	0
8	0	0	59	0	0	110	27.2	74.8
9	0	0	60	0	0	111	17	76.9
10	0	0	61	0	0	112	36	78
11	0	0	62	25.5	11.1	113	59.7	86
12	0	0	63	28.5	20.9	114	80.8	17.9
13	0	0	64	32	73.9	115	49.7	0
14	0	0	65	4	82.3	116	65.6	86
15	0	0	66	34.5	80.4	117	78.6	72.2
16	0.1	1.5	67	64.1	86	118	64.9	«m»
17	23.1	21.5	68	58	0	119	44.3	«m»
18	12.6	28.5	69	50.3	83.4	120	51.4	83.4
19	21.8	71	70	66.4	99.1	121	58.1	97
20	19.7	76.8	71	81.4	99.6	122	69.3	99.3
21	54.6	80.9	72	88.7	73.4	123	72	20.8
22	71.3	4.9	73	52.5	0	124	72.1	«m»
23	55.9	18.1	74	46.4	58.5	125	65.3	«m»
24	72	85.4	75	48.6	90.9	126	64	«m»
25	86.7	61.8	76	55.2	99.4	127	59.7	«m»
26	51.7	0	77	62.3	99	128	52.8	«m»
27	53.4	48.9	78	68.4	91.5	129	45.9	«m»
28	34.2	87.6	79	74.5	73.7	130	38.7	«m»
29	45.5	92.7	80	38	0	131	32.4	«m»
30	54.6	99.5	81	41.8	89.6	132	27	«m»
31	64.5	96.8	82	47.1	99.2	133	21.7	«m»
32	71.7	85.4	83	52.5	99.8	134	19.1	0.4
33	79.4	54.8	84	56.9	80.8	135	34.7	14
34	89.7	99.4	85	58.3	11.8	136	16.4	48.6
35	57.4	0	86	56.2	«m»	137	0	11.2
36	59.7	30.6	87	52	«m»	138	1.2	2.1
37	90.1	«m»	88	43.3	«m»	139	30.1	19.3
38	82.9	«m»	89	36.1	«m»	140	30	73.9
39	51.3	«m»	90	27.6	«m»	141	54.4	74.4
40	28.5	«m»	91	21.1	«m»	142	77.2	55.6
41	29.3	«m»	92	8	0	143	58.1	0
42	26.7	«m»	93	0	0	144	45	82.1
43	20.4	«m»	94	0	0	145	68.7	98.1
44	14.1	0	95	0	0	146	85.7	67.2
45	6.5	0	96	0	0	147	60.2	0
46	0	0	97	0	0	148	59.4	98
47	0	0	98	0	0	149	72.7	99.6
48	0	0	99	0	0	150	79.9	45
49	0	0	100	0	0	151	44.3	0
50	0	0	101	0	0	152	41.5	84.4
51	0	0	102	0	0	153	56.2	98.2

Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %
s			s			s		
154	65.7	99.1	205	0	0	256	51.7	17
155	74.4	84.7	206	0	0	257	56.2	78.7
156	54.4	0	207	0	0	258	59.5	94.7
157	47.9	89.7	208	0	0	259	65.5	99.1
158	54.5	99.5	209	0	0	260	71.2	99.5
159	62.7	96.8	210	0	0	261	76.6	99.9
160	62.3	0	211	0	0	262	79	0
161	46.2	54.2	212	0	0	263	52.9	97.5
162	44.3	83.2	213	0	0	264	53.1	99.7
163	48.2	13.3	214	0	0	265	59	99.1
164	51	«m»	215	0	0	266	62.2	99
165	50	«m»	216	0	0	267	65	99.1
166	49.2	«m»	217	0	0	268	69	83.1
167	49.3	«m»	218	0	0	269	69.9	28.4
168	49.9	«m»	219	0	0	270	70.6	12.5
169	51.6	«m»	220	0	0	271	68.9	8.4
170	49.7	«m»	221	0	0	272	69.8	9.1
171	48.5	«m»	222	0	0	273	69.6	7
172	50.3	72.5	223	0	0	274	65.7	«m»
173	51.1	84.5	224	0	0	275	67.1	«m»
174	54.6	64.8	225	21.2	62.7	276	66.7	«m»
175	56.6	76.5	226	30.8	75.1	277	65.6	«m»
176	58	«m»	227	5.9	82.7	278	64.5	«m»
177	53.6	«m»	228	34.6	80.3	279	62.9	«m»
178	40.8	«m»	229	59.9	87	280	59.3	«m»
179	32.9	«m»	230	84.3	86.2	281	54.1	«m»
180	26.3	«m»	231	68.7	«m»	282	51.3	«m»
181	20.9	«m»	232	43.6	«m»	283	47.9	«m»
182	10	0	233	41.5	85.4	284	43.6	«m»
183	0	0	234	49.9	94.3	285	39.4	«m»
184	0	0	235	60.8	99	286	34.7	«m»
185	0	0	236	70.2	99.4	287	29.8	«m»
186	0	0	237	81.1	92.4	288	20.9	73.4
187	0	0	238	49.2	0	289	36.9	«m»
188	0	0	239	56	86.2	290	35.5	«m»
189	0	0	240	56.2	99.3	291	20.9	«m»
190	0	0	241	61.7	99	292	49.7	11.9
191	0	0	242	69.2	99.3	293	42.5	«m»
192	0	0	243	74.1	99.8	294	32	«m»
193	0	0	244	72.4	8.4	295	23.6	«m»
194	0	0	245	71.3	0	296	19.1	0
195	0	0	246	71.2	9.1	297	15.7	73.5
196	0	0	247	67.1	«m»	298	25.1	76.8
197	0	0	248	65.5	«m»	299	34.5	81.4
198	0	0	249	64.4	«m»	300	44.1	87.4
199	0	0	250	62.9	25.6	301	52.8	98.6
200	0	0	251	62.2	35.6	302	63.6	99
201	0	0	252	62.9	24.4	303	73.6	99.7
202	0	0	253	58.8	«m»	304	62.2	«m»
203	0	0	254	56.9	«m»	305	29.2	«m»
204	0	0	255	54.5	«m»	306	46.4	22

Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par
s	norm.	norm.	s	norm.	norm.	s	norm.	norm.
	%	%		%	%		%	%
307	47.3	13.8	358	72.6	99.6	409	56.3	72.3
308	47.2	12.5	359	82.4	99.5	410	59.7	99.1
309	47.9	11.5	360	88	99.4	411	62.3	99
310	47.8	35.5	361	46.4	0	412	67.9	99.2
311	49.2	83.3	362	53.4	95.2	413	69.5	99.3
312	52.7	96.4	363	58.4	99.2	414	73.1	99.7
313	57.4	99.2	364	61.5	99	415	77.7	99.8
314	61.8	99	365	64.8	99	416	79.7	99.7
315	66.4	60.9	366	68.1	99.2	417	82.5	99.5
316	65.8	«m»	367	73.4	99.7	418	85.3	99.4
317	59	«m»	368	73.3	29.8	419	86.6	99.4
318	50.7	«m»	369	73.5	14.6	420	89.4	99.4
319	41.8	«m»	370	68.3	0	421	62.2	0
320	34.7	«m»	371	45.4	49.9	422	52.7	96.4
321	28.7	«m»	372	47.2	75.7	423	50.2	99.8
322	25.2	«m»	373	44.5	9	424	49.3	99.6
323	43	24.8	374	47.8	10.3	425	52.2	99.8
324	38.7	0	375	46.8	15.9	426	51.3	100
325	48.1	31.9	376	46.9	12.7	427	51.3	100
326	40.3	61	377	46.8	8.9	428	51.1	100
327	42.4	52.1	378	46.1	6.2	429	51.1	100
328	46.4	47.7	379	46.1	«m»	430	51.8	99.9
329	46.9	30.7	380	45.5	«m»	431	51.3	100
330	46.1	23.1	381	44.7	«m»	432	51.1	100
331	45.7	23.2	382	43.8	«m»	433	51.3	100
332	45.5	31.9	383	41	«m»	434	52.3	99.8
333	46.4	73.6	384	41.1	6.4	435	52.9	99.7
334	51.3	60.7	385	38	6.3	436	53.8	99.6
335	51.3	51.1	386	35.9	0.3	437	51.7	99.9
336	53.2	46.8	387	33.5	0	438	53.5	99.6
337	53.9	50	388	53.1	48.9	439	52	99.8
338	53.4	52.1	389	48.3	«m»	440	51.7	99.9
339	53.8	45.7	390	49.9	«m»	441	53.2	99.7
340	50.6	22.1	391	48	«m»	442	54.2	99.5
341	47.8	26	392	45.3	«m»	443	55.2	99.4
342	41.6	17.8	393	41.6	3.1	444	53.8	99.6
343	38.7	29.8	394	44.3	79	445	53.1	99.7
344	35.9	71.6	395	44.3	89.5	446	55	99.4
345	34.6	47.3	396	43.4	98.8	447	57	99.2
346	34.8	80.3	397	44.3	98.9	448	61.5	99
347	35.9	87.2	398	43	98.8	449	59.4	5.7
348	38.8	90.8	399	42.2	98.8	450	59	0
349	41.5	94.7	400	42.7	98.8	451	57.3	59.8
350	47.1	99.2	401	45	99	452	64.1	99
351	53.1	99.7	402	43.6	98.9	453	70.9	90.5
352	46.4	0	403	42.2	98.8	454	58	0
353	42.5	0.7	404	44.8	99	455	41.5	59.8
354	43.6	58.6	405	43.4	98.8	456	44.1	92.6
355	47.1	87.5	406	45	99	457	46.8	99.2
356	54.1	99.5	407	42.2	54.3	458	47.2	99.3
357	62.9	99	408	61.2	31.9	459	51	100

Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %
s			s			s		
460	53.2	99.7	511	0	0	562	58.7	«m»
461	53.1	99.7	512	0	0	563	56	«m»
462	55.9	53.1	513	0	0	564	53.9	«m»
463	53.9	13.9	514	30.5	25.6	565	52.1	«m»
464	52.5	«m»	515	19.7	56.9	566	49.9	«m»
465	51.7	«m»	516	16.3	45.1	567	46.4	«m»
466	51.5	52.2	517	27.2	4.6	568	43.6	«m»
467	52.8	80	518	21.7	1.3	569	40.8	«m»
468	54.9	95	519	29.7	28.6	570	37.5	«m»
469	57.3	99.2	520	36.6	73.7	571	27.8	«m»
470	60.7	99.1	521	61.3	59.5	572	17.1	0.6
471	62.4	«m»	522	40.8	0	573	12.2	0.9
472	60.1	«m»	523	36.6	27.8	574	11.5	1.1
473	53.2	«m»	524	39.4	80.4	575	8.7	0.5
474	44	«m»	525	51.3	88.9	576	8	0.9
475	35.2	«m»	526	58.5	11.1	577	5.3	0.2
476	30.5	«m»	527	60.7	«m»	578	4	0
477	26.5	«m»	528	54.5	«m»	579	3.9	0
478	22.5	«m»	529	51.3	«m»	580	0	0
479	20.4	«m»	530	45.5	«m»	581	0	0
480	19.1	«m»	531	40.8	«m»	582	0	0
481	19.1	«m»	532	38.9	«m»	583	0	0
482	13.4	«m»	533	36.6	«m»	584	0	0
483	6.7	«m»	534	36.1	72.7	585	0	0
484	3.2	«m»	535	44.8	78.9	586	0	0
485	14.3	63.8	536	51.6	91.1	587	8.7	22.8
486	34.1	0	537	59.1	99.1	588	16.2	49.4
487	23.9	75.7	538	66	99.1	589	23.6	56
488	31.7	79.2	539	75.1	99.9	590	21.1	56.1
489	32.1	19.4	540	81	8	591	23.6	56
490	35.9	5.8	541	39.1	0	592	46.2	68.8
491	36.6	0.8	542	53.8	89.7	593	68.4	61.2
492	38.7	«m»	543	59.7	99.1	594	58.7	«m»
493	38.4	«m»	544	64.8	99	595	31.6	«m»
494	39.4	«m»	545	70.6	96.1	596	19.9	8.8
495	39.7	«m»	546	72.6	19.6	597	32.9	70.2
496	40.5	«m»	547	72	6.3	598	43	79
497	40.8	«m»	548	68.9	0.1	599	57.4	98.9
498	39.7	«m»	549	67.7	«m»	600	72.1	73.8
499	39.2	«m»	550	66.8	«m»	601	53	0
500	38.7	«m»	551	64.3	16.9	602	48.1	86
501	32.7	«m»	552	64.9	7	603	56.2	99
502	30.1	«m»	553	63.6	12.5	604	65.4	98.9
503	21.9	«m»	554	63	7.7	605	72.9	99.7
504	12.8	0	555	64.4	38.2	606	67.5	«m»
505	0	0	556	63	11.8	607	39	«m»
506	0	0	557	63.6	0	608	41.9	38.1
507	0	0	558	63.3	5	609	44.1	80.4
508	0	0	559	60.1	9.1	610	46.8	99.4
509	0	0	560	61	8.4	611	48.7	99.9
510	0	0	561	59.7	0.9	612	50.5	99.7

Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %
s			s			s		
613	52.5	90.3	664	54	39.3	715	46.2	«m»
614	51	1.8	665	53.8	«m»	716	45.6	9.8
615	50	«m»	666	52	«m»	717	45.6	34.5
616	49.1	«m»	667	50.4	«m»	718	45.5	37.1
617	47	«m»	668	50.6	0	719	43.8	«m»
618	43.1	«m»	669	49.3	41.7	720	41.9	«m»
619	39.2	«m»	670	50	73.2	721	41.3	«m»
620	40.6	0.5	671	50.4	99.7	722	41.4	«m»
621	41.8	53.4	672	51.9	99.5	723	41.2	«m»
622	44.4	65.1	673	53.6	99.3	724	41.8	«m»
623	48.1	67.8	674	54.6	99.1	725	41.8	«m»
624	53.8	99.2	675	56	99	726	43.2	17.4
625	58.6	98.9	676	55.8	99	727	45	29
626	63.6	98.8	677	58.4	98.9	728	44.2	«m»
627	68.5	99.2	678	59.9	98.8	729	43.9	«m»
628	72.2	89.4	679	60.9	98.8	730	38	10.7
629	77.1	0	680	63	98.8	731	56.8	«m»
630	57.8	79.1	681	64.3	98.9	732	57.1	«m»
631	60.3	98.8	682	64.8	64	733	52	«m»
632	61.9	98.8	683	65.9	46.5	734	44.4	«m»
633	63.8	98.8	684	66.2	28.7	735	40.2	«m»
634	64.7	98.9	685	65.2	1.8	736	39.2	16.5
635	65.4	46.5	686	65	6.8	737	38.9	73.2
636	65.7	44.5	687	63.6	53.6	738	39.9	89.8
637	65.6	3.5	688	62.4	82.5	739	42.3	98.6
638	49.1	0	689	61.8	98.8	740	43.7	98.8
639	50.4	73.1	690	59.8	98.8	741	45.5	99.1
640	50.5	«m»	691	59.2	98.8	742	45.6	99.2
641	51	«m»	692	59.7	98.8	743	48.1	99.7
642	49.4	«m»	693	61.2	98.8	744	49	100
643	49.2	«m»	694	62.2	49.4	745	49.8	99.9
644	48.6	«m»	695	62.8	37.2	746	49.8	99.9
645	47.5	«m»	696	63.5	46.3	747	51.9	99.5
646	46.5	«m»	697	64.7	72.3	748	52.3	99.4
647	46	11.3	698	64.7	72.3	749	53.3	99.3
648	45.6	42.8	699	65.4	77.4	750	52.9	99.3
649	47.1	83	700	66.1	69.3	751	54.3	99.2
650	46.2	99.3	701	64.3	«m»	752	55.5	99.1
651	47.9	99.7	702	64.3	«m»	753	56.7	99
652	49.5	99.9	703	63	«m»	754	61.7	98.8
653	50.6	99.7	704	62.2	«m»	755	64.3	47.4
654	51	99.6	705	61.6	«m»	756	64.7	1.8
655	53	99.3	706	62.4	«m»	757	66.2	«m»
656	54.9	99.1	707	62.2	«m»	758	49.1	«m»
657	55.7	99	708	61	«m»	759	52.1	46
658	56	99	709	58.7	«m»	760	52.6	61
659	56.1	9.3	710	55.5	«m»	761	52.9	0
660	55.6	«m»	711	51.7	«m»	762	52.3	20.4
661	55.4	«m»	712	49.2	«m»	763	54.2	56.7
662	54.9	51.3	713	48.8	40.4	764	55.4	59.8
663	54.9	59.8	714	47.9	«m»	765	56.1	49.2

Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %
s			s			s		
766	56.8	33.7	817	61.7	46.2	868	53	99.3
767	57.2	96	818	59.8	45.1	869	54.2	99.2
768	58.6	98.9	819	57.4	43.9	870	55.5	99.1
769	59.5	98.8	820	54.8	42.8	871	56.7	99
770	61.2	98.8	821	54.3	65.2	872	57.3	98.9
771	62.1	98.8	822	52.9	62.1	873	58	98.9
772	62.7	98.8	823	52.4	30.6	874	60.5	31.1
773	62.8	98.8	824	50.4	«m»	875	60.2	«m»
774	64	98.9	825	48.6	«m»	876	60.3	«m»
775	63.2	46.3	826	47.9	«m»	877	60.5	6.3
776	62.4	«m»	827	46.8	«m»	878	61.4	19.3
777	60.3	«m»	828	46.9	9.4	879	60.3	1.2
778	58.7	«m»	829	49.5	41.7	880	60.5	2.9
779	57.2	«m»	830	50.5	37.8	881	61.2	34.1
780	56.1	«m»	831	52.3	20.4	882	61.6	13.2
781	56	9.3	832	54.1	30.7	883	61.5	16.4
782	55.2	26.3	833	56.3	41.8	884	61.2	16.4
783	54.8	42.8	834	58.7	26.5	885	61.3	«m»
784	55.7	47.1	835	57.3	«m»	886	63.1	«m»
785	56.6	52.4	836	59	«m»	887	63.2	4.8
786	58	50.3	837	59.8	«m»	888	62.3	22.3
787	58.6	20.6	838	60.3	«m»	889	62	38.5
788	58.7	«m»	839	61.2	«m»	890	61.6	29.6
789	59.3	«m»	840	61.8	«m»	891	61.6	26.6
790	58.6	«m»	841	62.5	«m»	892	61.8	28.1
791	60.5	9.7	842	62.4	«m»	893	62	29.6
792	59.2	9.6	843	61.5	«m»	894	62	16.3
793	59.9	9.6	844	63.7	«m»	895	61.1	«m»
794	59.6	9.6	845	61.9	«m»	896	61.2	«m»
795	59.9	6.2	846	61.6	29.7	897	60.7	19.2
796	59.9	9.6	847	60.3	«m»	898	60.7	32.5
797	60.5	13.1	848	59.2	«m»	899	60.9	17.8
798	60.3	20.7	849	57.3	«m»	900	60.1	19.2
799	59.9	31	850	52.3	«m»	901	59.3	38.2
800	60.5	42	851	49.3	«m»	902	59.9	45
801	61.5	52.5	852	47.3	«m»	903	59.4	32.4
802	60.9	51.4	853	46.3	38.8	904	59.2	23.5
803	61.2	57.7	854	46.8	35.1	905	59.5	40.8
804	62.8	98.8	855	46.6	«m»	906	58.3	«m»
805	63.4	96.1	856	44.3	«m»	907	58.2	«m»
806	64.6	45.4	857	43.1	«m»	908	57.6	«m»
807	64.1	5	858	42.4	2.1	909	57.1	«m»
808	63	3.2	859	41.8	2.4	910	57	0.6
809	62.7	14.9	860	43.8	68.8	911	57	26.3
810	63.5	35.8	861	44.6	89.2	912	56.5	29.2
811	64.1	73.3	862	46	99.2	913	56.3	20.5
812	64.3	37.4	863	46.9	99.4	914	56.1	«m»
813	64.1	21	864	47.9	99.7	915	55.2	«m»
814	63.7	21	865	50.2	99.8	916	54.7	17.5
815	62.9	18	866	51.2	99.6	917	55.2	29.2
816	62.4	32.7	867	52.3	99.4	918	55.2	29.2

Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %	Tiempo	Régim norm. %	Par norm. %
s			s			s		
919	55.9	16	970	49.9	99.7	1021	49.4	«m»
920	55.9	26.3	971	49.6	99.6	1022	48.3	«m»
921	56.1	36.5	972	49.4	99.6	1023	49.4	«m»
922	55.8	19	973	49	99.5	1024	48.5	«m»
923	55.9	9.2	974	49.8	99.7	1025	48.7	«m»
924	55.8	21.9	975	50.9	100	1026	48.7	«m»
925	56.4	42.8	976	50.4	99.8	1027	49.1	«m»
926	56.4	38	977	49.8	99.7	1028	49	«m»
927	56.4	11	978	49.1	99.5	1029	49.8	«m»
928	56.4	35.1	979	50.4	99.8	1030	48.7	«m»
929	54	7.3	980	49.8	99.7	1031	48.5	«m»
930	53.4	5.4	981	49.3	99.5	1032	49.3	31.3
931	52.3	27.6	982	49.1	99.5	1033	49.7	45.3
932	52.1	32	983	49.9	99.7	1034	48.3	44.5
933	52.3	33.4	984	49.1	99.5	1035	49.8	61
934	52.2	34.9	985	50.4	99.8	1036	49.4	64.3
935	52.8	60.1	986	50.9	100	1037	49.8	64.4
936	53.7	69.7	987	51.4	99.9	1038	50.5	65.6
937	54	70.7	988	51.5	99.9	1039	50.3	64.5
938	55.1	71.7	989	52.2	99.7	1040	51.2	82.9
939	55.2	46	990	52.8	74.1	1041	50.5	86
940	54.7	12.6	991	53.3	46	1042	50.6	89
941	52.5	0	992	53.6	36.4	1043	50.4	81.4
942	51.8	24.7	993	53.4	33.5	1044	49.9	49.9
943	51.4	43.9	994	53.9	58.9	1045	49.1	20.1
944	50.9	71.1	995	55.2	73.8	1046	47.9	24
945	51.2	76.8	996	55.8	52.4	1047	48.1	36.2
946	50.3	87.5	997	55.7	9.2	1048	47.5	34.5
947	50.2	99.8	998	55.8	2.2	1049	46.9	30.3
948	50.9	100	999	56.4	33.6	1050	47.7	53.5
949	49.9	99.7	1000	55.4	«m»	1051	46.9	61.6
950	50.9	100	1001	55.2	«m»	1052	46.5	73.6
951	49.8	99.7	1002	55.8	26.3	1053	48	84.6
952	50.4	99.8	1003	55.8	23.3	1054	47.2	87.7
953	50.4	99.8	1004	56.4	50.2	1055	48.7	80
954	49.7	99.7	1005	57.6	68.3	1056	48.7	50.4
955	51	100	1006	58.8	90.2	1057	47.8	38.6
956	50.3	99.8	1007	59.9	98.9	1058	48.8	63.1
957	50.2	99.8	1008	62.3	98.8	1059	47.4	5
958	49.9	99.7	1009	63.1	74.4	1060	47.3	47.4
959	50.9	100	1010	63.7	49.4	1061	47.3	49.8
960	50	99.7	1011	63.3	9.8	1062	46.9	23.9
961	50.2	99.8	1012	48	0	1063	46.7	44.6
962	50.2	99.8	1013	47.9	73.5	1064	46.8	65.2
963	49.9	99.7	1014	49.9	99.7	1065	46.9	60.4
964	50.4	99.8	1015	49.9	48.8	1066	46.7	61.5
965	50.2	99.8	1016	49.6	2.3	1067	45.5	«m»
966	50.3	99.8	1017	49.9	«m»	1068	45.5	«m»
967	49.9	99.7	1018	49.3	«m»	1069	44.2	«m»
968	51.1	100	1019	49.7	47.5	1070	43	«m»
969	50.6	99.9	1020	49.1	«m»	1071	42.5	«m»

Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par
s	norm.	norm.	s	norm.	norm.	s	norm.	norm.
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1072	41	«m»	1123	55	«m»	1174	56.9	«m»
1073	39.9	«m»	1124	53.7	«m»	1175	56.4	4
1074	39.9	38.2	1125	52.1	«m»	1176	57	23.4
1075	40.1	48.1	1126	51.1	«m»	1177	56.4	41.7
1076	39.9	48	1127	49.7	25.8	1178	57	49.2
1077	39.4	59.3	1128	49.1	46.1	1179	57.7	56.6
1078	43.8	19.8	1129	48.7	46.9	1180	58.6	56.6
1079	52.9	0	1130	48.2	46.7	1181	58.9	64
1080	52.8	88.9	1131	48	70	1182	59.4	68.2
1081	53.4	99.5	1132	48	70	1183	58.8	71.4
1082	54.7	99.3	1133	47.2	67.6	1184	60.1	71.3
1083	56.3	99.1	1134	47.3	67.6	1185	60.6	79.1
1084	57.5	99	1135	46.6	74.7	1186	60.7	83.3
1085	59	98.9	1136	47.4	13	1187	60.7	77.1
1086	59.8	98.9	1137	46.3	«m»	1188	60	73.5
1087	60.1	98.9	1138	45.4	«m»	1189	60.2	55.5
1088	61.8	48.3	1139	45.5	24.8	1190	59.7	54.4
1089	61.8	55.6	1140	44.8	73.8	1191	59.8	73.3
1090	61.7	59.8	1141	46.6	99	1192	59.8	77.9
1091	62	55.6	1142	46.3	98.9	1193	59.8	73.9
1092	62.3	29.6	1143	48.5	99.4	1194	60	76.5
1093	62	19.3	1144	49.9	99.7	1195	59.5	82.3
1094	61.3	7.9	1145	49.1	99.5	1196	59.9	82.8
1095	61.1	19.2	1146	49.1	99.5	1197	59.8	65.8
1096	61.2	43	1147	51	100	1198	59	48.6
1097	61.1	59.7	1148	51.5	99.9	1199	58.9	62.2
1098	61.1	98.8	1149	50.9	100	1200	59.1	70.4
1099	61.3	98.8	1150	51.6	99.9	1201	58.9	62.1
1100	61.3	26.6	1151	52.1	99.7	1202	58.4	67.4
1101	60.4	«m»	1152	50.9	100	1203	58.7	58.9
1102	58.8	«m»	1153	52.2	99.7	1204	58.3	57.7
1103	57.7	«m»	1154	51.5	98.3	1205	57.5	57.8
1104	56	«m»	1155	51.5	47.2	1206	57.2	57.6
1105	54.7	«m»	1156	50.8	78.4	1207	57.1	42.6
1106	53.3	«m»	1157	50.3	83	1208	57	70.1
1107	52.6	23.2	1158	50.3	31.7	1209	56.4	59.6
1108	53.4	84.2	1159	49.3	31.3	1210	56.7	39
1109	53.9	99.4	1160	48.8	21.5	1211	55.9	68.1
1110	54.9	99.3	1161	47.8	59.4	1212	56.3	79.1
1111	55.8	99.2	1162	48.1	77.1	1213	56.7	89.7
1112	57.1	99	1163	48.4	87.6	1214	56	89.4
1113	56.5	99.1	1164	49.6	87.5	1215	56	93.1
1114	58.9	98.9	1165	51	81.4	1216	56.4	93.1
1115	58.7	98.9	1166	51.6	66.7	1217	56.7	94.4
1116	59.8	98.9	1167	53.3	63.2	1218	56.9	94.8
1117	61	98.8	1168	55.2	62	1219	57	94.1
1118	60.7	19.2	1169	55.7	43.9	1220	57.7	94.3
1119	59.4	«m»	1170	56.4	30.7	1221	57.5	93.7
1120	57.9	«m»	1171	56.8	23.4	1222	58.4	93.2
1121	57.6	«m»	1172	57	«m»	1223	58.7	93.2
1122	56.3	«m»	1173	57.6	«m»	1224	58.2	93.7

Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par
s	norm.	norm.	s	norm.	norm.	s	norm.	norm.
	%	%		%	%		%	%
1225	58.5	93.1	1276	60.6	5.5	1327	63.1	20.3
1226	58.8	86.2	1277	61	14.3	1328	61.8	19.1
1227	59	72.9	1278	61	12	1329	61.6	17.1
1228	58.2	59.9	1279	61.3	34.2	1330	61	0
1229	57.6	8.5	1280	61.2	17.1	1331	61.2	22
1230	57.1	47.6	1281	61.5	15.7	1332	60.8	40.3
1231	57.2	74.4	1282	61	9.5	1333	61.1	34.3
1232	57	79.1	1283	61.1	9.2	1334	60.7	16.1
1233	56.7	67.2	1284	60.5	4.3	1335	60.6	16.6
1234	56.8	69.1	1285	60.2	7.8	1336	60.5	18.5
1235	56.9	71.3	1286	60.2	5.9	1337	60.6	29.8
1236	57	77.3	1287	60.2	5.3	1338	60.9	19.5
1237	57.4	78.2	1288	59.9	4.6	1339	60.9	22.3
1238	57.3	70.6	1289	59.4	21.5	1340	61.4	35.8
1239	57.7	64	1290	59.6	15.8	1341	61.3	42.9
1240	57.5	55.6	1291	59.3	10.1	1342	61.5	31
1241	58.6	49.6	1292	58.9	9.4	1343	61.3	19.2
1242	58.2	41.1	1293	58.8	9	1344	61	9.3
1243	58.8	40.6	1294	58.9	35.4	1345	60.8	44.2
1244	58.3	21.1	1295	58.9	30.7	1346	60.9	55.3
1245	58.7	24.9	1296	58.9	25.9	1347	61.2	56
1246	59.1	24.8	1297	58.7	22.9	1348	60.9	60.1
1247	58.6	«m»	1298	58.7	24.4	1349	60.7	59.1
1248	58.8	«m»	1299	59.3	61	1350	60.9	56.8
1249	58.8	«m»	1300	60.1	56	1351	60.7	58.1
1250	58.7	«m»	1301	60.5	50.6	1352	59.6	78.4
1251	59.1	«m»	1302	59.5	16.2	1353	59.6	84.6
1252	59.1	«m»	1303	59.7	50	1354	59.4	66.6
1253	59.4	«m»	1304	59.7	31.4	1355	59.3	75.5
1254	60.6	2.6	1305	60.1	43.1	1356	58.9	49.6
1255	59.6	«m»	1306	60.8	38.4	1357	59.1	75.8
1256	60.1	«m»	1307	60.9	40.2	1358	59	77.6
1257	60.6	«m»	1308	61.3	49.7	1359	59	67.8
1258	59.6	4.1	1309	61.8	45.9	1360	59	56.7
1259	60.7	7.1	1310	62	45.9	1361	58.8	54.2
1260	60.5	«m»	1311	62.2	45.8	1362	58.9	59.6
1261	59.7	«m»	1312	62.6	46.8	1363	58.9	60.8
1262	59.6	«m»	1313	62.7	44.3	1364	59.3	56.1
1263	59.8	«m»	1314	62.9	44.4	1365	58.9	48.5
1264	59.6	4.9	1315	63.1	43.7	1366	59.3	42.9
1265	60.1	5.9	1316	63.5	46.1	1367	59.4	41.4
1266	59.9	6.1	1317	63.6	40.7	1368	59.6	38.9
1267	59.7	«m»	1318	64.3	49.5	1369	59.4	32.9
1268	59.6	«m»	1319	63.7	27	1370	59.3	30.6
1269	59.7	22	1320	63.8	15	1371	59.4	30
1270	59.8	10.3	1321	63.6	18.7	1372	59.4	25.3
1271	59.9	10	1322	63.4	8.4	1373	58.8	18.6
1272	60.6	6.2	1323	63.2	8.7	1374	59.1	18
1273	60.5	7.3	1324	63.3	21.6	1375	58.5	10.6
1274	60.2	14.8	1325	62.9	19.7	1376	58.8	10.5
1275	60.6	8.2	1326	63	22.1	1377	58.5	8.2

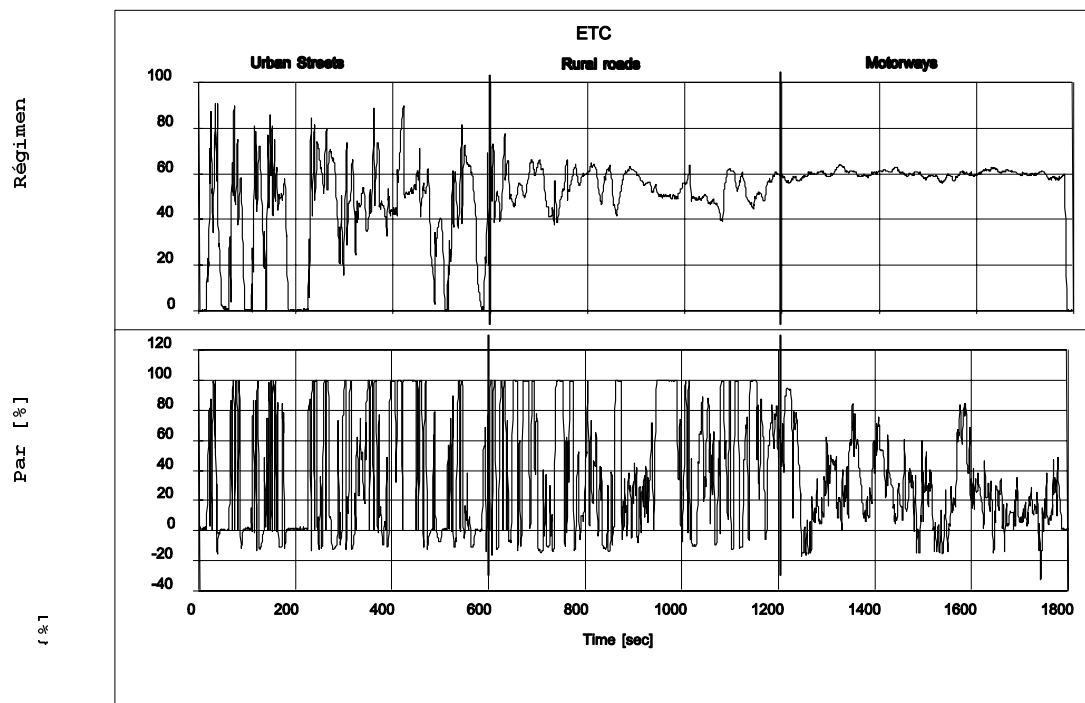
Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par
s	norm.	norm.	s	norm.	norm.	s	norm.	norm.
	%	%		%	%		%	%
1378	58.7	13.7	1429	62.3	37.4	1480	60.1	4.7
1379	59.1	7.8	1430	62.3	35.7	1481	59.9	0
1380	59.1	6	1431	62.8	34.4	1482	60.4	36.2
1381	59.1	6	1432	62.8	31.5	1483	60.7	32.5
1382	59.4	13.1	1433	62.9	31.7	1484	59.9	3.1
1383	59.7	22.3	1434	62.9	29.9	1485	59.7	«m»
1384	60.7	10.5	1435	62.8	29.4	1486	59.5	«m»
1385	59.8	9.8	1436	62.7	28.7	1487	59.2	«m»
1386	60.2	8.8	1437	61.5	14.7	1488	58.8	0.6
1387	59.9	8.7	1438	61.9	17.2	1489	58.7	«m»
1388	61	9.1	1439	61.5	6.1	1490	58.7	«m»
1389	60.6	28.2	1440	61	9.9	1491	57.9	«m»
1390	60.6	22	1441	60.9	4.8	1492	58.2	«m»
1391	59.6	23.2	1442	60.6	11.1	1493	57.6	«m»
1392	59.6	19	1443	60.3	6.9	1494	58.3	9.5
1393	60.6	38.4	1444	60.8	7	1495	57.2	6
1394	59.8	41.6	1445	60.2	9.2	1496	57.4	27.3
1395	60	47.3	1446	60.5	21.7	1497	58.3	59.9
1396	60.5	55.4	1447	60.2	22.4	1498	58.3	7.3
1397	60.9	58.7	1448	60.7	31.6	1499	58.8	21.7
1398	61.3	37.9	1449	60.9	28.9	1500	58.8	38.9
1399	61.2	38.3	1450	59.6	21.7	1501	59.4	26.2
1400	61.4	58.7	1451	60.2	18	1502	59.1	25.5
1401	61.3	51.3	1452	59.5	16.7	1503	59.1	26
1402	61.4	71.1	1453	59.8	15.7	1504	59	39.1
1403	61.1	51	1454	59.6	15.7	1505	59.5	52.3
1404	61.5	56.6	1455	59.3	15.7	1506	59.4	31
1405	61	60.6	1456	59	7.5	1507	59.4	27
1406	61.1	75.4	1457	58.8	7.1	1508	59.4	29.8
1407	61.4	69.4	1458	58.7	16.5	1509	59.4	23.1
1408	61.6	69.9	1459	59.2	50.7	1510	58.9	16
1409	61.7	59.6	1460	59.7	60.2	1511	59	31.5
1410	61.8	54.8	1461	60.4	44	1512	58.8	25.9
1411	61.6	53.6	1462	60.2	35.3	1513	58.9	40.2
1412	61.3	53.5	1463	60.4	17.1	1514	58.8	28.4
1413	61.3	52.9	1464	59.9	13.5	1515	58.9	38.9
1414	61.2	54.1	1465	59.9	12.8	1516	59.1	35.3
1415	61.3	53.2	1466	59.6	14.8	1517	58.8	30.3
1416	61.2	52.2	1467	59.4	15.9	1518	59	19
1417	61.2	52.3	1468	59.4	22	1519	58.7	3
1418	61	48	1469	60.4	38.4	1520	57.9	0
1419	60.9	41.5	1470	59.5	38.8	1521	58	2.4
1420	61	32.2	1471	59.3	31.9	1522	57.1	«m»
1421	60.7	22	1472	60.9	40.8	1523	56.7	«m»
1422	60.7	23.3	1473	60.7	39	1524	56.7	5.3
1423	60.8	38.8	1474	60.9	30.1	1525	56.6	2.1
1424	61	40.7	1475	61	29.3	1526	56.8	«m»
1425	61	30.6	1476	60.6	28.4	1527	56.3	«m»
1426	61.3	62.6	1477	60.9	36.3	1528	56.3	«m»
1427	61.7	55.9	1478	60.8	30.5	1529	56	«m»
1428	62.3	43.4	1479	60.7	26.7	1530	56.7	«m»

Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par
s	norm.	norm.	s	norm.	norm.	s	norm.	norm.
	%	%		%	%		%	%
1531	56.6	3.8	1582	59.9	73.6	1633	62.5	31
1532	56.9	«m»	1583	59.8	74.1	1634	62.3	31.3
1533	56.9	«m»	1584	59.6	84.6	1635	62.6	31.7
1534	57.4	«m»	1585	59.4	76.1	1636	62.3	22.8
1535	57.4	«m»	1586	60.1	76.9	1637	62.7	12.6
1536	58.3	13.9	1587	59.5	84.6	1638	62.2	15.2
1537	58.5	«m»	1588	59.8	77.5	1639	61.9	32.6
1538	59.1	«m»	1589	60.6	67.9	1640	62.5	23.1
1539	59.4	«m»	1590	59.3	47.3	1641	61.7	19.4
1540	59.6	«m»	1591	59.3	43.1	1642	61.7	10.8
1541	59.5	«m»	1592	59.4	38.3	1643	61.6	10.2
1542	59.6	0.5	1593	58.7	38.2	1644	61.4	«m»
1543	59.3	9.2	1594	58.8	39.2	1645	60.8	«m»
1544	59.4	11.2	1595	59.1	67.9	1646	60.7	«m»
1545	59.1	26.8	1596	59.7	60.5	1647	61	12.4
1546	59	11.7	1597	59.5	32.9	1648	60.4	5.3
1547	58.8	6.4	1598	59.6	20	1649	61	13.1
1548	58.7	5	1599	59.6	34.4	1650	60.7	29.6
1549	57.5	«m»	1600	59.4	23.9	1651	60.5	28.9
1550	57.4	«m»	1601	59.6	15.7	1652	60.8	27.1
1551	57.1	1.1	1602	59.9	41	1653	61.2	27.3
1552	57.1	0	1603	60.5	26.3	1654	60.9	20.6
1553	57	4.5	1604	59.6	14	1655	61.1	13.9
1554	57.1	3.7	1605	59.7	21.2	1656	60.7	13.4
1555	57.3	3.3	1606	60.9	19.6	1657	61.3	26.1
1556	57.3	16.8	1607	60.1	34.3	1658	60.9	23.7
1557	58.2	29.3	1608	59.9	27	1659	61.4	32.1
1558	58.7	12.5	1609	60.8	25.6	1660	61.7	33.5
1559	58.3	12.2	1610	60.6	26.3	1661	61.8	34.1
1560	58.6	12.7	1611	60.9	26.1	1662	61.7	17
1561	59	13.6	1612	61.1	38	1663	61.7	2.5
1562	59.8	21.9	1613	61.2	31.6	1664	61.5	5.9
1563	59.3	20.9	1614	61.4	30.6	1665	61.3	14.9
1564	59.7	19.2	1615	61.7	29.6	1666	61.5	17.2
1565	60.1	15.9	1616	61.5	28.8	1667	61.1	«m»
1566	60.7	16.7	1617	61.7	27.8	1668	61.4	«m»
1567	60.7	18.1	1618	62.2	20.3	1669	61.4	8.8
1568	60.7	40.6	1619	61.4	19.6	1670	61.3	8.8
1569	60.7	59.7	1620	61.8	19.7	1671	61	18
1570	61.1	66.8	1621	61.8	18.7	1672	61.5	13
1571	61.1	58.8	1622	61.6	17.7	1673	61	3.7
1572	60.8	64.7	1623	61.7	8.7	1674	60.9	3.1
1573	60.1	63.6	1624	61.7	1.4	1675	60.9	4.7
1574	60.7	83.2	1625	61.7	5.9	1676	60.6	4.1
1575	60.4	82.2	1626	61.2	8.1	1677	60.6	6.7
1576	60	80.5	1627	61.9	45.8	1678	60.6	12.8
1577	59.9	78.7	1628	61.4	31.5	1679	60.7	11.9
1578	60.8	67.9	1629	61.7	22.3	1680	60.6	12.4
1579	60.4	57.7	1630	62.4	21.7	1681	60.1	12.4
1580	60.2	60.6	1631	62.8	21.9	1682	60.5	12
1581	59.6	72.7	1632	62.2	22.2	1683	60.4	11.8

Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par	Tiempo	Régim	Par
s	norm.	norm.	s	norm.	norm.	s	norm.	norm.
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1684	59.9	12.4	1735	61.1	25.6	1786	0	0
1685	59.6	12.4	1736	61	14.6	1787	0	0
1686	59.6	9.1	1737	61	10.4	1788	0	0
1687	59.9	0	1738	60.6	«m»	1789	0	0
1688	59.9	20.4	1739	60.9	«m»	1790	0	0
1689	59.8	4.4	1740	60.8	4.8	1791	0	0
1690	59.4	3.1	1741	59.9	«m»	1792	0	0
1691	59.5	26.3	1742	59.8	«m»	1793	0	0
1692	59.6	20.1	1743	59.1	«m»	1794	0	0
1693	59.4	35	1744	58.8	«m»	1795	0	0
1694	60.9	22.1	1745	58.8	«m»	1796	0	0
1695	60.5	12.2	1746	58.2	«m»	1797	0	0
1696	60.1	11	1747	58.5	14.3	1798	0	0
1697	60.1	8.2	1748	57.5	4.4	1799	0	0
1698	60.5	6.7	1749	57.9	0	1800	0	0
1699	60	5.1	1750	57.8	20.9			
1700	60	5.1	1751	58.3	9.2			
1701	60	9	1752	57.8	8.2			
1702	60.1	5.7	1753	57.5	15.3			
1703	59.9	8.5	1754	58.4	38			
1704	59.4	6	1755	58.1	15.4			
1705	59.5	5.5	1756	58.8	11.8			
1706	59.5	14.2	1757	58.3	8.1			
1707	59.5	6.2	1758	58.3	5.5			
1708	59.4	10.3	1759	59	4.1			
1709	59.6	13.8	1760	58.2	4.9			
1710	59.5	13.9	1761	57.9	10.1			
1711	60.1	18.9	1762	58.5	7.5			
1712	59.4	13.1	1763	57.4	7			
1713	59.8	5.4	1764	58.2	6.7			
1714	59.9	2.9	1765	58.2	6.6			
1715	60.1	7.1	1766	57.3	17.3			
1716	59.6	12	1767	58	11.4			
1717	59.6	4.9	1768	57.5	47.4			
1718	59.4	22.7	1769	57.4	28.8			
1719	59.6	22	1770	58.8	24.3			
1720	60.1	17.4	1771	57.7	25.5			
1721	60.2	16.6	1772	58.4	35.5			
1722	59.4	28.6	1773	58.4	29.3			
1723	60.3	22.4	1774	59	33.8			
1724	59.9	20	1775	59	18.7			
1725	60.2	18.6	1776	58.8	9.8			
1726	60.3	11.9	1777	58.8	23.9			
1727	60.4	11.6	1778	59.1	48.2			
1728	60.6	10.6	1779	59.4	37.2			
1729	60.8	16	1780	59.6	29.1			
1730	60.9	17	1781	50	25			
1731	60.9	16.1	1782	40	20			
1732	60.7	11.4	1783	30	15			
1733	60.9	11.3	1784	20	10			
1734	61.1	11.2	1785	10	5			

«m»= punto motriz

La figura 5 muestra un gráfico del programa dinamométrico ETC



Urban streets	calles urbanas
Rural roads	carreteras rurales
Motorways	autopistas
Time [sec]	tiempo [en segundos]

Figura 5: Programa dinamométrico ETC

Anexo 4 - Apéndice 4

PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y DE MUESTREO

1. INTRODUCCIÓN

Los componentes gaseosos, las partículas y el humo que emite el motor sometido a ensayo deberán medirse mediante los métodos descritos en el anexo 4, apéndice 6. Los apartados respectivos del anexo 4, apéndice 6, describen los sistemas analíticos recomendados para las emisiones gaseosas (apartado 1), los sistemas de dilución y de muestreo de partículas recomendados (apartado 2) y los opacímetros recomendados para la medición del humo (apartado 3).

Para el ensayo ESC, los componentes gaseosos se determinarán en el gas de escape bruto. También se puede optar por determinarlos en el gas de escape diluido, en caso de que se utilice un sistema de dilución de flujo total para la determinación de partículas. Las partículas se determinarán con un sistema de dilución de flujo parcial o total.

En el ensayo ETC, se empleará exclusivamente un sistema de dilución de flujo total para determinar las emisiones gaseosas y de partículas, que se considerará el sistema de referencia. No obstante, el Servicio técnico podrá autorizar varios sistemas de dilución de flujo parcial si se demuestra su equivalencia de acuerdo con el punto 6.2 del Reglamento, y se presenta a dicho Servicio técnico una descripción detallada de los procedimientos de evaluación y cálculo de los datos.

2. DINAMÓMETRO Y EQUIPAMIENTO DE LA CELDA DE ENSAYO

En los ensayos sobre emisiones de motores en bancos dinamométricos se empleará el equipamiento siguiente:

2.1. Banco dinamométrico

Se utilizará un banco dinamométrico que posea las características adecuadas para efectuar los ciclos de ensayo descritos en los apéndices 1 y 2 del presente anexo. El sistema de medición del régimen tendrá una precisión de ± 2 % del valor leído. El sistema de medición del par tendrá una precisión de ± 3 % del valor leído en el margen > 20 % del fondo de escala, y una precisión de $\pm 0,6$ % del fondo de escala en el margen ≤ 20 % del fondo de escala.

2.2. Otros instrumentos

Se emplearán los instrumentos que se precisen para medir el consumo de combustible, el consumo de aire, la temperatura del refrigerante y del lubricante, la presión del gas de escape y la depresión en el colector de admisión, la temperatura del gas de escape, la temperatura de la admisión de aire, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura

del combustible. Estos instrumentos deberán cumplir los requisitos indicados en el cuadro 8:

Cuadro 8: precisión de los instrumentos de medición

Instrumento de medición	Precisión
Consumo de combustible	$\pm 2 \%$ del valor máximo del motor
Consumo de aire	$\pm 2 \%$ del valor máximo del motor
Temperaturas $\leq 600 \text{ K}$ ($327 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	$\pm 2 \text{ K}$ del valor absoluto
Temperaturas $\geq 600 \text{ K}$ ($327 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	$\pm 1 \%$ del valor leído
Presión atmosférica	$\pm 0,1 \text{ kPa}$ del valor absoluto
Presión del gas de escape	$\pm 0,2 \text{ kPa}$ del valor absoluto
Depresión de admisión	$\pm 0,05 \text{ kPa}$ del valor absoluto
Otras presiones	$\pm 0,1 \text{ kPa}$ del valor absoluto
Humedad relativa	$\pm 3 \%$ del valor absoluto
Humedad absoluta	$\pm 5 \%$ del valor leído

2.3. Caudal del gas de escape

Para calcular las emisiones en el gas de escape bruto, es preciso conocer el caudal del gas de escape (véase el apéndice 1, punto 4.4). Dicho caudal podrá determinarse por cualquiera de los métodos siguientes:

medición directa del caudal del gas de escape con una tobera medidora del caudal o un sistema de medición equivalente;

medición del caudal de aire y del caudal de carburante con sistemas de medición adecuados y cálculo del caudal de escape mediante la ecuación siguiente:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \quad (\text{para la masa de escape en base húmeda})$$

La precisión de la determinación del caudal de escape deberá ser como mínimo de $\pm 2,5 \%$ del valor leído.

2.4. Caudal del gas de escape diluido

Para calcular las emisiones en el gas de escape diluido mediante un sistema de dilución de flujo total (obligatorio para el ensayo ETC), es preciso conocer el caudal del gas de escape diluido (véase el punto 4.3 del apéndice 2). El caudal másico total del gas de escape diluido (G_{TOTW}) o la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo (M_{TOTW}) se medirán con una PDP o un CFV (anexo 4, apéndice 6, punto 2.3.1). La precisión será como mínimo de $\pm 2 \%$ del valor leído, y se determinará de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 5, punto 2.4.

3. DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES GASEOSOS

3.1. Especificaciones generales del analizador

Los analizadores deberán tener una gama de medición adecuada para la precisión que se requiere en la medición de las concentraciones de los componentes del gas de escape (punto 3.1.1). Se recomienda utilizar los analizadores de manera que la concentración medida se encuentre entre el 15 % y el 100 % del fondo de escala.

Si los sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) ofrecen una precisión y una resolución suficientes por debajo del 15 % del fondo de escala, también se considerarán aceptables mediciones por debajo del 15 % del fondo de escala. En este caso, deberán efectuarse calibraciones adicionales en al menos cuatro puntos distintos del cero equidistantes nominalmente para garantizar la precisión de las curvas de calibración de conformidad con el anexo 4, apéndice 5, punto 1.5.5.2.

El nivel de compatibilidad electromagnética (EMC) del equipo deberá poder minimizar los errores adicionales.

3.1.1. Error de medición

El error total de medición, incluida la sensibilidad cruzada a otros gases (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.9), no deberá superar ± 5 % del valor leído o, si es inferior, $\pm 3,5$ % del fondo de escala. En el caso de concentraciones inferiores a 100 ppm, el error de medición no deberá exceder de ± 4 ppm.

3.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, definida como 2,5 veces la desviación típica de diez respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o gas patrón, no deberá ser superior a ± 1 % de la concentración del fondo de escala para cada rango utilizado superior a 155 ppm (o ppm C) o a ± 2 % de cada rango utilizado inferior a 155 ppm (o ppm C).

3.1.3. Ruido

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

3.1.4. Desviación del cero

La desviación del cero durante un periodo de una hora deberá ser inferior al 2 % del fondo de escala en el rango más bajo utilizado. La respuesta cero se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas cero durante un intervalo de tiempo de treinta segundos.

3.1.5 Desviación de la calibración

La desviación de la calibración durante un periodo de una hora será inferior al 2 % del fondo de escala en el rango más bajo utilizado. La calibración es la diferencia entre la respuesta al gas patrón y la respuesta al gas cero. Se entiende por respuesta al gas patrón la respuesta media a dicho gas, incluido el ruido, durante un intervalo de tiempo de treinta segundos.

3.2. Secado del gas

El dispositivo opcional de secado de gas deberá tener un efecto mínimo en la concentración de los gases medidos. Los secadores químicos no son un método aceptable de eliminación de 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. El anexo 4, apéndice 6, ofrece una descripción detallada de los sistemas de medición. Los gases que vayan a medirse deberán analizarse con los instrumentos indicados a continuación. En el caso de analizadores no lineales se permitirá el uso de circuitos de linealización.

3.3.1. Análisis del monóxido de carbono (CO)

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

3.3.2. Análisis del dióxido de carbono (CO₂)

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

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 «detector de ionización de llama calentado» (HFID) con detector, válvulas, conductos, etc. El detector deberá calentarse para mantener el gas a una temperatura de $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$). Para los motores de gas alimentados con GN, el analizador de hidrocarburos podrá ser del tipo «detector de ionización de llama (FID) sin calentar», en función del método utilizado (véase el anexo 4, apéndice 6, punto 1.3).

3.3.4. Análisis de hidrocarburos no metánicos (NMHC) (sólo para motores de gas alimentados con GN)

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán mediante uno de los métodos indicados a continuación.

3.3.4.1 Método de cromatografía de gases (GC)

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán mediante 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.

3.3.4.2. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

Para determinar la fracción de hidrocarburos no metánicos se utilizará un NMC calentado junto con un FID, tal como se indica en el punto 3.3.3, mediante sustracción del metano de los hidrocarburos.

3.3.5. Análisis de óxidos de nitrógeno (NO_x)

El analizador de óxidos de nitrógeno será del tipo «detector quimioluminiscente» (CLD), o «detector quimioluminiscente calentado» (HCLD), con un convertidor NO₂/NO, si la medición se efectúa en base seca. Si la medición se efectúa en base húmeda, se utilizará un HCLD cuyo convertidor se mantendrá por encima de 328 K (55 °C), a condición de que se satisfaga la comprobación de la interferencia del agua (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.9.2.2).

3.4. Muestreo de emisiones gaseosas

3.4.1. Gas de escape bruto (ensayo ESC exclusivamente)

La sonda de muestreo de las emisiones gaseosas se introducirá hasta un punto situado como mínimo a 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape —lo que sea mayor— antes del punto de salida del sistema del gas de escape, siempre que sea conveniente, y suficientemente cerca del motor para garantizar que la temperatura del gas de escape en ese punto sea de al menos 343 K (70 °C).

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los «motores en V», se puede tomar una muestra de cada grupo individualmente y calcular una media de las emisiones de escape. Podrán utilizarse otros métodos si ha quedado demostrado que son equivalentes a los indicados anteriormente. Para calcular las emisiones de escape deberá utilizarse el caudal másico de escape total.

Si el motor está equipado con un sistema de postratamiento del gas de escape, la muestra del gas de escape se tomará después de dicho sistema.

3.4.2. Gas de escape diluido (obligatorio para el ensayo ETC, opcional para el ensayo ESC)

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá ser conforme a los requisitos del anexo 4, apéndice 6, punto 2.3.1, EP.

La(s) sonda(s) de muestreo de emisiones gaseosas se instalará(n) en el túnel de dilución, en un punto muy próximo a la sonda de muestreo de partículas, en el que el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados.

Para el ensayo ETC, generalmente el muestreo puede efectuarse de dos maneras:

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

4. DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

La determinación de las partículas requiere un sistema de dilución. La dilución puede efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial (sólo para el ensayo ESC) o mediante un sistema de dilución de flujo total (obligatorio para el ensayo ETC). La capacidad del flujo del sistema de dilución deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo, y mantener la temperatura del gas de escape diluido a un máximo de 325 K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltros. Se permite la deshumidificación del aire de dilución antes de que penetre en el sistema de dilución, lo que resulta especialmente útil si la humedad del aire de dilución es elevada. La temperatura del aire de dilución debe ser de 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °C). Si la temperatura ambiente es inferior a 293 K (20 °C), se recomienda precalentar el aire de dilución hasta superar el límite de temperatura superior de 303 K (30 °C). No obstante, la temperatura del aire de dilución no debe superar 325 K (52 °C) antes de la introducción del gas de escape en el túnel de dilución.

El sistema de dilución de flujo parcial debe estar diseñado de tal manera que permita la división del flujo de escape en dos fracciones, la menor de las cuales se diluirá con aire y, posteriormente, se utilizará para la medición de partículas. Para ello, es esencial determinar con gran precisión la relación de dilución. Se pueden aplicar diferentes métodos de división, teniendo en cuenta que el tipo de división utilizado determina en gran medida el material de muestreo y los procedimientos que se utilizarán (anexo 4, apéndice 6, punto 2.2). La sonda de muestreo de partículas se instalará a gran proximidad de la sonda de muestreo de las emisiones gaseosas, y la instalación será conforme a lo dispuesto en el punto 3.4.1.

Para determinar la masa de las partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográfica y una cámara de pesaje con control de temperatura y humedad.

Para el muestreo de partículas, se aplicará el método del filtro único, que utiliza un par de filtros (véase el punto 4.1.3) durante todo el ciclo de ensayo. En el ensayo ESC, deberá prestarse mucha atención a los tiempos y caudales de muestreo durante la fase de muestreo.

4.1. Filtros de muestreo de partículas

4.1.1. Características de los filtros

Se precisan filtros de fibra de vidrio revestidos de fluorocarburos o filtros de membrana basados en fluorocarburos. Todos los tipos de filtro deberán tener una eficacia de recogida de DOP (ftalato de dioctilo) de 0,3 μm de al menos un 95 %, con una velocidad de entrada del gas comprendida entre 35 y 80 cm/s.

4.1.2. Tamaño de los filtros

Los filtros de partículas deberán tener un diámetro mínimo de 47 mm (37 mm de diámetro de la superficie filtrante). Son aceptables filtros de un diámetro mayor (punto 4.1.5).

4.1.3. Filtros primario y secundario

El muestreo de gas de escape diluido se realizará mediante dos filtros colocados en serie (un filtro primario y un filtro secundario) durante la secuencia de ensayo. El filtro secundario estará a una distancia máxima de 100 mm después del filtro primario, con el que no deberá estar en contacto. Los filtros podrán pesarse por separado o juntos, en cuyo caso las dos caras filtrantes se colocarán la una contra la otra.

4.1.4. Velocidad del flujo en el filtro

Deberá obtenerse una velocidad del flujo de gas que pasa por el filtro de 35 a 80 cm/s. El aumento de la caída de presión entre el inicio y el final del ensayo no deberá ser superior a 25 kPa.

4.1.5. Carga del filtro

La carga del filtro mínima recomendada será de 0,5 mg/1 075 mm² de superficie filtrante. En el cuadro 9 figuran los valores preceptivos para los tamaños de filtro más frecuentes.

Cuadro 9: Cargas del filtro recomendadas

Diámetro del filtro (mm)	Diámetro recomendado de la superficie filtrante	Carga mínima recomendada
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

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

4.2.1. Características de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionan y pesan los filtros de partículas deberá mantenerse a $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) durante todo el proceso de acondicionamiento y pesaje de los filtros. La humedad deberá mantenerse en un punto de condensación de $282,5 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) y una humedad relativa de $45 \% \pm 8 \%$.

4.2.2. Pesaje del filtro de referencia

El aire ambiente de la cámara (o de la sala) deberá estar libre de contaminantes ambientales (por ejemplo, polvo) que puedan depositarse en los filtros de partículas durante su estabilización. Se permitirán alteraciones de las especificaciones de la sala de pesaje descritas en el punto 4.2.1 si su duración no supera los treinta minutos. La cámara de pesaje debe cumplir las especificaciones establecidas antes de que el personal penetre en ella. Se pesarán al menos dos filtros o pares de filtros de referencia sin usar en el plazo de cuatro horas después del pesaje del filtro o par de filtros de muestreo, aunque es preferible hacerlo al mismo tiempo. Estos filtros serán del mismo tamaño y material que los filtros de muestreo.

Si el peso medio de los filtros (pares de filtros) de referencia varía entre los distintos pesajes de los filtros de muestreo en más de $\pm 5 \%$ ($\pm 7,5 \%$ para el par de filtros) respecto a la carga mínima recomendada del filtro (punto 4.1.5), se desecharán todos los filtros de muestreo y se repetirá el ensayo de emisiones.

Si no se cumplen los criterios de estabilidad de la cámara de pesaje enumerados en el punto 4.2.1, pero los pesajes del filtro (par de filtros) de referencia sí cumplen los criterios indicados anteriormente, el fabricante del motor tendrá la opción de aceptar los pesos del filtro de muestreo o de invalidar los ensayos, ajustar el sistema de control de la cámara de pesaje y volver a efectuar el ensayo.

4.2.3. Balanza analítica

La balanza analítica utilizada para determinar los pesos de todos los filtros deberá tener una precisión (desviación típica) de 20 µg y una resolución de 10 µg (1 dígito = 10 µg). En el caso de los filtros de diámetro inferior a 70 mm, la precisión y la resolución deberán ser de 2 µg y 1 µg, respectivamente.

4.2.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

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

4.3. Especificaciones adicionales para la medición de partículas

Todos los elementos del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el portafiltros, que estén en contacto con gas de escape bruto y diluido, deberán estar diseñados de tal modo que se minimice la deposición o alteración de las partículas. Todos los elementos estarán fabricados con materiales conductores de electricidad que no reaccionen con los componentes del gas de escape, y estarán conectados a tierra para evitar efectos electrostáticos.

5. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DEL HUMO

En este apartado figuran las especificaciones relativas al equipo preceptivo y opcional para el ensayo ELR. El humo se medirá con un opacímetro dotado de una función de lectura de la opacidad y del coeficiente de absorción de luz. La función de lectura de la opacidad se utilizará exclusivamente para la calibración y la comprobación del opacímetro. Los valores del humo del ciclo de ensayo se medirán en la función de lectura del coeficiente de absorción de luz.

5.1. Requisitos generales

Para el ensayo ELR es preciso utilizar un sistema de medición del humo y de tratamiento de los datos que incluya tres unidades funcionales. Dichas unidades podrán estar integradas en un único componente o utilizarse como un sistema de componentes interconectados. Las tres unidades funcionales son:

- un opacímetro que cumpla las especificaciones del anexo 4, apéndice 6, apartado 3;
- una unidad de tratamiento de datos capaz de desempeñar las funciones descritas en el anexo 4, apéndice 1, apartado 6;
- una impresora y/o un soporte electrónico de datos para registrar y suministrar los valores del humo necesarios, tal como se especifican en el anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.

5.2. Requisitos específicos

5.2.1. Linealidad

La linealidad debe encontrarse dentro de un margen de ± 2 % de opacidad.

5.2.2. Desviación del cero

La desviación del cero durante un periodo de una hora no superará ± 1 % de opacidad.

5.2.3. Visualización y escala del opacímetro

Para la visualización de la opacidad, la escala debe ir del 0 al 100 % de opacidad, y la legibilidad será del 0,1 % de opacidad. Para la visualización del coeficiente de absorción de luz, el rango irá de 0 a 30 m^{-1} de coeficiente de absorción de luz, y la legibilidad será de 0,01 m^{-1} de coeficiente de absorción de luz.

5.2.4. Tiempo de respuesta del instrumento

El tiempo de respuesta física del opacímetro no superará 0,2 s. El tiempo de respuesta física es la diferencia entre los momentos en que el indicador de un receptor de respuesta rápida alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación total cuando se modifica en menos de 0,1 s la opacidad del gas que se mide.

El tiempo de respuesta eléctrica del opacímetro no superará 0,05 s. El tiempo de respuesta eléctrica es la diferencia entre los momentos en que el indicador del opacímetro alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación total cuando la fuente luminosa se interrumpe o se extingue por completo en menos de 0,01 s.

5.2.5. Filtros de densidad neutra

El valor conocido de todo filtro de densidad neutra que se utilice para la calibración del opacímetro, mediciones de linealidad o la verificación de la calibración deberá situarse dentro de un margen de 1,0 % de opacidad. Debe comprobarse al menos una vez al año la precisión del valor nominal del filtro utilizando una referencia contemplada en una norma nacional o internacional.

Los filtros de densidad neutra son dispositivos de precisión y pueden dañarse fácilmente durante su uso. Se manipularán lo menos posible y, cuando sea necesario, se hará con cuidado para no rayar o ensuciar el filtro.

Anexo 4 - Apéndice 5

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

1. CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ANALÍTICOS

1.1. Introducción

Cada analizador se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe emplearse para los analizadores indicados en el anexo 4, apéndice 4, apartado 3, y apéndice 6, apartado 1.

1.2. Gases de calibración

Se respetará la vida útil de todos los gases de calibración.
Deberá registrarse la fecha de caducidad de estos gases que indique el fabricante.

1.2.1. Gases puros

La pureza que deben tener los gases la determinan los límites de contaminación indicados a continuación. Se precisarán los siguientes gases:

Nitrógeno purificado

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

Oxígeno purificado

(Pureza $\geq 99,5$ % vol. O₂)

Mezcla hidrógeno-helio

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

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO₂)

Aire sintético purificado

(Contaminación ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(Contenido de oxígeno entre 18 y 21 % vol.)

Propano purificado o CO para la verificación del CVS

1.2.2. Gas de calibración y gas patrón

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

C₃H₈ y aire sintético purificado (véase el punto 1.2.1);

CO y nitrógeno purificado;

NO_x y nitrógeno purificado (la cantidad de NO₂ contenida en este gas de calibración no deberá superar un 5 % del contenido de NO);

CO₂ y nitrógeno purificado;

CH₄ y aire sintético purificado

C₂H₆ y aire sintético purificado

Nota: Se permiten otras combinaciones de gases siempre que dichos gases no reaccionen entre sí.

La concentración real de un gas de calibración y de un gas patrón deberá encontrarse dentro de un margen de ± 2 % del valor nominal. Todas las concentraciones de gas de calibración se indicarán en base al volumen (porcentaje en volumen o ppm en volumen). Los gases utilizados para la calibración o el ajuste de la calibración también podrán obtenerse mediante un divisor de gases, por dilución con N₂ purificado o con aire sintético purificado. La precisión del mezclador será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración diluidos dentro de un margen de ± 2 %.

1.3. Procedimiento de utilización de los analizadores y del sistema de muestreo

El procedimiento de utilización de los analizadores deberá ajustarse a las instrucciones de puesta en marcha y utilización del fabricante del instrumento. Deberán respetarse también los requisitos mínimos indicados en los puntos 1.4 a 1.9.

1.4. Prueba de fuga

Se efectuará una prueba de fuga del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obturará su extremidad. Se pondrá en marcha la bomba del analizador. Tras un periodo inicial de estabilización, todos los caudalímetros deberán indicar cero. En caso contrario, se verificarán los conductos de muestreo y se corregirá el error.

El índice de fuga máximo admisible en el lado del vacío será del 0,5 % del índice del caudal utilizado en la porción del sistema que se está verificando. Los caudales del analizador y los caudales de derivación podrán utilizarse para estimar los caudales utilizados.

Otro método consiste en introducir una variación brusca en la concentración al principio de la línea de muestreo, pasando de gas cero a gas patrón. Si al cabo de un periodo de tiempo adecuado el valor leído revela una concentración más baja que la concentración introducida, significará que hay problemas de calibración o de fuga.

1.5. Procedimiento de calibración

1.5.1. Instrumental

Se calibrará el instrumental y se comprobarán las curvas de calibración con gases estándar. Se utilizarán los mismos caudales de gas que para el muestreo del gas de escape.

1.5.2. Tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento será el que recomiende el fabricante. Si éste no especifica ninguno, se recomienda calentar los analizadores durante un mínimo de dos horas.

1.5.3. Analizadores NDIR y HFID

Se regulará el analizador NDIR, según se precise, y se optimizará la llama de combustión del analizador HFID (punto 1.8.1).

1.5.4. Calibración

Se calibrará todo rango de funcionamiento utilizado normalmente.

Mediante aire sintético purificado (o nitrógeno), se pondrán a cero los analizadores de CO, CO₂, NO_x y HC.

Se introducirán en los analizadores los gases de calibración apropiados, se registrarán los valores y se establecerá la curva de calibración de conformidad con el punto 1.5.5.

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

1.5.5. Establecimiento de la curva de calibración

1.5.5.1. Orientaciones generales

La curva de calibración del analizador se determinará mediante un mínimo de cinco puntos de calibración (excluido el cero) espaciados lo más uniformemente posible. La mayor concentración nominal no deberá ser inferior al 90 % del fondo de escala.

La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados. Si el grado polinómico resultante es superior a 3, el número de puntos de calibración (incluido el cero) deberá ser como mínimo igual a dicho grado polinómico más 2.

La curva de calibración no deberá diferir en más de ± 2 % del valor nominal de cada punto de calibración ni en más de ± 1 % del fondo de escala a cero.

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

- el rango de medición;
- la sensibilidad;
- la fecha en que se efectuó la calibración.

1.5.5.2. Calibración inferior al 15 % del fondo de escala

La curva de calibración del analizador se establecerá mediante al menos cuatro puntos de calibración adicionales (excluido el cero) equidistantes nominalmente e inferiores al 15 % del fondo de escala.

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

La curva de calibración no deberá diferir en más de ± 4 % del valor nominal de cada punto de calibración ni en más de ± 1 % del fondo de escala en el cero.

1.5.5.3. Métodos alternativos

Si se puede demostrar que otras técnicas alternativas (por ejemplo, ordenador, conmutador de rangos de control electrónico, etc.) ofrecen una precisión equivalente, se podrán aplicar dichas técnicas.

1.6. Verificación de la calibración

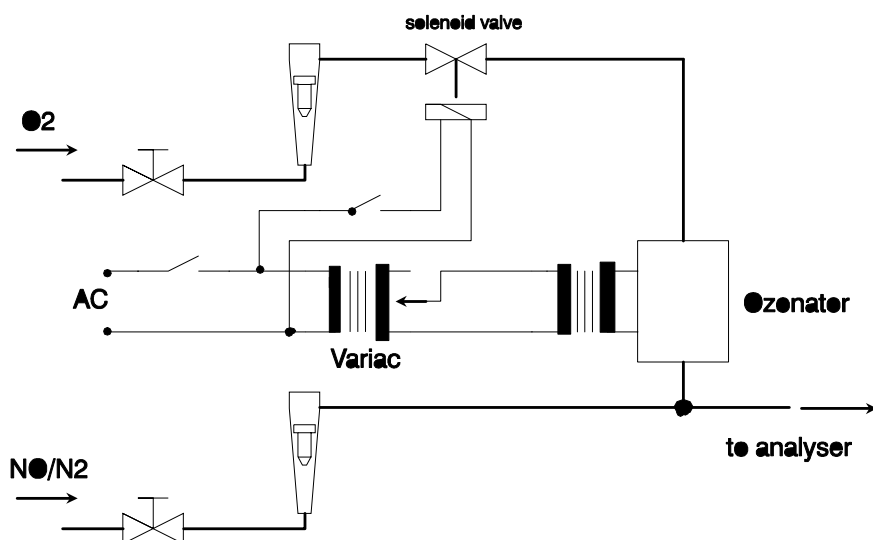
Antes de cada análisis deberá comprobarse cada rango operativo utilizado normalmente siguiendo el procedimiento siguiente:

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

Si el valor hallado para los dos puntos considerados no difiere del valor de referencia declarado en más de ± 4 % del fondo de escala, podrán modificarse los parámetros de ajuste. En caso contrario, se establecerá una nueva curva de calibración de conformidad con el punto 1.5.5.

1.7. Ensayo de eficacia del convertidor de NO_x

La eficacia del convertidor utilizado para la conversión de NO₂ en NO deberá comprobarse como se indica en los puntos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).



Solenoid valve	válvula solenoide
Variac	variac
Ozonator	ozonizador
To analyser	hacia el analizador

Figura 6 – Esquema del dispositivo de comprobación de la eficacia del convertidor de NO₂

1.7.1. Preparación del ensayo

Utilizando el montaje de ensayo indicado en la figura 6 (véase también el anexo 4, apéndice 4, punto 3.3.5) y el procedimiento descrito a continuación, se puede comprobar la eficacia de los convertidores mediante un ozonizador.

1.7.2. Calibración

El CLD y el HCLD deberán calibrarse en el rango operativo más común, según las especificaciones del fabricante, utilizando gas cero y gas patrón (cuyo contenido de NO deberá equivaler aproximadamente a un 80 % del rango operativo, y la concentración de NO₂ de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO_x deberá encontrarse en el modo NO, de manera que el gas patrón 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:

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

Efficiency: eficacia

donde:

a es la concentración de NO_x según el punto 1.7.6

b es la concentración de NO_x según el punto 1.7.7

c es la concentración de NO según el punto 1.7.4

d es la concentración de NO según el punto 1.7.5

1.7.4. Adición de oxígeno

Mediante un conector en T se añadirá oxígeno o aire cero de manera continua al flujo de gas hasta que la concentración indicada sea aproximadamente un 20 % inferior a la concentración de calibración indicada en el punto 1.7.2 (el analizador se encuentra en el modo NO). Se registrará la concentración c indicada. El ozonizador se mantendrá desactivado durante todo el proceso.

1.7.5. Activación del ozonizador

Se activa el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO a aproximadamente un 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibración indicada en el punto 1.7.2. Deberá registrarse la concentración d indicada (el analizador se encuentra en el modo NO).

1.7.6. Modo NO_x

El analizador de NO se cambia entonces al modo NO_x, de manera que la mezcla de gases (constituida por NO, NO₂, O₂ y N₂) pase a través del convertidor. Deberá registrarse la concentración a indicada (el analizador se encuentra en el modo NO_x).

1.7.7. Desactivación del ozonizador

Se desactiva el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el punto 1.7.6 pasará al detector a través del convertidor. Deberá registrarse la concentración d indicada (el analizador se encuentra en el modo NO_x).

1.7.8. Modo NO

Con el cambio al modo NO y el ozonizador desactivado, también quedará interrumpido el flujo de oxígeno o de aire sintético. La medida de NO_x indicada por el analizador no deberá diferir en más de $\pm 5 \%$ del valor medido según el punto 1.7.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

1.7.9. Intervalo de ensayo

La eficacia del convertidor deberá comprobarse antes de cada calibración del analizador de NO_x.

1.7.10. Requisito de eficacia

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

Nota: Si, estando el analizador en el rango más común, el ozonizador no logra una reducción del 80 % al 20 % según lo indicado en el punto 1.7.5, se utilizará el rango más alto que permita esa reducción.

1.8. Ajuste del FID

1.8.1. Optimización de la respuesta del detector

El FID deberá ajustarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del instrumento. Conviene utilizar un gas patrón de propano en aire para optimizar la respuesta en el rango operativo más común.

Con los caudales de combustible y de aire regulados según las recomendaciones del fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón de 350 ± 75 ppm C. La respuesta con un caudal de combustible concreto se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero. El caudal de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrarán las respuestas del gas patrón y del gas cero con esos caudales de combustible. La diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero se representará gráficamente y el caudal de combustible se ajustará al lado rico de la curva.

1.8.2. Factores de respuesta a los hidrocarburos

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

Los factores de respuesta se determinarán cuando se ponga en servicio un analizador y después de largos periodos de servicio. El factor de respuesta (R_f) para un tipo de hidrocarburo particular es la relación entre el valor leído de C1 del FID y la concentración de gas en el cilindro, expresada en ppm de C1.

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

Los gases de ensayo que deberán utilizarse y los correspondientes rangos recomendados del factor de respuesta son los siguientes:

Metano y aire sintético purificado	$1,00 \leq R_f \leq 1,15$ (motores diésel y de GLP)
Metano y aire sintético purificado	$1,00 \leq R_f \leq 1,07$ (motores de GN)
Propileno y aire sintético purificado	$0,90 \leq R_f \leq 1,1$
Tolueno y aire sintético purificado	$0,90 \leq R_f \leq 1,10$

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

1.8.3. Comprobación de la interferencia del oxígeno

El control de la interferencia del oxígeno se efectuará cuando se ponga en servicio un analizador y tras largos periodos de servicio.

El factor de respuesta se define y debe determinarse según lo indicado en el punto 1.8.2. A continuación se indican el gas de ensayo que debe utilizarse y el rango recomendado del factor de respuesta relativo:

Propano y nitrógeno	$0,95 \leq R_f \leq 1,05$
---------------------	---------------------------

Este valor es relativo al factor de respuesta (R_f) de 1,00 para el propano y el aire sintético purificado.

La concentración de oxígeno en el aire del quemador del FID deberá situarse en un margen de $\pm 1\text{ mol \%}$ respecto a la concentración de oxígeno en el aire del quemador utilizado en el último control de interferencia de oxígeno. Si la diferencia es mayor, es preciso controlar la interferencia de oxígeno y, en su caso, ajustar el analizador.

1.8.4. Eficacia del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN)

El NMC se utiliza para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestreo mediante oxidación de todos los hidrocarburos excepto el metano. Idealmente, la conversión es del 0 % para el metano y del 100 % para el resto de hidrocarburos representados por el etano. Para medir con precisión los NMHC, será preciso determinar las dos eficacias y utilizarlas para calcular el caudal másico de emisión del NMHC (véase el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3).

1.8.4.1. Eficacia del metano

Se hará circular gas de calibración de metano por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficacia se determinará de la manera siguiente:

$$CE_M = 1 - \frac{conc_w}{conc_{w/o}}$$

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.

1.8.4.2. Eficacia del etano

Se hará circular gas de calibración de etano 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. Interferencias con los analizadores de CO , CO_2 y NO_x

Los gases de escape distintos del que se analiza pueden interferir en el valor leído de diferentes formas. En los analizadores NDIR se produce una interferencia positiva cuando el gas interferente provoca el mismo efecto que el gas que se está midiendo, pero en menor grado. En los analizadores NDIR se produce una interferencia negativa cuando el gas interferente ensancha la banda de absorción del gas medido, y en los detectores CLD, cuando el gas interferente reduce la radiación. 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 largos periodos de servicio.

1.9.1. Control de interferencia en el analizador de CO

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

1.9.2. Controles de las interferencias en el analizador de NO_x

Los dos gases que pueden interferir en los analizadores CLD y HCLD son el CO₂ y el vapor de agua. Las interferencias de estos dos gases son proporcionales a sus concentraciones, de modo que se precisan técnicas de ensayo para determinar el grado de interferencia a las concentraciones máximas que se prevé alcanzar durante el ensayo.

1.9.2.1. Control de la interferencia del CO₂

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas patrón de CO₂ con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del rango operativo máximo, y el valor de CO₂ se registrará como A. A continuación se diluirá aproximadamente al 50 % con gas patrón de NO y se hará pasar por el NDIR y el (H)CLD, y se registrarán los valores de CO₂ y de NO como B y C, respectivamente. Por último, se interrumpirá el paso del CO₂, por lo que sólo se hará pasar el gas patrón de NO por el (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor D.

El efecto interferente, que no deberá ser superior al 3 % del fondo de escala, se calculará de la manera siguiente:

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

% quench: porcentaje de interferencia

donde:

A es la concentración de CO₂ no diluido medida con el NDIR, en %

B es la concentración de CO₂ diluido medida con el NDIR, en %

C es la concentración de NO diluido medida con el (H)CLD, en ppm

D es la concentración de NO no diluido medida con el (H)CLD, en ppm

Podrán utilizarse otros métodos para diluir y cuantificar los valores de los gases patrón de CO₂ y NO, por ejemplo, el mezclado dinámico.

1.9.2.2. Control de la interferencia del agua

Este control se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas húmedo. El cálculo de la interferencia del agua debe tener en cuenta la dilución del gas patrón de NO con vapor de agua y la adaptación de la concentración de vapor de agua de la mezcla a la esperada durante el ensayo.

Se hará pasar por el (H)CLD un gas patrón de NO con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del rango operativo normal, y el valor de NO se registrará como D. A continuación, el gas patrón de NO se hará borbotear en agua a la temperatura ambiente y se hará pasar por el (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor C. Se determinarán la presión operativa absoluta del analizador y la temperatura del agua y registrarán como valores E y F, respectivamente. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura (F) del agua borbotante y se registrará como G. La concentración de vapor de agua (H, en %) de la mezcla se calculará de la manera siguiente:

$$H = 100 * (G/E)$$

La concentración (De) de gas patrón de NO diluido (en vapor de agua) que se espera alcanzar se calculará de la manera siguiente:

$$De = D * (1 - H/100)$$

Para el escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua de escape (Hm, en %) que se espera obtener durante el ensayo, suponiendo una relación atómica H/C del combustible de 1,8:1, a partir de la concentración de gas patrón de CO₂ no diluido (A, medida según el punto 1.9.2.1), de la manera siguiente:

$$Hm = 0,9 * A$$

El efecto interferente, que no deberá ser superior al 3 %, se calculará de la manera siguiente:

$$\% \text{ de interferencia} = 100 * ((De - C)/De) * (Hm/H)$$

donde:

De es la concentración esperada de NO diluido, en ppm

C es la concentración de NO diluido, en ppm

Hm es la concentración máxima de vapor de agua, en %

H es la concentración efectiva de vapor de agua, en %

Nota: Es importante que el gas patrón de NO contenga una concentración mínima de NO₂ para este control, dado que la absorción de NO₂ en el agua no se ha tenido

en cuenta en los cálculos del efecto interferente.

1.10. Intervalos de calibración

Los analizadores se calibrarán de acuerdo con el punto 1.5 al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en la calibración.

2. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA CVS

2.1. Generalidades

El sistema CVS se calibrará con un caudalímetro de precisión contemplado en una norma nacional o internacional y con un dispositivo limitador. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador, y los parámetros de control del sistema se medirán y se relacionarán con el caudal.

Podrán utilizarse varios tipos de caudalímetros, por ejemplo, un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbidímetro calibrado.

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

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán simultáneamente con los parámetros relacionados con el caudalímetro conectado en serie a la bomba. El caudal calculado (en m³/min en la entrada de la bomba, a una presión y una temperatura absolutas) se representará gráficamente en relación con una función de correlación que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función de correlación. Si un CVS posee múltiples regímenes, la calibración deberá efectuarse para cada rango utilizado. La temperatura deberá mantenerse estable durante la calibración.

2.2.1. Análisis de datos

El caudal de aire (Q_s) para cada posición del limitador (mínimo seis posiciones) se calculará en m³ estándar/min a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación, el caudal de aire deberá convertirse en caudal de la bomba (V₀) en m³/rev a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} * \frac{T}{273} * \frac{101.3}{P_A}$$

donde:

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

T = temperatura en la entrada de la bomba, en K

p_A = presión absoluta en la entrada de la bomba ($p_B - p_I$), en kPa

n = régimen de la bomba, en rev/s

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y el índice de deslizamiento de la bomba, se calculará la función de correlación (X_0) entre la velocidad de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

$$X_0 = \frac{1}{n} * \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

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

Deberá efectuarse un ajuste mínimo cuadrado lineal para generar la ecuación de calibración del modo siguiente:

$$V_0 = D_0 - m * (X_0)$$

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

Para un sistema CVS con múltiples velocidades, las curvas de calibración generadas para los distintos rangos de caudal de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección (D_0) aumentarán a medida que disminuya el rango de caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación deberán encontrarse dentro de un margen de $\pm 0,5$ % del valor medido de V_0 . Los valores m variarán de una bomba a otra. Con el tiempo, el flujo de partículas acabará provocando una disminución del deslizamiento de la bomba, tal como lo refleja el descenso de los valores m . En consecuencia, la calibración deberá efectuarse en el momento de la puesta en servicio de la bomba, después de una operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema (punto 2.4) indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

2.3. Calibración del venturi de flujo crítico (CFV)

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

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

donde:

K_v = coeficiente de calibración

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

T = temperatura en la entrada del venturi, en K

2.3.1. Análisis de datos

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

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

donde:

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

T = temperatura en la entrada del venturi, en K

p_A = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

Para determinar el rango de caudal crítico, K_v se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del venturi. Para el caudal crítico (estrangulado), K_v tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuya la presión (aumente el vacío), desaparece el estrangulamiento del venturi y K_v disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del rango admisible.

Para un mínimo de ocho puntos en la zona de caudal crítico, se calculará el K_v medio y la desviación típica. La desviación típica no deberá superar $\pm 0,3$ % del K_v medio.

2.4. Verificación de todo el sistema

La precisión total del sistema de muestro CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras éste funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de acuerdo con el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3, excepto en el caso del propano, para el que se utiliza un factor de 0,000472 en lugar del factor 0,000479 utilizado para los HC. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes:

2.4.1. Medición con un orificio de flujo crítico

Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de flujo crítico calibrado. Si la presión de entrada es suficientemente alta, el caudal, que se regula mediante el orificio de flujo crítico, es independiente de la presión de salida del orificio ($\equiv$ flujo crítico). El sistema CVS deberá funcionar como en un ensayo de escape normal durante 5 a 10 minutos aproximadamente. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración), y se calculará la masa del gas. La masa así determinada deberá encontrarse dentro de un margen de $\pm 3 \%$ de la masa conocida del gas inyectado.

2.4.2. Medición por medio de una técnica gravimétrica

Se determinará el peso de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de $\pm 0,01$ gramos. Durante 5 a 10 minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en un ensayo de escape normal, 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 deberá encontrarse dentro de un margen de $\pm 3 \%$ de la masa conocida del gas inyectado.

3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS

3.1. Introducción

Cada componente se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe emplearse para los componentes indicados en el anexo 4, apéndice 4, apartado 4, y apéndice 6, apartado 2.

3.2. Medición del caudal

La calibración de los caudalímetros de gas o del instrumental de medición del caudal deberá ser conforme a normas internacionales y/o nacionales. El error máximo del valor medido no será superior a $\pm 2 \%$ del valor leído.

Si el caudal de gas se determina mediante medición diferencial del caudal, el error máximo de la diferencia será tal que la precisión de G_{EDF} se sitúe dentro de un margen de $\pm 4 \%$ (véase también el anexo 4, apéndice 6, punto 2.2.1, EGA). Éste puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

3.3. Verificación de las condiciones del flujo parcial

La gama de velocidades del gas de escape y las oscilaciones de presión se comprobarán y ajustarán de conformidad con los requisitos del anexo 4, apéndice 6, punto 2.2.1, EP, si procede.

3.4. Intervalos de calibración

El instrumental de medición del caudal deberá calibrarse al menos cada tres meses o siempre que se efectúe una reparación o modificación del sistema que pueda afectar a la calibración.

4. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DEL HUMO

4.1. Introducción

El opacímetro se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe emplearse para los componentes indicados en el anexo 4, apéndice 4, apartado 5, y apéndice 6, apartado 3.

4.2. Procedimiento de calibración

4.2.1. Tiempo de calentamiento

El opacímetro se calentará y estabilizará según las recomendaciones del fabricante. Si el opacímetro dispone de un sistema de purga de aire para evitar que se ensucie la óptica del instrumento, este sistema también deberá activarse y ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

4.2.2. Establecimiento de la respuesta de linealidad

Se controlará la linealidad del opacímetro en la función de lectura de la opacidad según las recomendaciones del fabricante. Se introducirán en el opacímetro tres filtros de densidad neutra y de transmitancia conocida, que deberán cumplir los requisitos del anexo 4, apéndice 4, punto 5.2.5, y se registrará el valor. Los filtros de densidad neutra deberán tener opacidades nominales de aproximadamente 10 %, 20 % y 40 %.

La linealidad no deberá diferir en más de ± 2 % de opacidad respecto al valor nominal del filtro de densidad neutra. Todo defecto de linealidad que supere este valor deberá corregirse antes del ensayo.

4.3. Intervalos de calibración

El opacímetro se calibrará de acuerdo con el punto 4.2.2 al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en la calibración.

1.2. Descripción del sistema de análisis

Se describe un sistema de análisis para determinar las emisiones gaseosas en bruto (figura 7, ensayo ESC exclusivamente) o diluidas (figura 8, ensayo 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 elementos se tomará con una sonda de muestreo o con dos sondas de muestreo situadas a gran proximidad y divididas internamente en función de los diferentes analizadores. Habrá que asegurarse de que no se produce condensación de los componentes de escape (incluidos el agua y el ácido sulfúrico) en ningún punto del sistema de análisis.

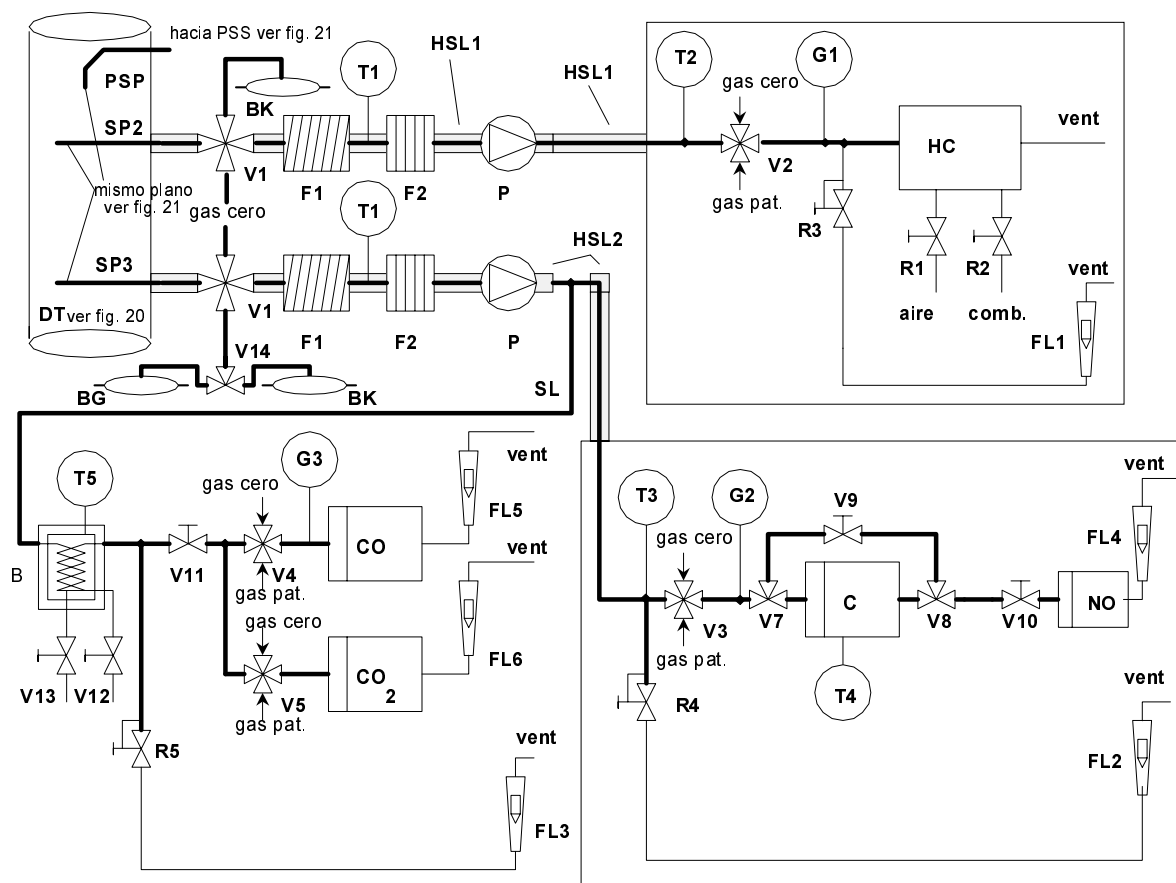


Figura 8 - Diagrama de flujo del sistema de análisis del gas de escape diluido para CO, CO₂, NO_x y HC (para el ensayo ETC, opcional para el ensayo ESC).

1.2.1. Elementos de las figuras 7 y 8

EP Tubo de escape

SP1 Sonda de muestreo del gas de escape (sólo la figura 7)

Se recomienda utilizar una sonda recta de acero inoxidable cerrada en su extremidad y de múltiples agujeros. El diámetro interior no será mayor que el diámetro interior del conducto de muestreo. El grosor de la pared de la sonda no será superior a 1 mm. Deberá haber un mínimo de tres orificios en tres planos radiales diferentes dimensionados para muestrear aproximadamente el mismo caudal. La sonda ocupará al menos un 80 % del diámetro del tubo de escape. Podrán utilizarse una o dos sondas de muestreo.

SP2 Sonda de muestreo del gas de escape diluido para HC (sólo la figura 8)

La sonda:

- se definirá como los primeros 254 a 762 mm del conducto de muestreo calentado (HSL1);
- tendrá un diámetro interior mínimo de 5 mm;
- se instalará en el túnel de dilución (DT) (véase el punto 2.3, figura 20) en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente (es decir, aproximadamente a diez veces el diámetro del túnel después del punto en que el gas de escape penetra en el túnel de dilución);
- se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea influida por ninguna estela o turbulencia;
- se calentará para aumentar la temperatura del flujo de gas hasta $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) en la salida de la sonda.

SP3 Sonda de muestreo del gas de escape diluido para CO, CO₂ y NO_x (sólo la figura 8)

La sonda:

- estará en el mismo plano que la sonda SP 2;
- se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea influida por ninguna estela o turbulencia;

- estará calentada y aislada en toda su longitud a una temperatura mínima de 328 K (55 °C) para evitar la condensación de agua.

HSL1 Conducto de muestreo calentado

El conducto de muestreo permite transportar una muestra de gas desde una única sonda hasta el punto o los puntos de separación y el analizador de HC.

El conducto de muestreo:

- tendrá un diámetro interior de 5 mm como mínimo y de 13,5 mm como máximo;
- deberá ser de acero inoxidable o de PTFE;
- mantendrá una temperatura de pared de $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) medida en cada sección calentada y controlada por separado, si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es igual o inferior a 463 K (190 °C);
- mantendrá una temperatura de pared superior a 453 K (180 °C), si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es superior a 463 K (190 °C);
- mantendrá una temperatura del gas de $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) inmediatamente antes del filtro calentado F2 y del HFID.

HSL2 Conducto de muestreo de NO_x calentado

El conducto de muestreo:

- mantendrá una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C), hasta el convertidor C cuando se utilice un baño refrigerante B y hasta el analizador cuando no se utilice un baño refrigerante B;
- deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.

SL Conducto de muestreo para CO y CO₂

El conducto deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá estar calentado o no.

BK Bolsa de fondo (opcional; sólo la figura 8)

Para el muestreo de las concentraciones de fondo.

BG Bolsa de muestreo (opcional; sólo para CO y CO₂ de la figura 8)

Para el muestreo de las concentraciones de la muestra.

F1 Prefiltro calentado (opcional)

Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1.

F2 Filtro calentado

El filtro deberá extraer todas las partículas sólidas de la muestra de gas antes del analizador. Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1. El filtro se sustituirá cuando sea necesario.

P Bomba de muestreo calentada

La bomba se calentará a la misma temperatura que el HSL1.

HC Detector de ionización de llama calentado (HFID) para determinar los hidrocarburos.

La temperatura se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C y 200 °C).

CO y CO₂ Analizadores NDIR para determinar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono (opcional para determinar la relación de dilución para la medición de PT).**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 NO₂ a NO antes del análisis en el CLD o el HCLD.

B Baño refrigerante (opcional)

Para refrigerar y condensar el agua de la muestra de escape. El baño se mantendrá a una temperatura de 273 K a 277 K (0 °C a 4 °C) mediante hielo o refrigeración. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias de vapor de agua, tal como se indica en el anexo 4, apéndice 5, puntos 1.9.1 y 1.9.2. Si se elimina el agua por condensación, se controlará la temperatura o punto de condensación de la muestra de gas, ya sea en el interior del colector de agua o en otro lugar después de éste. La temperatura o el punto de condensación de la muestra de gas no deberá superar 280 K (7 °C). No se permite la utilización de secadores químicos para eliminar el agua de la muestra.

T1, T2 y T3 Sensores de temperatura

Para controlar la temperatura del flujo de gas.

T4 Sensor de temperatura

Para controlar la temperatura del convertidor NO₂-NO.

T5 Sensor de temperatura

Para controlar la temperatura del baño refrigerante.

G1, G2 y G3 Manómetros

Para medir la presión en los conductos de muestreo.

R1 y R2 Reguladores de presión

Para controlar la presión del aire y del combustible, respectivamente, en el HFID.

R3, R4 y R5 Reguladores de presión

Para controlar la presión en los conductos de muestreo y el caudal que llega a los analizadores.

FL1, FL2 y FL3 Caudalímetros

Para controlar el caudal de derivación de la muestra.

FL4 a FL6 Caudalímetros (opcional)

Para controlar el caudal que circula por los analizadores.

V1 a V5 Válvulas selectoras

Sistema de válvulas adecuado para dirigir el flujo del gas de la muestra, del gas patrón o del gas cero a los analizadores.

V6 y V7 Válvulas solenoides

Para poner en derivación el convertidor NO₂-NO.

V8 Válvula de aguja

Para equilibrar el flujo del convertidor C de NO₂-NO y el flujo de derivación.

V9 y V10 Válvulas de aguja

Para regular los flujos que reciben los analizadores.

V11 y V12 Válvulas purgadoras (opcionales)

Para drenar el condensado del baño B.

1.3. Análisis del NMHC (sólo 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 analítica, por la que se hace circular con un gas portador inerte. La columna separa los distintos componentes en función de sus puntos de ebullición para que eluyan de la columna en momentos diferentes. A continuación pasan por un detector que emite una señal eléctrica que depende de la concentración de los componentes. Como no se trata de una técnica de análisis continuo, sólo puede utilizarse con el método de la bolsa de muestreo descrito en el anexo 4, apéndice 4, punto 3.4.2.

Para los NMHC se utilizará una GC automática con un FID. Se tomará una muestra de gas de escape en una bolsa de muestreo, parte de la cual se inyectará en la GC. La muestra se separará en dos partes (CH_4 /Aire/CO y NMHC/CO₂/H₂O) en la columna de Porapak. La columna de tamiz molecular separa el CH_4 del aire y el CO antes de hacerlo pasar por el FID, donde se medirá su concentración. Un ciclo completo, desde la inyección de una muestra hasta la inyección de una segunda muestra, puede efectuarse en treinta segundos. Para determinar los NMHC, se restará la concentración de CH_4 de la concentración total de HC (véase el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1).

La figura 9 muestra una GC típica montada para la determinación rutinaria de CH_4 . Pueden utilizarse otros métodos de GC basados en buenas prácticas técnicas.

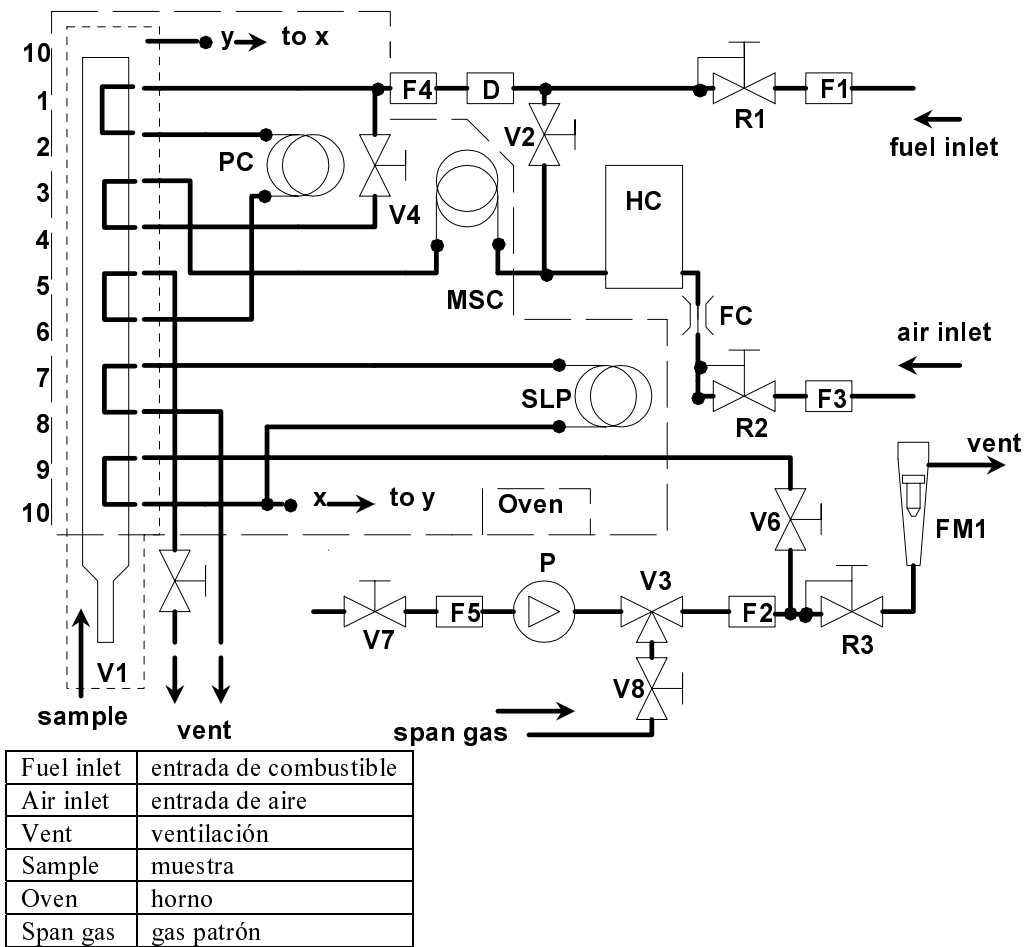


Figura 9 - Diagrama de flujo para el análisis de metano (método GC)

Elementos 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 de longitud y 2,16 mm de diámetro interior. Si se utiliza por primera vez, la columna deberá acondicionarse durante un mínimo de doce horas a 423 K (150 °C) con un gas portador.

MSC Columna de tamiz molecular

Tipo 13X, de 250/350 µm (malla de 45/60), 1 220 mm de longitud × 2,16 mm de diámetro interior. Acondicionamiento durante un mínimo de doce horas a 423 K (150 °C) con un gas portador antes de su primera utilización.

OV Horno

Para mantener las columnas y las válvulas a una temperatura estable para el funcionamiento del analizador, y para acondicionar las columnas a 423 K (150 °C).

SLP Bucle de muestra

Tubo de acero inoxidable de longitud suficiente para albergar un volumen de 1 cm³ aproximadamente.

P Bomba

Para transportar la muestra al cromatógrafo de gas.

D Secador

Se utilizará un secador que contenga un tamiz molecular para eliminar el agua y otros contaminantes que pueda haber en el gas portador.

HC Detector de ionización de llama (FID) para medir la concentración de metano

V1 Válvula de inyección de la muestra

Para inyectar la muestra que se ha tomado de la bolsa de muestreo mediante el conducto de muestreo SL de la figura 8. Deberá tener un volumen muerto bajo, ser estanca al gas y poderse calentar a 423 K (150 °C).

V3 Válvula selectora

Para seleccionar el gas patrón, la muestra o la ausencia de flujo.

V2, V4, V5, V6, V7 y V8 Válvulas de aguja

Para establecer los caudales del sistema.

R1, R2 y R3 Regulador de presión

Para controlar los caudales del combustible (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

FC Capilar del flujo

Para controlar el flujo de aire que llega al FID.

G1, G2 y G3 Manómetros

Para controlar los caudales de combustible (= gas portador), de la muestra y del aire,

respectivamente.

F1, F2, F3, F4 y F5 Filtros

Filtros de metal sinterizado para prevenir la penetración de arenilla en la bomba o en el instrumento.

FL1 Caudalímetro

Para medir el caudal de la muestra en derivación.

1.3.2. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC, figura 10)

El separador oxida todos los hidrocarburos, excepto el CH_4 , en CO_2 y 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 del flujo en el SL (véase el punto 1.2, figura 8) que permita hacer pasar el flujo alternativamente por el separador o por una derivación, tal como indica la parte superior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán ambos valores (HC y CH_4) en el FID y se registrarán. Si se emplea el método de integración, se instalará un NMC en línea con un segundo FID paralelo al FID normal en el HSL1 (véase el punto 1.2, figura 8), tal como indica la parte inferior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán los valores de los dos FID (HC y CH_4) y se registrarán.

Antes de utilizarlo en el ensayo, el separador se caracterizará a una temperatura mínima de 600 K (327 °C) respecto a su efecto catalítico sobre el CH_4 y el C_2H_6 con valores de H_2O representativos de las condiciones del flujo de escape. Deberán conocerse el punto de condensación y el nivel de O_2 del flujo de escape muestreado. Se registrará la respuesta relativa del FID al CH_4 (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.2).

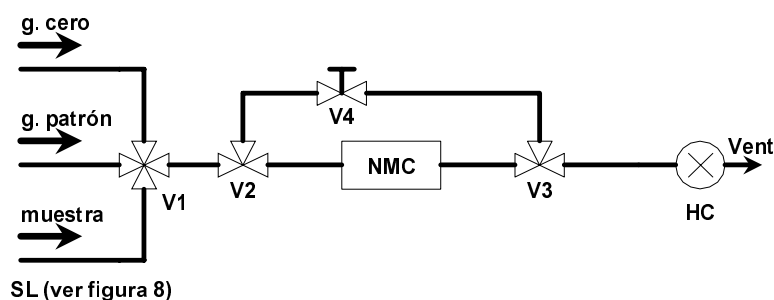
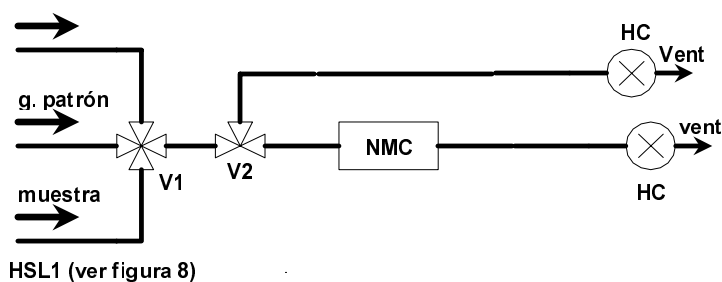
**Método de la bolsa de muestreo****Método integrador**

Figura 10 - Diagrama de flujo para el análisis del metano con el separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

Elementos de la figura 10

NMC Separador de hidrocarburos no metánicos

Para oxidar todos los hidrocarburos excepto el metano.

HC Detector de ionización de llama calentado (HFID)

Para medir las concentraciones de HC y CH₄. La temperatura se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C y 200 °C).

V1 Válvula selectora

Para seleccionar la muestra, el gas cero y el gas patrón. La válvula V1 es idéntica a la válvula V2 de la figura 8.

V2 y V3 Válvulas solenoides

Para poner en derivación el NMC.

V4 Válvula de aguja

Para equilibrar el caudal del NMC y el caudal de derivación.

R1 Regulador de presión

Para controlar la presión en el conducto de muestreo y el caudal del HFID. El regulador R1 es idéntico al regulador R3 de la figura 8.

FL1 Caudalímetro

Para medir el caudal de derivación de la muestra. El caudalímetro FL1 es idéntico al caudalímetro FL1 de la figura 8.

2. DILUCIÓN DEL GAS DE ESCAPE Y DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

2.1. Introducción

Los puntos 2.2, 2.3 y 2.4 y las figuras 11 a 22 ofrecen descripciones detalladas de los sistemas de dilución y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello responde a buenas prácticas técnicas.

2.2. Sistema de dilución de flujo parcial

En las figuras 11 a 19 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte del flujo de escape. La separación del flujo de escape y el proceso de dilución posterior pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la posterior recogida de las partículas, la totalidad o sólo una parte del gas de escape diluido se hará pasar por el sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). El primer método se denominará tipo de muestreo total y el segundo, tipo de muestreo fraccionado.

El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado. Se recomiendan los tipos siguientes:

Sistemas isocinéticos (figuras 11 y 12)

Con estos sistemas, el flujo del tubo de transferencia se equipara con el flujo de escape global en cuanto a velocidad o presión del gas, lo que exige un flujo de escape invariable y uniforme en la sonda de muestreo. Para ello, suele emplearse un resonador y un tubo de aproximación recto antes del punto de muestreo. A continuación se calcula la relación de separación a partir de valores que puedan determinarse fácilmente, como los diámetros de los tubos. Cabe señalar que la isocinética sólo se utiliza para equiparar las condiciones de flujo, y no para equiparar la distribución en cuanto al tamaño.

Normalmente ésta última no es necesaria, puesto que las partículas son suficientemente pequeñas para seguir las corrientes de fluidos.

Sistemas de caudal controlado con medición de la concentración (figuras 13 a 17)

Con estos sistemas se toma una muestra del flujo de escape global ajustando el caudal del aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de las concentraciones de gases trazadores, como CO_2 o NO_x , que aparecen de manera natural en el escape del motor. Se miden las concentraciones en el gas de escape diluido y en el aire de dilución, mientras que la concentración en el gas de escape bruto puede medirse directamente o determinarse a partir del caudal de combustible y la ecuación de equilibrio del carbono, si se conoce la composición del combustible. Los sistemas pueden controlarse mediante la relación de dilución calculada (figuras 13 y 14) o el caudal del tubo de transferencia (figuras 12, 13 y 14).

Sistemas de caudal controlado con medición del caudal (figuras 18 y 19)

Con estos sistemas se toma una muestra del flujo de escape global configurando el caudal de aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de la diferencia entre ambos caudales. Es preciso calibrar con precisión los caudalímetros, el uno respecto al otro, dado que la magnitud relativa de ambos caudales puede dar lugar a errores significativos con relaciones de dilución más altas (de 15 en adelante). Se consigue un control del caudal muy directo manteniendo constante el caudal de gas de escape diluido y variando el caudal de aire de dilución, si es necesario.

Al emplear sistemas de dilución de flujo parcial, se procurará evitar los problemas de pérdida de partículas en el tubo de transferencia, asegurándose de que se toma una muestra representativa del gas de escape del motor, y determinar la relación de separación. Los sistemas descritos tienen en cuenta estas áreas críticas.

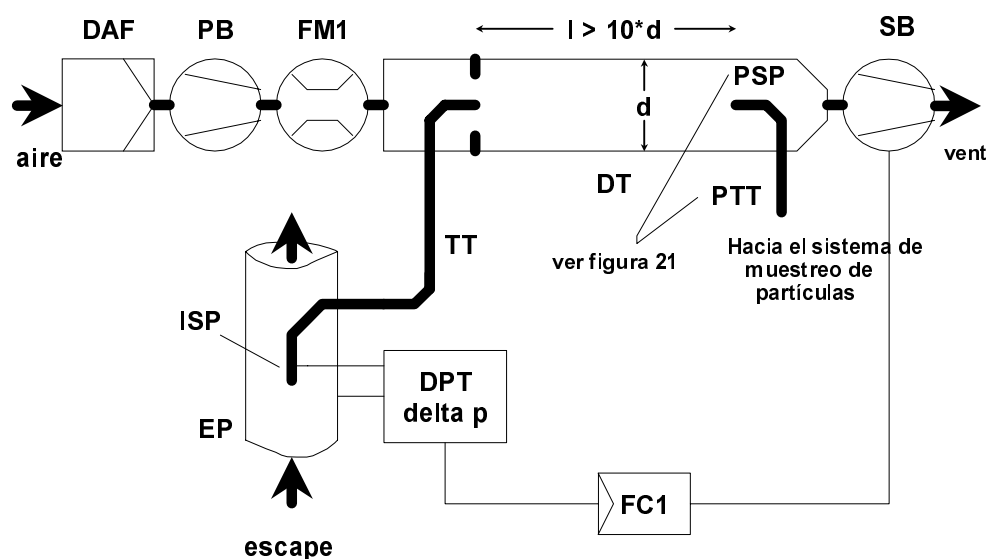


Figura 11 - Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con SB)

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el aspirador SB para mantener una diferencia de presión igual a cero en la extremidad de la sonda. En estas condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y en la ISP son idénticas, y el caudal de la ISP y del TT constituye una fracción constante (división) del caudal de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de las secciones transversales del EP y de la ISP. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1. La relación de dilución se calcula a partir del caudal del aire de dilución y de la relación de separación.

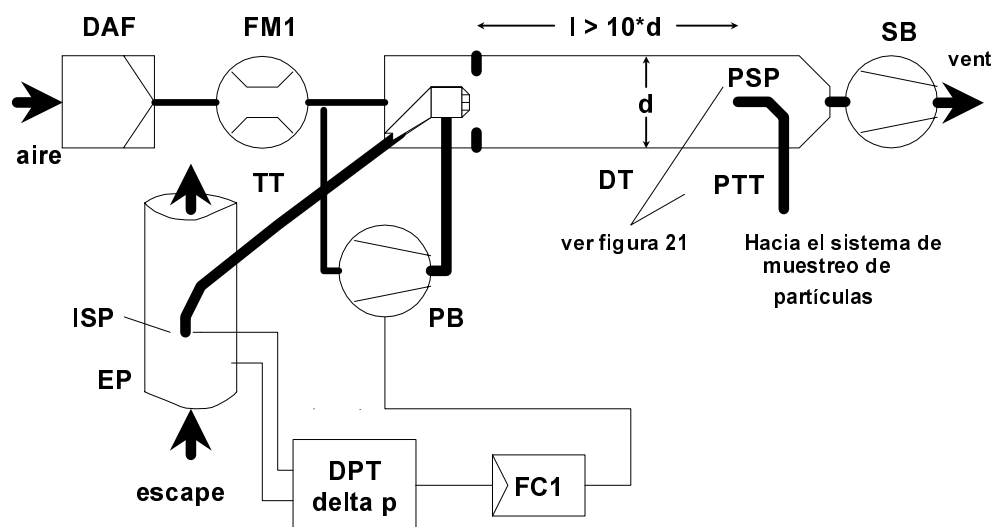


Figura 12 - Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con PB)

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el ventilador centrífugo PB con objeto de mantener una diferencia de presión igual a cero en la extremidad de la sonda. Para ello se toma una pequeña fracción del aire de dilución, cuyo caudal ya se ha medido con el dispositivo de medición de caudal FM1, y se introduce en el TT mediante un orificio neumático. En estas condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y en la ISP son idénticas, y el caudal de la ISP y del TT constituye una fracción constante (división) del caudal de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de las secciones transversales del EP y de la ISP. El aspirador SB succiona el aire de dilución a través del DT, y el caudal se mide con el FM1 en la entrada del DT. La relación de dilución se calcula a partir del caudal del aire de dilución y de la relación de separación.

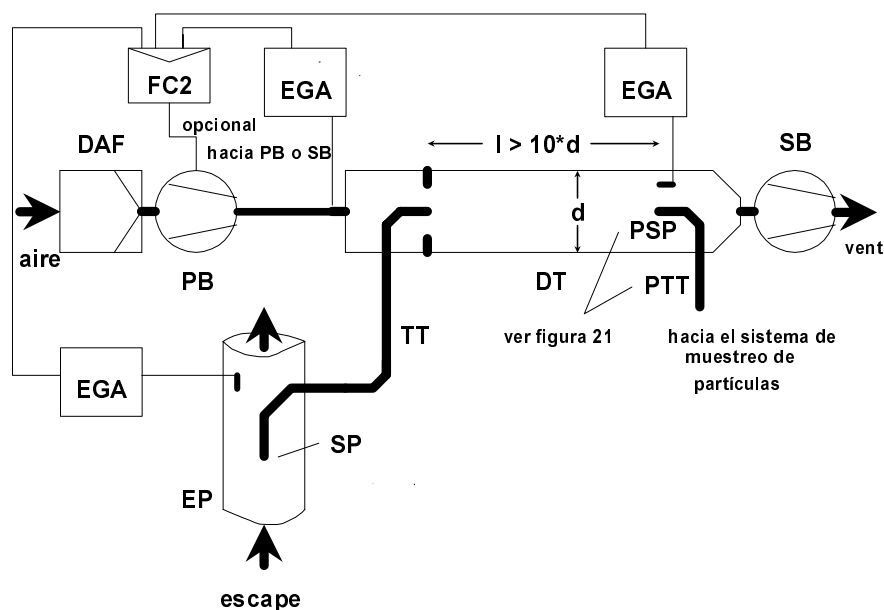


Figura 13 - Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO_2 o NO_x y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. Se miden las concentraciones de un gas trazador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape bruto y diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Estas señales se transmiten al controlador de flujo FC2, que controla el ventilador centrífugo PB o el aspirador SB para mantener en el DT la división del escape y la relación de dilución deseadas. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de gas trazador en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución.

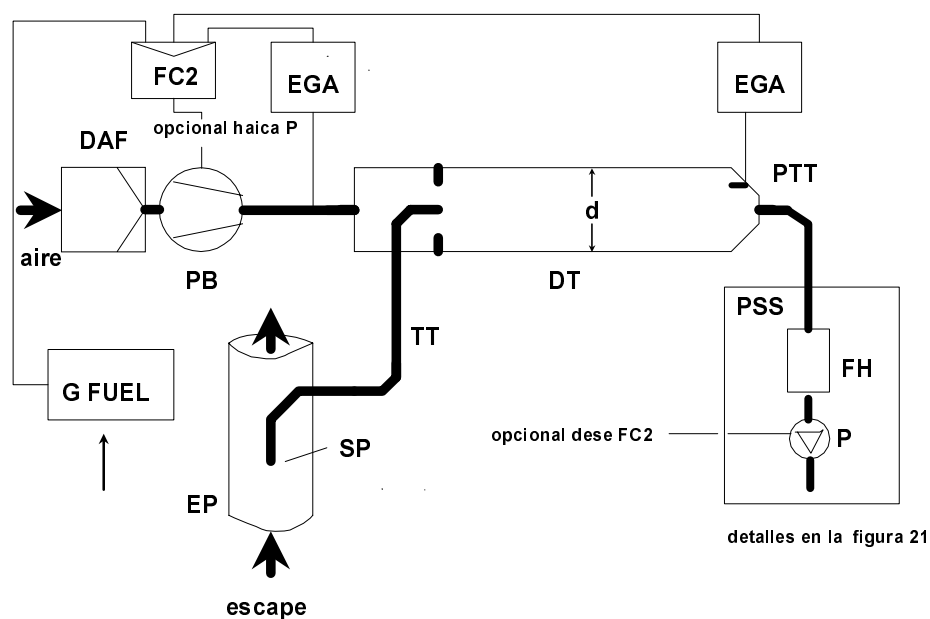


Figura 14 - Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO_2 , equilibrio de carbono y muestreo total

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. Se miden las concentraciones de CO_2 en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Las señales de flujo 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 ajustan los caudales de entrada y de salida del sistema a fin de mantener la división 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 CO_2 y de G_{FUEL} , partiendo de la hipótesis de equilibrio del carbono.

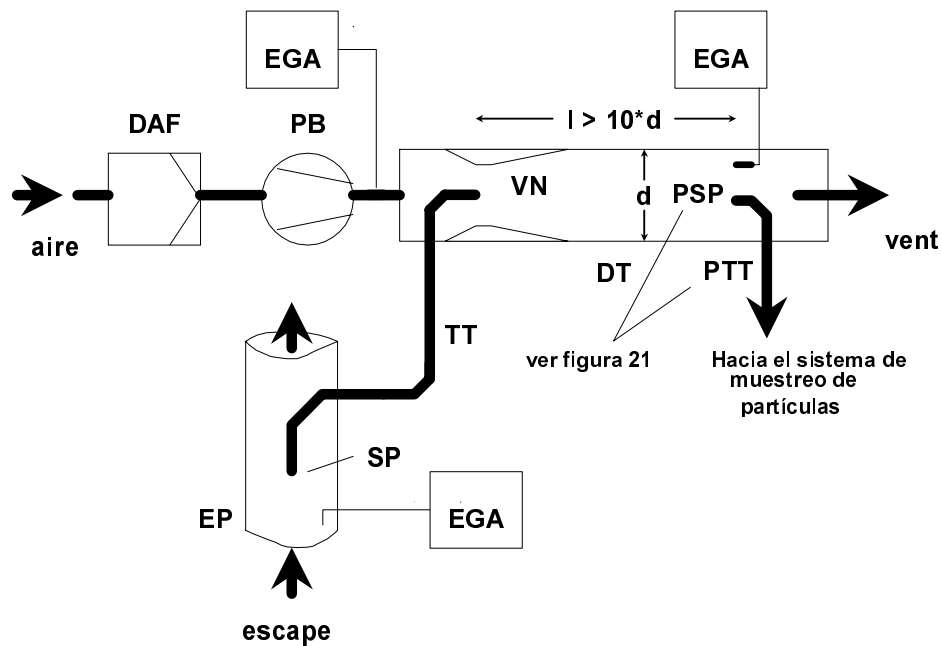


Figura 15 - Sistema de dilución de flujo parcial con un solo venturi, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, debido a la presión negativa que provoca el venturi VN en el DT. El caudal de gas que pasa por el TT depende del intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi y, por tanto, se ve afectado por la temperatura absoluta del gas en la salida del TT. Por consiguiente, la división del gas de escape para un determinado caudal del túnel no es constante, y la relación de dilución con poca carga es ligeramente inferior a la relación con mucha carga. Se miden las concentraciones del gas trazador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) EGA, y se calcula la relación de dilución a partir de los valores medidos.

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, mediante un divisor del flujo que contiene varios orificios o venturis. El primer divisor de flujo (FD1) se encuentra en el EP y el segundo (FD2), en el TT. Se precisan además dos válvulas reguladoras de presión (PCV1 y PCV2) para mantener una división constante del gas de escape, controlando la contrapresión en el EP y la presión en el DT. La PCV1 está situada después de la bomba de muestreo en el tubo de escape, y la PCV2, entre el ventilador centrífugo PB y el túnel de dilución DT. Se miden las concentraciones del gas trazador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Dichas concentraciones son necesarias para controlar la división del gas de escape, y pueden utilizarse para ajustar las válvulas PCV1 y PCV2 de cara a un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

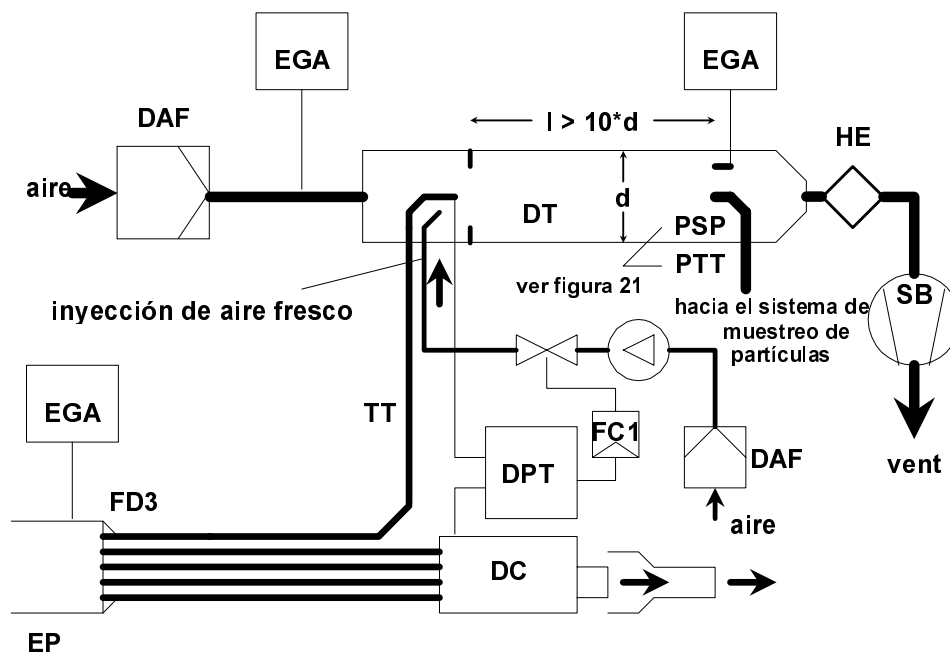


Figura 17 - Sistema de dilución de flujo parcial con división en tubos múltiples, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, gracias al divisor de flujo FD3, que consiste en varios tubos de las mismas dimensiones (mismo diámetro, longitud y radio de curvatura) instalados en el tubo de escape EP. El gas de escape que pasa por uno de los tubos se conduce hasta el túnel de dilución DT, y el gas de escape que pasa por el resto de los tubos se hace pasar por la cámara amortiguadora DC. Por lo tanto, el número total de tubos determina la división del gas de escape. Para mantener un control constante de dicha división es preciso que la diferencia de presión entre la DC y la salida del TT, medida con el transductor de presión diferencial DPT, sea igual a cero. Para conseguir que dicha diferencia de presión sea igual a cero, se inyecta aire fresco en el DT a la salida del TT. Se miden las concentraciones del gas trazador (CO_2 o NO_x) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Dichas concentraciones son necesarias para controlar la división del gas de escape y pueden utilizarse para controlar el caudal de inyección de aire de cara a un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. La división del gas de escape y el flujo que entra en el DT se controlan mediante el regulador de caudal FC2, que regula por lo tanto los flujos (o velocidades) del ventilador centrífugo PB y del aspirador SB. Ello es posible gracias a que la muestra que se toma con el sistema de muestreo de partículas se devuelve al DT. G_{EXHW} , G_{AIRW} o G_{FUEL} pueden utilizarse como señales de mando para el FC2. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1 y el caudal total, con el dispositivo de medición de caudal FM2. La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

2.2.1. Elementos de las figuras 11 a 19

EP Tubo de escape

El tubo de escape podrá estar aislado. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12. Se limitará al mínimo el número de curvas a fin de reducir la deposición inercial. Si el sistema incluye un silenciador del banco de pruebas, también podrá aislarse el silenciador.

Para un sistema isocinético, el tubo de escape no deberá tener codos, curvas ni cambios bruscos de diámetro en una distancia mínima equivalente a seis veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y tres veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad. La velocidad del gas en la zona de muestreo deberá ser superior a 10 m/s excepto en la fase de ralentí. Las variaciones de presión del gas de escape no rebasarán ± 500 Pa de promedio. Cualquier medida que se adopte para reducir las oscilaciones de presión que exceda del uso de un sistema de escape tipo chasis (con inclusión del silenciador y de dispositivos de postratamiento) no deberá alterar el rendimiento del motor ni provocar la deposición de partículas.

Para los sistemas sin sonda isocinética, se recomienda utilizar un tubo recto de una longitud equivalente a seis veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y a tres veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad.

SP Sonda de muestreo (figuras 10, 14, 15, 16, 18 y 19)

El diámetro interior mínimo será de 4 mm. La relación mínima entre el diámetro del tubo de escape y el diámetro de la sonda será de 4. La sonda consistirá en un tubo abierto orientado a contracorriente en el eje longitudinal del tubo de escape, o en una sonda de múltiples orificios tal como se describe la sección sobre la SP1 del punto 1.2.1, figura 5.

ISP Sonda de muestreo isocinética (figuras 11 y 12)

La sonda de muestreo isocinética estará orientada a contracorriente en el eje central del tubo de escape, en un punto donde se cumplan las condiciones de flujo especificadas en el punto EP, y estará diseñada para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. El diámetro interior mínimo será de 12 mm.

Se precisa un sistema de control para la división isocinética del gas de escape manteniendo una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP. En tales condiciones, la velocidad del gas de escape es idéntica en el EP y en la ISP, y el caudal másico que circula por la ISP es una fracción constante del caudal del gas de escape. La ISP debe estar conectada a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FC1 permite mantener una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP.

FD1 y FD2 Divisores del flujo (figura 16)

Se monta un conjunto de venturis u orificios en el tubo de escape EP y en el tubo de transferencia TT para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. Se precisa un sistema de control compuesto de dos válvulas reguladoras de presión PCV1 y PCV2 para efectuar una división proporcional controlando las presiones en el EP y el DT.

FD3 Divisor del flujo (figura 17)

Se monta un conjunto de tubos (unidad de tubos múltiples) en el tubo de escape EP para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. Uno de los tubos introduce gas de escape en el túnel de dilución DT, mientras que el resto de los tubos conducen el gas de escape a una cámara amortiguadora DC. Todos los tubos deberán tener las mismas dimensiones (diámetro, longitud, radio de curvatura), de manera que la división del gas de escape dependa del número total de tubos. Se precisa un sistema de control para obtener una división proporcional manteniendo una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de tubos múltiples que conduce a la DC y la salida del TT. En tales condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y el FD3 son proporcionales, y el caudal del TT es una fracción constante del caudal de gas de escape. Ambos puntos deberán estar conectados a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FC1 permite mantener a cero la diferencia de presión.

EGA Analizador de gas de escape (figuras 13, 14, 15, 16 y 17)

Podrán utilizarse analizadores de CO₂ o NO_x (sólo de CO₂ si se utiliza el método de equilibrio de carbono). Los analizadores se calibrarán como los analizadores que se emplean para la medición de las emisiones gaseosas. Podrán utilizarse uno o varios analizadores para determinar las diferencias de concentración. Los sistemas de medición deberán permitir una precisión en la medición del $G_{EDFW,i}$ de $\pm 4 \%$.

TT Tubo de transferencia (figuras 11 a 19)

El tubo de transferencia:

- será lo más corto posible y no rebasará los 5 m de longitud;
- tendrá un diámetro igual o mayor que el de la sonda, pero no superior a 25 mm;
- tendrá su salida en el eje central del túnel de dilución en dirección del flujo.

Si el tubo tiene una longitud de un metro o menos, deberá aislarse con un material que posea una conductividad térmica máxima de 0,05 W/m*K y un grosor radial del aislante equivalente al diámetro de la sonda. Si la longitud del tubo es superior a un metro, deberá aislarse y calentarse hasta que alcance una temperatura de pared mínima de

523 K (250 °C).

DPT Transductor de presión diferencial (figuras 11, 12 y 17)

El transductor de presión diferencial deberá tener un rango máximo de ± 500 Pa.

FC1 Regulador de caudal (figuras 11, 12 y 17)

En los sistemas isocinéticos (figuras 11 y 12), se precisa un regulador de caudal para mantener una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP. El ajuste 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 a un caudal másico constante del gas de escape diluido y controlando el caudal del ventilador centrífugo PB y, por lo tanto, el caudal de muestreo del gas de escape en una zona situada al final del tubo de transferencia TT (figura 12).

En el caso de un sistema de presión controlada, el error remanente en el bucle de control no deberá ser superior a ± 3 Pa. Las variaciones de presión en el túnel de dilución no deberán superar ± 250 Pa de media.

En un sistema de tubos múltiples (figura 17), se precisa un regulador de caudal para la división proporcional del gas de escape, a fin de mantener una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de tubos múltiples y la salida del TT. El ajuste se efectúa controlando el caudal de inyección de aire en el DT en la salida del TT.

PCV1 y PCV2 Válvulas reguladoras de presión (figura 16)

Son necesarias dos válvulas reguladoras de presión en el sistema de doble venturi/orificio para una división proporcional del caudal controlando la contrapresión del EP y la presión en el DT. Las válvulas deberán situarse en el EP, después del SP, y entre el PB y el DT.

DC Cámara amortiguadora (figura 17)

Se instalará una cámara amortiguadora en la salida de la unidad de tubos múltiples para minimizar las variaciones de presión en el tubo de escape EP.

VN Venturi (figura 15)

Se instala un venturi en el túnel de dilución DT para crear una presión negativa en la zona de la salida del tubo de transferencia TT. El caudal de gas que pasa por el TT se determina mediante el intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi,

y básicamente es proporcional al caudal del ventilador centrífugo PB, lo que conduce a una relación de dilución constante. Como la temperatura en la salida del TT y la diferencia de presión entre el EP y el DT influyen en el intercambio de cantidades de movimiento, la relación de dilución real es ligeramente inferior con poca carga que con una mucha carga.

FC2 Regulador de caudal (figuras 13, 14, 18 y 19; es opcional)

Podrá utilizarse un regulador de caudal para controlar el caudal del ventilador centrífugo PB o del aspirador SB. Dicho regulador podrá estar conectado a las señales de caudal de gas de escape, aire de admisión o carburante o a las señales diferenciales de CO₂ o NO_x. Si se utiliza un sistema de suministro de aire presurizado (figura 18), el FC2 controlará directamente el caudal de aire.

FM1 Caudalímetro (figuras 11, 12, 18 y 19)

Un caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del aire de dilución. El FM1 es opcional si el ventilador centrífugo PB se calibra para medir el caudal.

FM2 Caudalímetro (figura 19)

Un caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del gas de escape diluido. El FM2 es opcional si el aspirador SB se ha calibrado para medir el caudal.

PB Ventilador centrífugo (figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 19)

Para controlar el caudal del aire de dilución, podrá conectarse un PB a los reguladores de caudal FC1 o FC2. El PB no es necesario cuando se utiliza una válvula de mariposa. Si está calibrado, el PB puede utilizarse para medir el caudal del aire de dilución.

SB Aspirador (figuras 11, 12, 13, 16, 17 y 19)

Exclusivamente para un sistema de muestreo fraccionado. Si está calibrado, el SB podrá utilizarse para medir el caudal de gas de escape diluido.

DAF Filtro de aire de dilución (figuras 11 a 19)

Se recomienda filtrar el aire de dilución y limpiarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se muestreará el aire de dilución siguiendo las buenas prácticas técnicas para determinar los niveles de partículas de fondo, que posteriormente pueden restarse de los valores medidos en el gas de escape diluido.

DT Túnel de dilución (figuras 11 a 19)

El túnel de dilución:

- tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen por completo en condiciones de flujo con turbulencias;
- será de acero inoxidable con:
 - una relación grosor/diámetro máximo de 0,025 para los túneles de dilución con un diámetro interior de más de 75 mm;
 - un grosor nominal mínimo de 1,5 mm para los túneles de dilución con un diámetro interior máximo de 75 mm;
- deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm para el método de muestreo fraccionado;
- conviene que tenga un diámetro mínimo de 25 mm en el caso del método de muestreo total;
- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

El gas de escape del motor se mezclará completamente con el aire de dilución. En los sistemas de muestreo fraccionado, se comprobará la calidad de la mezcla después de la puesta en servicio determinando el perfil de CO₂ 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 las inmediaciones del túnel de dilución (DT) es inferior a 293 K (20 °C), se tomarán precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías del túnel de dilución. Para ello, se recomienda calentar o aislar el túnel respetando los límites indicados anteriormente.

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, se podrá refrigerar el túnel utilizando un medio no agresivo, como un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 K (20 °C).

HE Intercambiador de calor (figuras 16 y 17)

El intercambiador de calor deberá tener una capacidad suficiente para mantener la temperatura en la entrada del aspirador SB dentro de un margen de ± 11 K respecto a la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo.

2.3. Sistema de dilución de flujo total

En la figura 20 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de la totalidad del gas de escape aplicando el concepto de CVS (muestreo de volumen constante). Debe medirse el volumen total de la mezcla de gas de escape y aire de dilución. Podrá utilizarse una PDP o 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 de dilución simple. Si la muestra se diluye una vez más en el túnel de dilución secundario, se denomina de dilución doble. Esta segunda opción es útil si no es posible alcanzar la temperatura preceptiva en la superficie del filtro con una dilución simple. Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de muestreo de partículas en el punto 2.4, figura 22, dado que comparte la mayoría de los elementos de un sistema de muestreo de partículas típico.

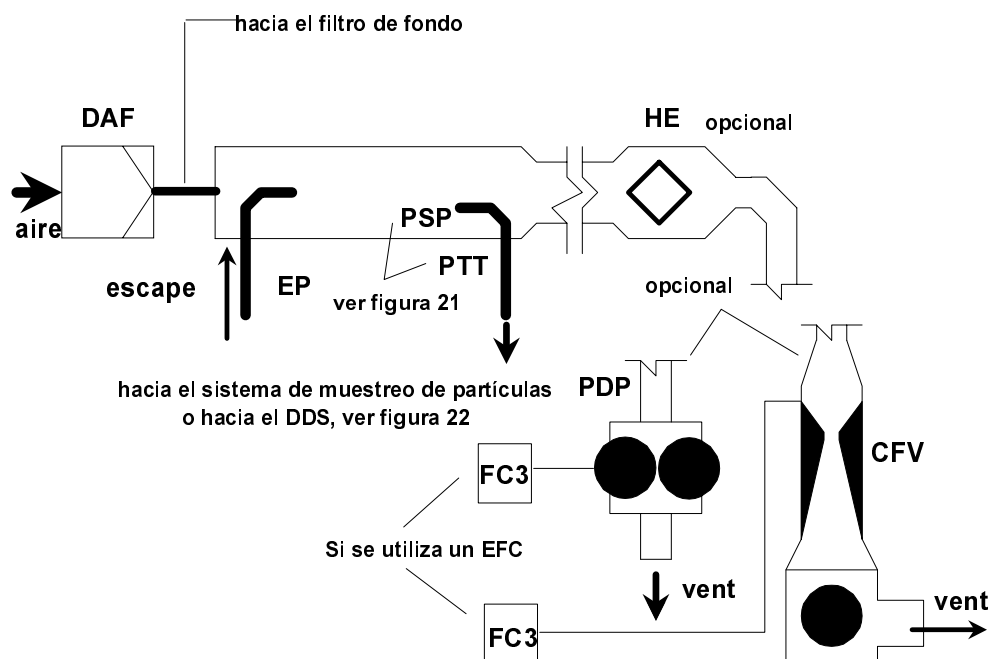


Figura 20 - Sistema de dilución de flujo total

La cantidad total de gas de escape bruto se mezcla en el túnel de dilución DT con el aire de dilución. El caudal de gas de escape diluido se mide con una bomba de desplazamiento positivo PDP o un venturi de flujo crítico CFV. Para el muestreo proporcional de partículas y la determinación del caudal podrá utilizarse un intercambiador de calor HE o un compensador electrónico de caudal EFC. Dado que la determinación de la masa de las partículas se basa en el caudal total de gas de escape diluido, no es preciso calcular la relación de dilución.

2.3.1. Elementos de la figura 20

EP Tubo de escape

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no deberá ser superior a 10 m. Si la longitud del tubo de escape después del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento es superior a 4 m, deberá aislarse toda la longitud del tubo que exceda de los 4 m, salvo el medidor de humo en línea, si se utiliza. El grosor radial del aislante deberá ser de 25 mm como mínimo. La conductividad térmica del material aislante deberá tener un valor máximo de 0,1 W/mK medido a 673 K. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12.

PDP Bomba de desplazamiento positivo

La PDP mide el caudal total de gas de escape diluido a partir del número de revoluciones y del desplazamiento de la bomba. La PDP o el sistema de admisión de aire de dilución no deberán reducir artificialmente la contrapresión del sistema de escape. La contrapresión estática del escape medida con el sistema PDP en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen $\pm 1,5$ kPa del valor de la presión estática medido sin conexión a la PDP a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes de la PDP deberá encontrarse dentro de un margen ± 6 K de la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo, cuando no se utilice compensación de flujo. La compensación de flujo sólo podrá utilizarse si la temperatura en la entrada de la PDP no supera los 323 K (50 °C).

CFV Venturi de caudal crítico

El CFV mide el caudal total de gas de escape diluido manteniendo el flujo estrangulado (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el sistema CFV en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen $\pm 1,5$ kPa del valor de la presión estática medido sin conexión al CFV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del CFV deberá encontrarse dentro de un margen ± 11 K de la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo, cuando no se utilice compensación de flujo.

HE Intercambiador de calor (opcional, si se utiliza un EFC)

El intercambiador de calor deberá tener la capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites indicados anteriormente.

EFC Compensador electrónico de caudal (opcional si se utiliza un HE)

Si la temperatura en la entrada de la PDP o del CFV no se mantiene dentro de los límites indicados anteriormente, deberá utilizarse un compensador de caudal para medir continuamente el caudal y controlar el muestreo proporcional en el sistema de muestreo de partículas. A tal fin, las señales de caudal medidas continuamente se utilizarán para corregir en consecuencia el caudal de muestreo que pasa por los filtros de partículas del sistema de muestreo de partículas (véase el punto 2.4, figuras 21 y 22).

DT Túnel de dilución

El túnel de dilución:

- tendrá un diámetro suficientemente pequeño para provocar un flujo turbulento (el número de Reynolds será superior a 4 000) y tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen completamente; podrá utilizarse un orificio de mezclado;
- tendrá un diámetro mínimo de 460 mm para un sistema de dilución simple;
- tendrá un diámetro mínimo de 210 mm para un sistema de dilución doble;
- podrá estar aislado.

El gas de escape del motor se llevará al punto de introducción en el túnel de dilución y se mezclará adecuadamente.

Si se emplea la dilución simple, se transferirá una muestra del túnel de dilución al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). 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 primario.

Si se emplea la doble dilución, se transferirá una muestra del túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se seguirá diluyendo, y se pasará a continuación por los filtros de muestreo (punto 2.4, figura 22). La capacidad de caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el flujo de gas de escape diluido en el DT a una temperatura máxima de 464 K (191 °C) en la zona de muestreo. El sistema de dilución secundario deberá suministrar suficiente aire de dilución secundario para mantener el flujo de gas de escape doblemente diluido a una temperatura máxima de 325 K (52 °C) inmediatamente antes del filtro de partículas primario.

DAF Filtro de aire de dilución

Se recomienda filtrar el aire de dilución y limpiarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se muestreará el aire de dilución siguiendo las buenas prácticas técnicas para determinar los niveles de partículas de fondo, que posteriormente pueden restarse de los valores medidos en el gas de escape

diluido.

PSP Sonda de muestreo de partículas

La sonda constituye la parte delantera del PTT y:

- se situará a contracorriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en la línea central del túnel de dilución (DT) a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;
- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

2.4. Sistema de muestreo de partículas

Se precisa un sistema de muestreo para recoger las partículas en el filtro de partículas. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial con muestreo total, que consiste en hacer pasar por los filtros la totalidad de la muestra de gas de escape diluido, el sistema de dilución (punto 2.2, figuras 14 y 18) y de muestreo suelen formar una unidad integral. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial o flujo total con muestreo fraccionado, que consiste en hacer pasar por los filtros sólo una porción del gas de escape diluido, los sistemas de dilución (punto 2.2, figuras 11, 12, 13, 15, 16, 17 y 19; y punto 2.3, figura 20) y de muestreo suelen constituir unidades diferentes.

En el presente Reglamento, el sistema de doble dilución (figura 22) de un sistema de dilución de flujo total se considera una modificación específica de un sistema típico de muestreo de partículas, como se puede apreciar en la figura 21. El sistema de doble dilución comprende todos los elementos importantes del sistema de muestreo de partículas, como el portafiltros y la bomba de muestreo, así como algunos elementos de dilución, como un dispositivo de suministro de aire de dilución y un túnel de dilución secundario.

Para evitar todo impacto sobre los bucles de control, se recomienda que la bomba de muestreo se mantenga en funcionamiento durante todo el procedimiento de ensayo. Para el método de filtro simple, se utilizará un sistema de derivación que haga pasar la muestra por los filtros de muestreo en los momentos deseados. Debe minimizarse la interferencia del procedimiento de conmutación en los bucles de control.

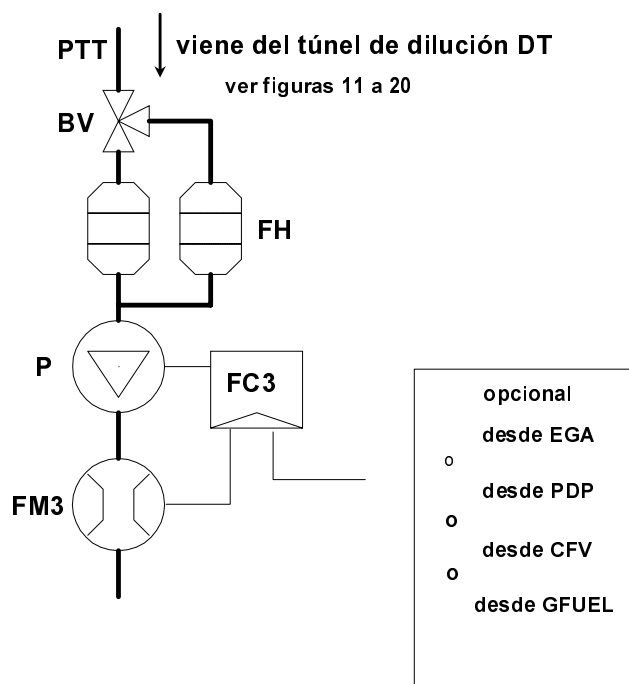


Figura 21 - Sistema de muestreo de partículas

Por medio de la bomba de muestreo P, se toma una muestra de gas de escape diluido en el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo parcial o total a través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT. La muestra se hace pasar por el (los) portafiltros FH que contiene(n) los filtros de muestreo de partículas. El caudal de muestreo se controlará con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 20), el caudal de gas de escape diluido se utilizará como señal de mando para el FC3.

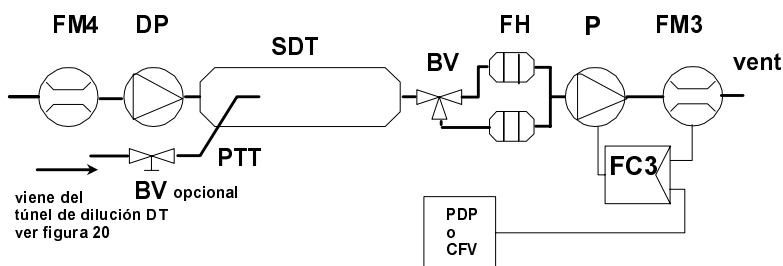


Figura 22 - Sistema de doble dilución (sólo para sistemas de flujo total)

A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, se transfiere una muestra del gas de escape diluido desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo total hasta el túnel de dilución

secundario SDT, donde se vuelve a diluir. A continuación, la muestra se hace pasar por el (los) portafiltros FH que contiene(n) los filtros de muestreo de partículas. El caudal del aire de dilución suele ser constante, mientras que el caudal de muestreo se controla con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 20), el flujo total de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

2.4.1. Elementos de las figuras 21 y 22

PTT Tubo de transferencia de partículas (figuras 21 y 22)

El tubo de transferencia de partículas, cuya longitud no excederá de 1 020 mm, deberá ser lo más corto posible. En su caso (es decir, para sistemas de muestreo fraccionado y dilución de flujo parcial y para sistemas de dilución de flujo total), se incluirá la longitud de las sondas de muestreo (SP, ISP y PSP, respectivamente; véanse los puntos 2.2 y 2.3).

Las dimensiones son válidas para:

- el sistema de muestreo fraccionado y dilución de flujo parcial y para el sistema de dilución simple de flujo total desde la extremidad de la sonda (SP, ISP y PSP, respectivamente) hasta el portafiltros;
- el método de muestreo total y dilución de flujo parcial desde el final del túnel de dilución hasta el portafiltros;
- el sistema de doble dilución de flujo total desde la extremidad de la sonda (PSP) hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere los 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

SDT Túnel de dilución secundario (figura 22)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm y una longitud suficiente para que el tiempo de residencia de la muestra doblemente diluida sea de al menos 0,25 segundos. El portafiltros primario FH estará situado a una distancia máxima de 300 mm de la salida del SDT.

Túnel de dilución secundario:

- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere los 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 y 22)

Los filtros primario y secundario podrán ir en un mismo soporte o en soportes separados. Deberán cumplir los requisitos del anexo 4, apéndice 4, punto 4.1.3.

Los portafiltros:

- podrán calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere los 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 y 22)

La bomba de muestreo de partículas se situará a una distancia suficiente del túnel para que la temperatura del gas de admisión se mantenga constante (± 3 K), si no se corrige el caudal mediante el FC3.

DP Bomba del aire de dilución (figura 22)

La bomba del aire de dilución se situará de manera que el aire de dilución secundario se suministre a una temperatura de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$), si el aire de dilución no se calienta previamente.

FC3 Regulador de caudal (figuras 21 y 22)

Si no se dispone de otro medio, se utilizará un regulador de caudal para compensar las variaciones de temperatura y de contrapresión que pueda experimentar el caudal de muestreo de partículas en su recorrido. Se precisará un regulador de caudal si se utiliza un compensador de caudal electrónico EFC (véase la figura 20).

FM3 Dispositivo de medición de caudal (figuras 21 y 22)

El caudalímetro de gas o dispositivo de medición del caudal de muestreo de partículas estará situado a una distancia suficiente de la bomba de muestreo P para que la temperatura del gas de admisión permanezca constante (± 3 K), si no se corrige el

caudal mediante el FC3.

FM4 Dispositivo de medición del caudal (figura 22)

El caudalímetro de gas o dispositivo de medición del caudal de aire de dilución se situará de manera que el gas de admisión permanezca a una temperatura de $298\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$).

BV Válvula de bola (opcional)

La válvula de bola deberá tener un diámetro interior no inferior al diámetro interior del tubo de transferencia de partículas PTT y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 segundos.

Nota: Si la temperatura ambiente en las inmediaciones de la PSP, el PTT, el SDT y el FH es inferior a 293 K (20 °C), deberían tomarse precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías de estos elementos. En consecuencia, se recomienda calentar y/o aislar dichos elementos respetando los límites indicados en las descripciones respectivas. Se recomienda asimismo que la temperatura en la cara del filtro durante el muestreo no sea inferior a 293 K (20 °C).

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, los citados elementos podrán refrigerarse con un medio no agresivo, tal como un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 K (20 °C).

3. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DEL HUMO

3.1. Introducción

Los puntos 3.2 y 3.3 y las figuras 23 y 24 ofrecen descripciones detalladas de los opacímetros recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con las figuras 23 y 24. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

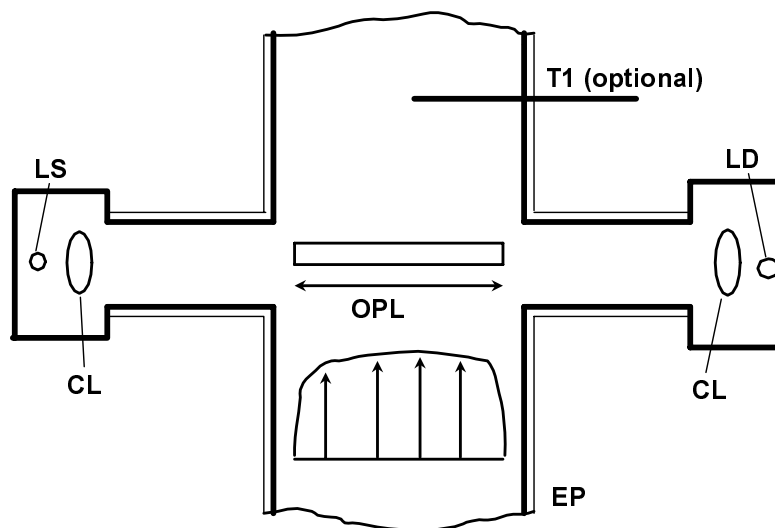
El principio de medición consiste en la transmisión de la luz en una longitud específica del humo que debe medirse y la utilización de la proporción de luz incidente que llega a un receptor para evaluar las propiedades de oscurecimiento de la luz que posee el medio. La medición del humo depende del diseño del aparato y puede efectuarse en el tubo de escape (opacímetro de flujo total dentro del tubo), al final del tubo de escape (opacímetro de flujo total al final del tubo) o tomando una muestra del tubo de escape (opacímetro de flujo parcial). Para determinar el coeficiente de absorción de luz a partir

de la señal de opacidad, el fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico de éste.

3.2. Opacímetro de flujo total

Podrán utilizarse dos tipos generales de opacímetros de flujo total (figura 23). Con el opacímetro en el tubo, la opacidad de todo el penacho de escape se mide en el interior del tubo de escape. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro.

Con un opacímetro al final del tubo, la opacidad de todo el penacho de escape se mide cuando éste sale del tubo de escape. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del tubo de escape y de la distancia entre el final del tubo de escape y el opacímetro.



Optional: opcional

Figura 23 - Opacímetro de flujo total

3.2.1. Elementos de la figura 23

EP Tubo de escape

Si se instala un opacímetro dentro del tubo de escape, el diámetro del tubo no deberá variar en una distancia equivalente a tres veces su diámetro antes y después de la zona de medición. Si el diámetro de la zona de medición es mayor que el diámetro del tubo de escape, se recomienda utilizar un conducto que converja gradualmente antes de la zona de medición.

Si se instala un opacímetro al final del tubo, los últimos 0,6 m del tubo de escape tendrán una sección transversal circular y no tendrán codos ni curvas. El final del tubo de escape estará cortado en ángulo recto. El opacímetro se montará en el centro del penacho, dentro de un margen de 25 ± 5 mm desde la extremidad del tubo de escape.

OPL Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico oscurecido por el humo, entre la fuente luminosa del opacímetro y el receptor, debe corregirse según proceda teniendo en cuenta la ausencia de uniformidad derivada de los gradientes de densidad y el efecto de borde. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida adoptada para evitar las deposiciones de hollín (por ejemplo, aire de purga). Si se desconoce la longitud del camino óptico, deberá determinarse de conformidad con la norma ISO IDS 11614, punto 11.6.5. A fin de determinar correctamente la longitud del camino óptico, el gas de escape deberá tener una velocidad mínima de 20 m/s.

LS Fuente luminosa

La fuente luminosa será una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 800 a 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral de 550 a 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

LD Detector de luz

El detector será una célula fotoeléctrica o un fotodiodo (con un filtro, si es preciso). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el receptor deberá tener una respuesta de pico espectral similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en el rango 550-570 nm, e inferior al 4 % de dicha respuesta máxima por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm. El detector de luz estará protegido contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

CL Lente colimadora

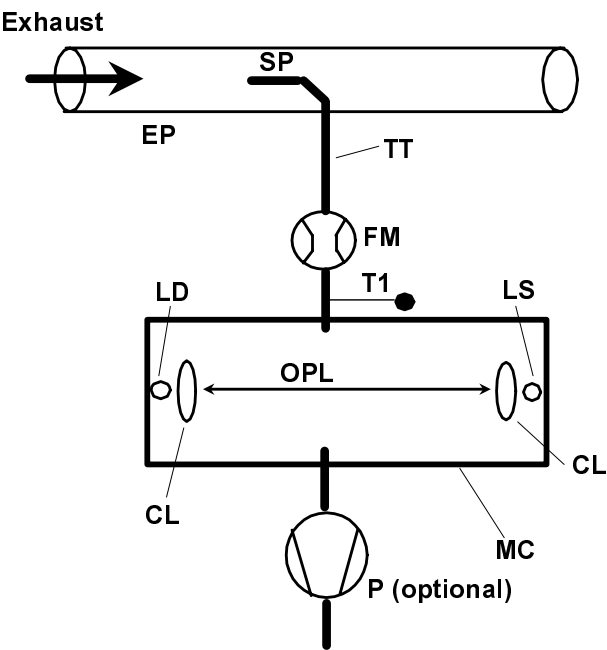
El flujo luminoso se colimará en un haz de un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz deberán ser paralelos, con una tolerancia de 3° respecto al eje óptico.

T1 Sensor de temperatura (opcional)

La temperatura del gas de escape podrá controlarse durante el ensayo.

3.3. Opacímetro de flujo parcial

Si se utiliza un opacímetro de flujo parcial (figura 24), se tomará una muestra de gas de escape representativa en el tubo de escape y se conducirá por un tubo de transferencia hasta la cámara de medición. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro. Los tiempos de respuesta que se mencionan en el punto siguiente son válidos para el caudal mínimo del opacímetro, especificado por el fabricante del instrumento.



Exhaust	escape
Optional	opcional

Figura 24 - Opacímetro de flujo parcial

3.3.1. Elementos de la figura 24

EP Tubo de escape

El tubo de escape deberá ser recto y tener una longitud equivalente a un mínimo de seis y tres veces su diámetro antes y después de la extremidad de la sonda, respectivamente.

SP Sonda de muestreo

La sonda de muestreo será un tubo abierto orientado a contracorriente en el eje central del tubo de escape o cerca de él. El espacio respecto a la pared del tubo de escape será de al menos 5 mm. La sonda deberá tener un diámetro que garantice un muestreo

representativo y un caudal suficiente en el opacímetro.

TT Tubo de transferencia

El tubo de transferencia:

- será lo más corto posible y deberá garantizar que el gas de escape esté a una temperatura de $373 \pm 30 \text{ K}$ ($100 \text{ °C} \pm 30 \text{ °C}$) en la entrada de la cámara de medición;
- tendrá una temperatura de pared que exceda suficientemente del punto de condensación del gas de escape para que no se produzca dicha condensación;
- tendrá, en toda su longitud, un diámetro equivalente al de la sonda de muestreo;
- tendrá un tiempo de respuesta inferior a 0,05 s al caudal mínimo del instrumento, determinado de acuerdo con el anexo 4, apéndice 4, punto 5.2.4;
- no tendrá ningún efecto significativo en el pico del humo.

FM Dispositivo de medición del caudal

El dispositivo de medición del caudal es un aparato que detecta el caudal correcto que entra en la cámara de medición. El fabricante del instrumento especificará los caudales máximo y mínimo, que deberán permitir el cumplimiento del requisito del tiempo de respuesta del TT y las especificaciones de longitud del camino óptico. El dispositivo de medición del caudal podrá estar cerca de la bomba de muestreo P, en caso de que se utilice.

MC Cámara de medición

La cámara de medición tendrá una superficie interna no reflectante o un entorno óptico equivalente. Se reducirá al mínimo la incidencia de luz parásita en el detector como consecuencia de reflejos internos de efectos de difusión.

La presión del gas en la cámara de medición no diferirá de la presión atmosférica en más de 0,75 kPa. Si no puede respetarse esta condición por motivos de diseño, el valor leído en el opacímetro deberá convertirse en presión atmosférica.

La temperatura de pared de la cámara de medición deberá estar entre 343 K (70 °C) y 373 K (100 °C), dentro de un margen de $\pm 5 \text{ K}$, y, en cualquier caso, deberá exceder suficientemente del punto de condensación del gas de escape para que no se produzca dicha condensación. La cámara de medición deberá disponer de dispositivos adecuados para medir la temperatura.

OPL Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico oscurecido por el humo, entre la fuente luminosa del opacímetro y el receptor, debe corregirse según proceda teniendo en cuenta la ausencia de uniformidad derivada de los gradientes de densidad y el efecto marginal. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida adoptada para evitar las deposiciones de hollín (por ejemplo, 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 de luz será una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 800 a 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral de 550 a 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

LD Detector de luz

El detector será una célula fotoeléctrica o un fotodiodo (con un filtro, si es preciso). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el receptor deberá tener una respuesta de pico espectral similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en el rango 550-570 nm, e inferior al 4 % de dicha respuesta máxima por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm. El detector de luz estará protegido contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

CL Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz de un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz deberán ser paralelos, con una tolerancia de 3 ° respecto al eje óptico.

T1 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura sirve para controlar la temperatura del gas de escape en la entrada de la cámara de medición.

P Bomba de muestreo (opcional)

Podrá utilizarse una bomba de muestreo, situada después de la cámara de medición, para transferir la muestra de gas a través de la cámara de medición.

Anexo 5

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA
MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN PRESCRITAS PARA LOS
ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD DE
LA PRODUCCIÓN

1. GASÓLEO ⁽¹⁾

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de ensayo ⁽²⁾	Publicación
		Mínimo	Máximo		
Índice de cetano ⁽³⁾		52	54	ISO 5165	1998 ⁽⁴⁾
Densidad a 15 °C	kg/m ³	833	837	ISO 3675	1995
Destilación					
- punto 50 %	°C	245		ISO 3405	1998
- punto 95 %	°C	345	350	ISO 3405	1998
- punto de ebullición final	°C	---	370	ISO 3405	1998
Punto de inflamación	°C	55	---	EN 27719	1993
Punto de obstrucción del filtro en frío	°C	---	-5	EN 116	1981
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391 ^(*)	1995
Contenido de azufre ⁽⁵⁾	mg/kg	---	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 ⁽⁴⁾
Corrosión del cobre		---	1	EN-ISO 2160	1995
Residuo de carbono Conradson (10 % de residuo de destilación)	% m/m	---	0,2	EN-ISO 10370	
Contenido de cenizas	% m/m	---	0,01	EN-ISO 6245	1995
Contenido de agua	% m/m	---	0,05	EN-ISO 12937	1995
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg	---	0,02	ASTM D 974-95	1998 ⁽⁴⁾
Estabilidad de oxidación ⁽⁶⁾	mg/ml	---	0,025	EN-ISO 12205	1996

- (1) Si es preciso calcular el rendimiento térmico de un motor o de un vehículo, el poder calorífico del combustible se puede calcular mediante la siguiente ecuación:
Energía específica (poder calorífico)(neta) en MJ/kg = (46,423 - 8,792d² + 3,170d)[1 -

$$(x + y + s)] + 9,420s - 2,499x$$

donde:

d = densidad a 15 °C

x = proporción por masa de agua (porcentaje dividido por 100)

y = proporción por masa de ceniza (porcentaje dividido por 100)

s = proporción por masa de azufre (porcentaje dividido por 100)

- (2) Los valores indicados en la especificación son «valores verdaderos». Para determinar los límites de estos valores, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 — Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación con los métodos de ensayo—, y para determinar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero; para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R - reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R, y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse los términos de la norma ISO 4259.
- (3) El rango para el índice de cetano no cumple el requisito de un rango mínimo de 4R. No obstante, en caso de desacuerdo entre el proveedor y el usuario del combustible, podrán aplicarse los términos de la norma ISO 4259 para resolver dicho desacuerdo siempre que se dé preferencia a las repeticiones de mediciones en número suficiente para conseguir la precisión necesaria sobre las determinaciones únicas.
- (4) El mes de la publicación se completará a su debido tiempo.
- (5) Se comunicará el contenido efectivo de azufre del combustible utilizado. Además, el contenido efectivo de azufre del combustible de referencia utilizado para homologar un vehículo o motor en función de los valores límite establecidos en la fila B del cuadro del punto 5.2.1 del presente Reglamento deberá ser como máximo de 50 ppm.
- (6) Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Es recomendable consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

2. ETANOL PARA MOTORES DIÉSEL ⁽¹⁾

Parámetro	Unidad	Límites ⁽²⁾		Método de ensayo ⁽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	ASTM 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 inflamación	°C	10		ISO 2719
Acidez, calculada como ácido acético	% m/m	-	0,0025	ISO 1388-2
Índice de neutralización (ácido fuerte)	KOH mg/1	-	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	ASTM D 1617

- (1) Se puede utilizar un aditivo para mejorar el índice de cetano del combustible de etanol, de acuerdo con las especificaciones del fabricante del motor. La cantidad máxima permitida es 10 % m/m.
- (2) Los valores indicados en las especificaciones son «valores verdaderos». Para determinar los límites de estos valores, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 —Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación con los métodos de ensayo—, y para determinar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero; para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R: reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R, y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse los términos de la norma ISO 4259.
- (3) Se adoptarán métodos ISO equivalentes una vez que se publiquen para todas las características indicadas anteriormente.

Anexo 6

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMBUSTIBLE DE GAS NATURAL DE REFERENCIA PRESCRITAS PARA LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y LA VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Tipo: GAS NATURAL (GN)

En el mercado europeo hay dos grupos de combustibles:

- el grupo H, cuyos combustibles de referencia extremos son el GR y el G23;
- el grupo L, cuyos combustibles de referencia extremos son el G23 y el G25.

A continuación se resumen las características de los combustibles de referencia GR, G23 y G25:

Combustible de referencia GR

Características	Unidades	Base	Límites		Método de ensayo
			Mín.	Máx.	
<u>Composición:</u>					
Metano	% mol	87	84	89	
Etano	% mol	13	11	15	
Equilibrio (*)	% mol	-	-	1	ISO 6974
Contenido de azufre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Gases inertes +C₂₊

(**) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

Combustible de referencia G23

Características	Unidades	Base	Límites		Método de ensayo
			Mín.	Máx.	
<u>Composición:</u>					
Metano	% mol	92,5	91,5	93,5	
Equilibrio (*)	% mol	-	-	1	ISO 6974
N ₂	% mol	7,5	6,5	8,5	
Contenido de azufre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Gases inertes (diferentes de N₂) +C₂/C₂₊

(**) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

Combustible de referencia G25

Características	Unidades	Base	Límites		Método de ensayo
			Mín.	Máx.	
<u>Composición:</u>					
Metano	% mol	86	84	88	
Equilibrio (*)	% mol	-	-	1	ISO 6974
N ₂	% mol	14	12	16	
Contenido de azufre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Gases inertes (diferentes de N₂) +C₂/C₂₊

(**) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

Anexo 7

Tipo: GAS LICUADO DEL PETROLÉO (GLP)

Parámetro	Unidad	Límites Combustible A		Límites Combustible B		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Índice de octano del motor		92,5 ⁽¹⁾		92,5		EN 589; anexo B
<u>Composición:</u>						
Contenido de C3	% vol	48	52	83	87	
Contenido de C4	% vol	48	52	13	17	ISO 7941
Olefinas	% vol		12		14	
Residuo de evaporación	mg/kg		50		50	NFM 41015
Contenido total de azufre	ppm masa ⁽¹⁾		50		50	EN 24260
Sulfuro de hidrógeno	---		Ninguno		Ninguno	ISO 8819
Corrosión de la lámina de cobre	Clasificación		Clase 1		Clase 1	ISO 6251 ⁽²⁾
Agua a 0 °C			Exento		Exento	Inspección visual

- (1) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).
- (2) Este método puede no determinar con precisión la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de corrosión u otras sustancias químicas que disminuyan la corrosividad de la muestra respecto a la lámina de cobre. En consecuencia, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de ensayo.

Anexo 8

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

1. ENSAYO ESC

1.1. Emisiones gaseosas

A continuación figuran los datos de medición para el cálculo de los resultados de cada fase. En el presente ejemplo, el CO y los NO_x se miden en base seca y los HC, en base húmeda. La concentración de HC se indica en equivalente de propano (C3) y debe multiplicarse por 3 para obtener el equivalente de C1. El procedimiento de cálculo es idéntico para las otras fases.

P (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 base seca a húmeda K_{w,r} (anexo 4, apéndice 1, punto 4.2):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058 \text{ y } K_{w2} = \frac{1,608 * 7,81}{1000 + (1,608 * 7,81)} = 0,0124$$

$$K_{w,r} = \left(1 - 1,9058 * \frac{18,09}{541,06}\right) - 0,0124 = 0,9239$$

Cálculo de las concentraciones en base húmeda:

$$CO = 41,2 * 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 * 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Cálculo del factor de corrección de humedad para NO_x (K_{H,D}) (anexo 4, apéndice 1, punto 4.3):

$$A = 0,309 * 18,09/541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 * 18,09/541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 * (7,81 - 10,71) + 0,0026 * (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Cálculo de los caudales máxicos de emisión (anexo 4, apéndice 1, punto 4.4):

$$\text{NO}_x = 0,001587 * 457 * 0,9625 * 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$\text{CO} = 0,000966 * 38,1 * 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$\text{HC} = 0,000479 * 6,3 * 3 * 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 1, punto 4.5):

El siguiente ejemplo de cálculo se refiere al CO; el procedimiento de cálculo es idéntico para los demás componentes.

Los caudales máxicos de emisión de las diferentes fases se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener el caudal máxico de emisión medio a lo largo del ciclo:

$$\begin{aligned} \text{CO} = & (6,7 * 0,15) + (24,6 * 0,08) + (20,5 * 0,10) + (20,7 * 0,10) + (20,6 * \\ & 0,05) + (15,0 * 0,05) + (19,7 * 0,05) + (74,5 * 0,09) + (31,5 * 0,10) + (81,9 * \\ & 0,08) + (34,8 * 0,05) + (30,8 * 0,05) + (27,3 * 0,05) = 30,91 \text{ g/h} \end{aligned}$$

La potencia del motor en las diferentes fases se multiplica por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener la potencia media del ciclo:

$$\begin{aligned} P(n) = & (0,1 * 0,15) + (96,8 * 0,08) + (55,2 * 0,10) + (82,9 * 0,10) + (46,8 * \\ & 0,05) + (70,1 * 0,05) + (23,0 * 0,05) + (114,3 * 0,09) + (27,0 * 0,10) + (122,0 * \\ & 0,08) + (28,6 * 0,05) + (87,4 * 0,05) + (57,9 * 0,05) = 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{CO} = \frac{30,91}{60,006} = 0,515 \text{ g/kWh}$$

Cálculo de la emisión específica de NO_x en un punto aleatorio (anexo 4, apéndice 1, punto 4.6.1):

Se supondrá que se han determinado los siguientes valores en el punto aleatorio:

$$\begin{aligned} n_Z &= 1600 \text{ min}^{-1} \\ M_Z &= 495 \text{ Nm} \\ \text{NO}_{x \text{ mass}, Z} &= 487,9 \text{ g/h} \quad (\text{calculado según la fórmula anterior}) \\ P(n)_Z &= 83 \text{ kW} \\ \text{NO}_{x, Z} &= 487,9/83 = 5,878 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

Determinación del valor de emisión del ciclo de ensayo (anexo 4, apéndice 1, punto 4.6.2):

Se supondrá que en las cuatro fases envolventes del ensayo ESC se obtienen los

valores siguientes:

n_{RT}	n_{SU}	E_R	E_S	E_T	E_U	M_R	M_S	M_T	M_U
1368	1785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) * (495 - 484,3) / (641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Comparación de los valores de emisión de NO_x (anexo 4, apéndice 1, punto 4.6.3):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 * (5,878 - 5,708) / 5,708 = 2,98 \%$$

1.2. Emisiones de partículas

La medición de partículas se basa en el principio del muestreo de partículas durante todo el ciclo y la determinación de la frecuencia de muestreo y el caudal (M_{SAM} y G_{EDF}) durante las fases individuales. 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 equilibrio de carbono y otro sistema con medición del caudal. Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total, G_{EDF} se mide directamente con el equipo CVS.

Cálculo de G_{EDF} (anexo 4, apéndice 1, puntos 5.2.3 y 5.2.4):

Se supondrá que en la fase 4 se obtienen los datos de medición siguientes. El procedimiento de cálculo es idéntico para las otras fases.

G_{EXH} (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 equilibrio de carbono

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 * 10,76}{0,657 - 0,040} = 3601,2 \text{ kg/h}$$

b) método de medición del caudal

$$q = \frac{6,0}{(6,0 - 5,4435)} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 * 10,78 = 3600,7 \text{ kg/h}$$

Cálculo del caudal másico (anexo 4, apéndice 1, punto 5.4):

Los caudales G_{EDFW} de las diferentes fases se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener el G_{EDF} medio a lo largo del ciclo. El índice total de muestreo M_{SAM} se obtiene sumando los índices de muestreo de cada fase.

$$\begin{aligned} \overline{G_{EDFW}} &= (3567 * 0,15) + (3592 * 0,08) + (3611 * 0,10) + (3600 * 0,10) \\ &+ (3618 * 0,05) + (3600 * 0,05) + (3640 * 0,05) + (3614 * 0,09) + (3620 * \\ &0,10) + (3601 * 0,08) + (3639 * 0,05) + (3582 * 0,05) + (3635 * 0,05) \\ &= 3604,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{SAM} &= 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 \\ &+ 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075 = 1,515 \text{ kg} \end{aligned}$$

Se supondrá que la masa de partículas en los filtros es de 2,5 mg, entonces:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} * \frac{3604,6}{1000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Corrección del fondo (opcional)

Se supondrá una medición del fondo con los valores siguientes. El procedimiento de cálculo del factor de dilución DF es idéntico al que se describe en el punto 3.1 del presente anexo, por lo que no se explica aquí.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{\text{DIL}} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Suma de DF} = & [(1^{-1}/119,15) * 0,15] + [(1^{-1}/8,89) * 0,08] + [(1^{-1}/14,75) * 0,10] + [(1^{-1}/10,10) * 0,10] \\ & + [(1^{-1}/18,02) * 0,05] + [(1^{-1}/12,33) * 0,05] + [(1^{-1}/32,18) * 0,05] + \\ & + [(1^{-1}/6,94) * 0,09] + [(1^{-1}/25,19) * 0,10] + [(1^{-1}/6,12) * 0,08] + [(1^{-1}/20,87) * 0,05] + \\ & + [(1^{-1}/8,77) * 0,05] + [(1^{-1}/12,59) * 0,05] = 0,923 \end{aligned}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} * 0,923 \right) * \frac{3604,6}{1000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 1, punto 5.5):

$$\begin{aligned} P(n) = & (0,1 * 0,15) + (96,8 * 0,08) + (55,2 * 0,10) + (82,9 * 0,10) + (46,8 * 0,05) \\ & + (70,1 * 0,05) + (23,0 * 0,05) + (114,3 * 0,09) + (27,0 * 0,10) + (122,0 * 0,08) + \\ & + (28,6 * 0,05) + (87,4 * 0,05) + (57,9 * 0,05) = 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh, si se ha efectuado la corrección del fondo}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,726}{60,006} = 0,095 \text{ g/kWh}$$

Cálculo del factor de corrección específico (anexo 4, apéndice 1, punto 5.6):

Se supondrán los valores calculados anteriormente para la fase 4, entonces:

$$WF_{E,I} = \frac{0,152 * 3604,6}{1,515 * 3600,7} = 0,1004$$

Este valor se encuentra dentro del límite especificado de $0,10 \pm 0,003$.

2. ENSAYO ELR

Dado que el filtrado de Bessel es un proceso de promediación totalmente nuevo en la normativa europea sobre emisiones de escape, a continuación se ofrece una explicación del filtro de Bessel, un ejemplo del diseño de un algoritmo de Bessel y un ejemplo de cálculo del valor del humo final. Las constantes del algoritmo de Bessel dependen exclusivamente del diseño del opacímetro y de la frecuencia de muestreo del sistema de adquisición de datos. Se recomienda que el fabricante del opacímetro facilite las constantes finales del filtro de Bessel para diferentes índices de muestreo y que el cliente utilice dichas constantes para diseñar el algoritmo de Bessel y calcular los valores del humo.

2.1. Observaciones generales sobre el filtro de Bessel

Debido a las distorsiones de alta frecuencia, la señal de opacidad en bruto suele tener una curva muy discontinua. Para eliminar dichas distorsiones de alta frecuencia es preciso utilizar un filtro de Bessel durante el ensayo ELR. El filtro de Bessel es un filtro recursivo de segundo orden y de paso bajo que garantiza la subida de señal más rápida sin rebasamiento.

Se supondrá un penacho de escape bruto en tiempo real en el tubo de escape, y que cada opacímetro indica una curva de opacidad retardada y medida de manera diferente. El retardo y la magnitud de la curva de opacidad medida dependen principalmente de la geometría de la cámara de medición del opacímetro, incluidos los conductos de muestreo del gas de escape, y del tiempo necesario para procesar la señal en los componentes electrónicos del opacímetro. Los valores que caracterizan estos dos efectos se denominan el tiempo de respuesta física y eléctrica, y representan un filtro individual para cada tipo de opacímetro.

El objetivo de la utilización de un filtro de Bessel es garantizar que todo el sistema del opacímetro posea una característica global de filtrado uniforme, consistente 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 utilizado (t_f).

El tiempo de respuesta global del sistema t_{Aver} se calcula mediante la ecuación:

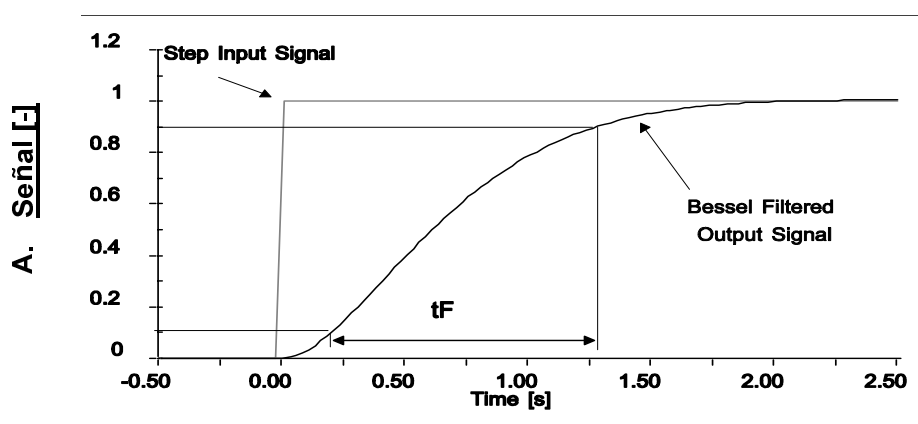
$$t_{Aver} = \sqrt{t_f^2 + t_p^2 + t_e^2},$$

y debe ser igual para todos los tipos de opacímetros, de manera que indiquen el mismo valor del humo. Por consiguiente, es preciso crear un filtro de Bessel de tal manera que el tiempo de respuesta del filtro (t_f) junto con el tiempo de respuesta física (t_p) y eléctrica (t_e) del opacímetro individual permitan obtener el tiempo de respuesta global

(t_{Aver}) que se requiere. Puesto que t_p y t_e son valores dados para cada opacímetro individual, y el presente Reglamento establece que t_{Aver} es igual a 1,0 s, 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 del 10 % al 90 % respecto a una señal de entrada escalonada. En consecuencia, la frecuencia de corte del filtro de Bessel debe iterarse de manera que el tiempo de respuesta del filtro de Bessel se ajuste al tiempo de subida requerido.

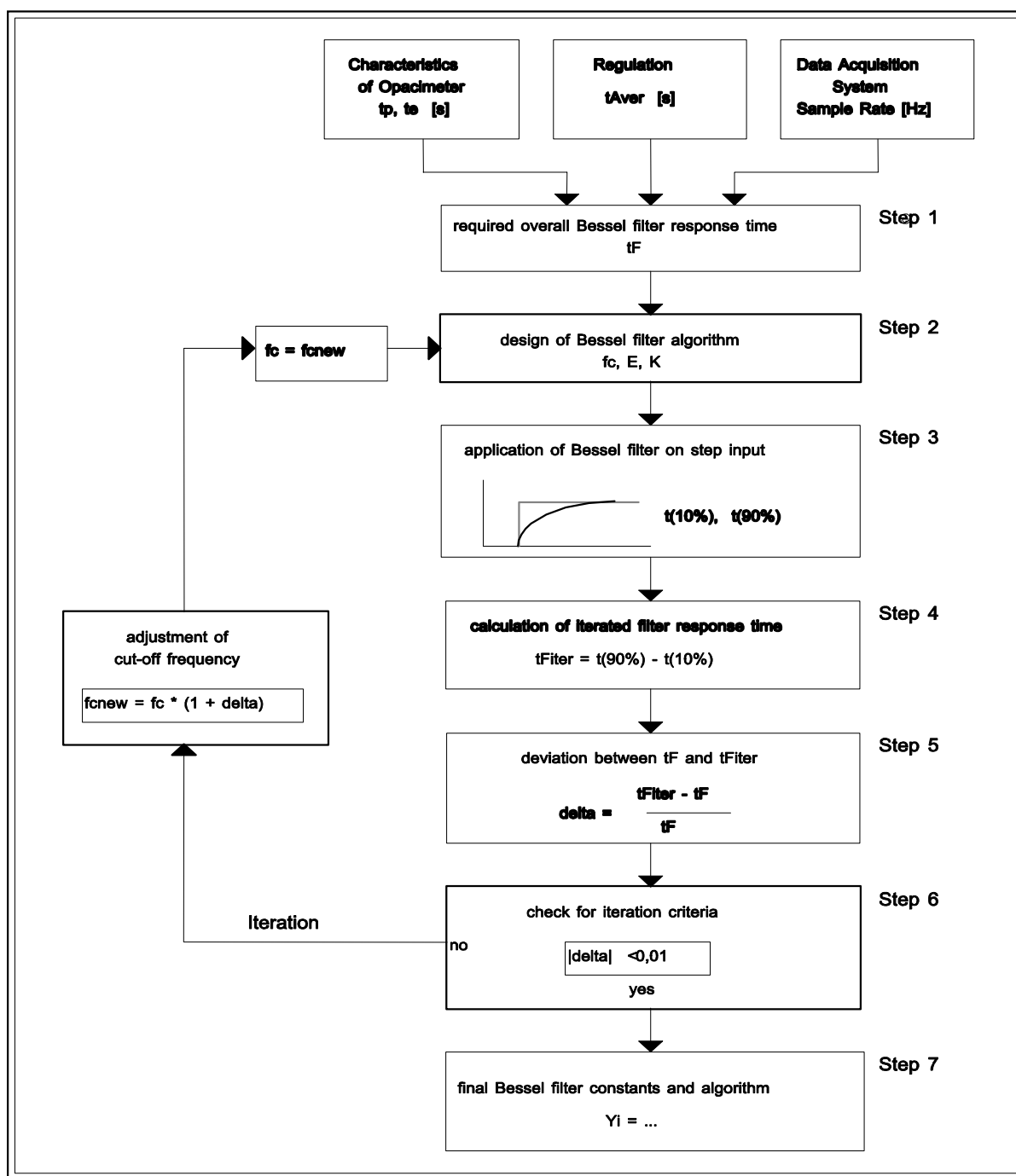


Step input signal:	señal de entrada escalonada
Besseeel filtered output signal:	señal de salida filtrada con un filtro de Bessel
Time:	tiempo

Figura a - Curvas de una señal de entrada escalonada y de la señal de salida filtrada

La figura a muestra las curvas de una señal de entrada escalonada y de una señal de salida filtrada con un filtro de Bessel, así como el tiempo de respuesta del filtro de Bessel (t_f).

El diseño del algoritmo final del filtro de Bessel es un proceso de múltiples fases que precisa varios ciclos de iteración. A continuación se representa el esquema del procedimiento de iteración.



Characteristics of Opacimeter	características del opacímetro
Regulation	
Data acquisition system	sistema de adquisición de datos
Sample rate	tasa de muestreo
Required overall Bessel filter response time	tiempo de respuesta global del filtro de Bessel requerido
Design of Bessel filter algorithm	diseño del algoritmo del filtro de Bessel
Application of Bessel filter on step input	aplicación del filtro de Bessel a la entrada escalonada
Calculation of iterated filter response time	cálculo del tiempo de respuesta iterado del filtro
Deviation between t_f and $t_{f,iter}$	desvío entre t_f y $t_{f,iter}$
Check for iteration criteria	verificación de los criterios de iteración
Final Bessel filter constants and algorithm	constantes y algoritmo finales del filtro de Bessel
Step 1	fase 1
Adjustment of cut-off frequency	ajuste de la frecuencia de corte
Iteration	iteración

2.2. Cálculo del algoritmo de Bessel

En este ejemplo se diseña un algoritmo de Bessel en varias etapas, siguiendo el procedimiento de iteración indicado anteriormente, basado en el anexo 4, apéndice 1, punto 6.1.

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 (tal como establece el presente Reglamento)
- frecuencia de muestreo: 150 Hz.

Etapla 1 Tiempo de respuesta requerido del filtro de Bessel t_f :

$$t_f = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Etapla 2 Estimación de la frecuencia de corte y cálculo de las constantes de Bessel E y K para la primera iteración:

$$f_c = 3,1415 / (10 * 0,987421) = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1 / 150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = 1 / [\tan (3,1415 * 0,006667 * 0,318152)] = 150,076644$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 * \sqrt{3 * 0,618034 + 0,618034 * 150,076644^2}} = 7,07948 * 10^{-5}$$

$$K = 2 * 7,07948 * 10^{-5} * (0,618034 * 150,076644 - 1) - 1 = 0,970783$$

Se obtiene así el algoritmo de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1}^{-1} + 7,07948 * 10^{-5} * (S_i + 2 * S_{i-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + 0,970783 * (Y_{i-1}^{-1} - Y_{i-2})$$

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.

Etapa 3 Aplicación del filtro de Bessel a la entrada escalonada:

El tiempo de respuesta del filtro de Bessel t_f se define como el tiempo de subida de una señal de salida filtrada del 10 % al 90 % respecto a una señal de entrada escalonada. Para determinar los tiempos del 10 % (t_{10}) y del 90 % (t_{90}) de la señal de salida, es preciso aplicar un filtro de Bessel a una entrada escalonada utilizando los valores indicados anteriormente de f_c , E y K .

En el cuadro B figuran los índices, el tiempo y los valores de una señal de entrada escalonada y los valores resultantes de la señal de salida filtrada para la primera y la segunda iteración. Los puntos adyacentes a t_{10} y t_{90} se destacan con cifras en negrita. En el cuadro B, primera iteración, el valor del 10 % aparece entre los índices 30 y 31, y el valor del 90 % aparece entre los índices 191 y 192. Para el cálculo de $t_{f,iter}$, los valores exactos de t_{10} y t_{90} se determinan mediante interpolación lineal entre los puntos de medición adyacentes, de la manera siguiente:

$$t_{10} = t_{lower} + \Delta t * (0,1 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

$$t_{90} = t_{lower} + \Delta t * (0,9 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

donde out_{upper} y out_{lower} son los puntos adyacentes de la señal de salida filtrada con un filtro de Bessel, y t_{lower} es el punto de tiempo adyacente, indicado en el cuadro B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 * (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 1,273333 + 0,006667 * (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Etapa 4 Tiempo de respuesta del filtro en el primer ciclo de iteración:

$$t_{f,iter} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Etapa 5 Desviación entre el tiempo de respuesta del filtro requerido y el obtenido en el primer ciclo de iteración:

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Etapa 6 Comprobación de los criterios de iteración:

Se requiere que $|\Delta| \leq 0,01$. Puesto que $0,081641 > 0,01$, no se cumplen los criterios de iteración y debe iniciarse otro ciclo de iteración. Para este ciclo de iteración, se calcula una nueva frecuencia de corte de f_c y Δ de la manera siguiente :

$$f_{c,new} = 0,318152 * (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$

Esta nueva frecuencia de corte se utiliza en el segundo ciclo de iteración, que vuelve a comenzar en la etapa 2. La iteración se repetirá hasta que se cumplan los criterios de iteración. El cuadro A recoge los valores resultantes de la primera y la segunda iteración.

Parámetro	1ª iteración	2ª iteración
f_c (Hz)	0,318152	0,344126
E (-)	$7,07948 * 10^{-5}$	$8,272777 * 10^{-5}$
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

Cuadro A: Valores de la primera y la segunda iteración

Etapa 7 Algoritmo de Bessel final:

En cuanto se cumplan los criterios de iteración, se calcularán las constantes finales del filtro de Bessel y el algoritmo final de Bessel de acuerdo con la etapa 2. En este ejemplo, los criterios de iteración se han cumplido después de la segunda iteración ($\Delta = 0,006657 \leq 0,01$). El algoritmo final se utilizará para determinar los valores del humo promediados (véase el punto 2.3).

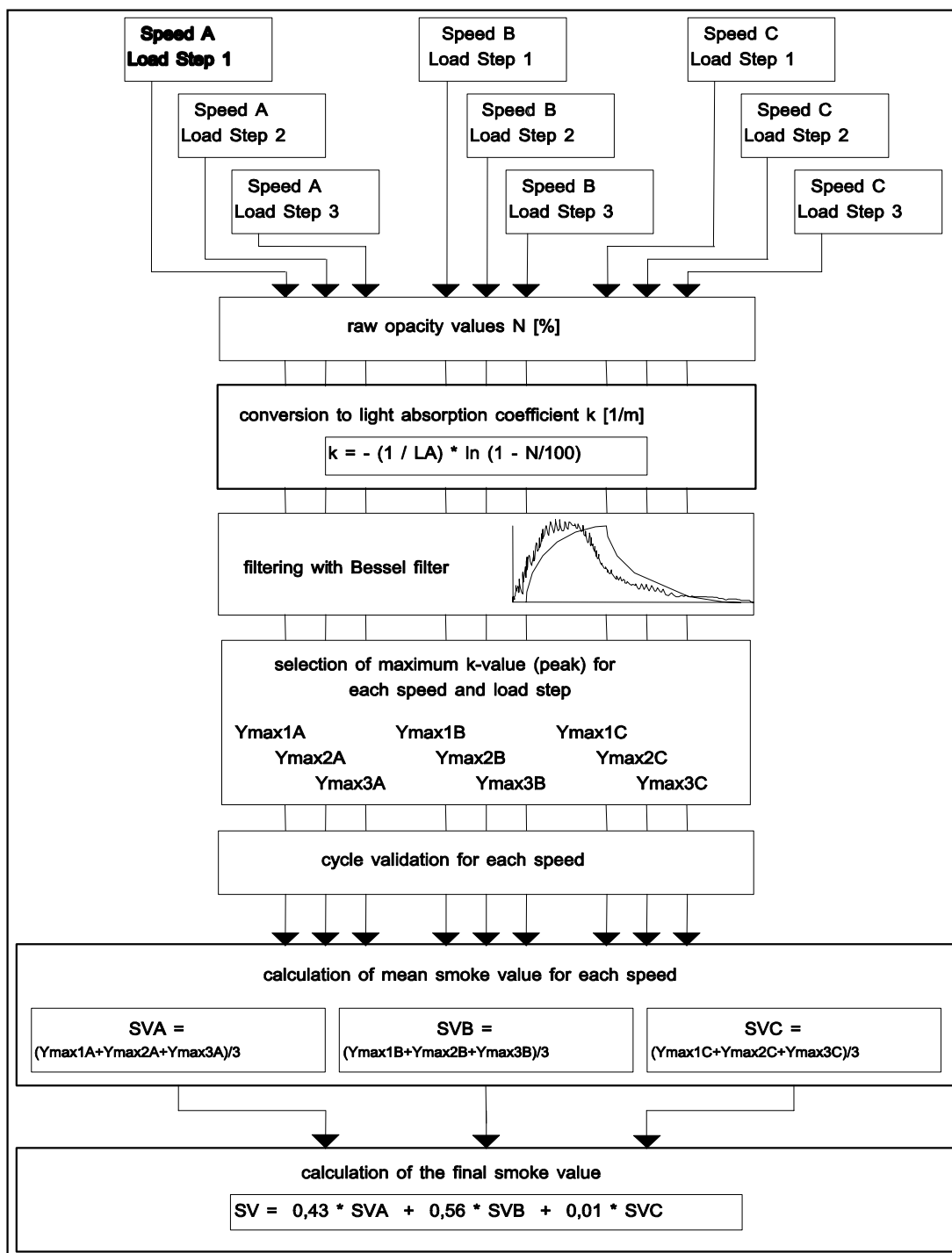
$$Y_i = Y_i^{-1} + 8,272777 * 10^{-5} * (S_i + 2 * S_i^{-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + 0,968410 * (Y_i^{-1} - Y_{i-2})$$

Índice I [-]	Tiempo [s]	Señal de entrada escalónada 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
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
~	~	~	~	~

Cuadro B - Valores de la señal de entrada escalonada y de la señal de salida filtrada con un filtro de Bessel para el primer y el segundo ciclo de iteración

2.3. Cálculo de los valores del humo

El siguiente esquema describe el procedimiento general para determinar el valor final del humo.



Speed A	Régimen A
Load Step 1	Fase de carga 1
Raw opacity values	Valores de opacidad brutos
Conversion to light absorption coefficient k	Conversión al coeficiente de absorción de luz k
Filtering with Bessel filter	Filtrado con el filtro de Bessel
Selection of maximum k-value (peak) for each speed and load step	Selección del valor k máximo (pico) para cada régimen y fase de carga
Cycle validation for each speed	Validación del ciclo para cada régimen
Calculation of mean smoke value for each speed	Cálculo del valor de humo medio para cada régimen
Calculation of the final smoke value	Cálculo del valor de humo final

La figura b muestra las curvas de la señal de opacidad medida en bruto y de los coeficientes de absorción de la luz filtrada y no filtrada (valor k) de la primera fase de carga de un ensayo ELR, e indica el valor máximo $Y_{\max 1, A}$ (pico) de la curva de representación del valor k filtrado. El cuadro C muestra los valores numéricos del índice i, el tiempo (frecuencia de muestreo de 150 Hz), la opacidad en bruto, k no filtrado y k filtrado. El filtrado se ha efectuado con las constantes del algoritmo de Bessel diseñado en el punto 2.2 del presente anexo. Debido a la gran cantidad de datos, únicamente se representan las secciones de la curva del humo en torno al inicio y al pico.

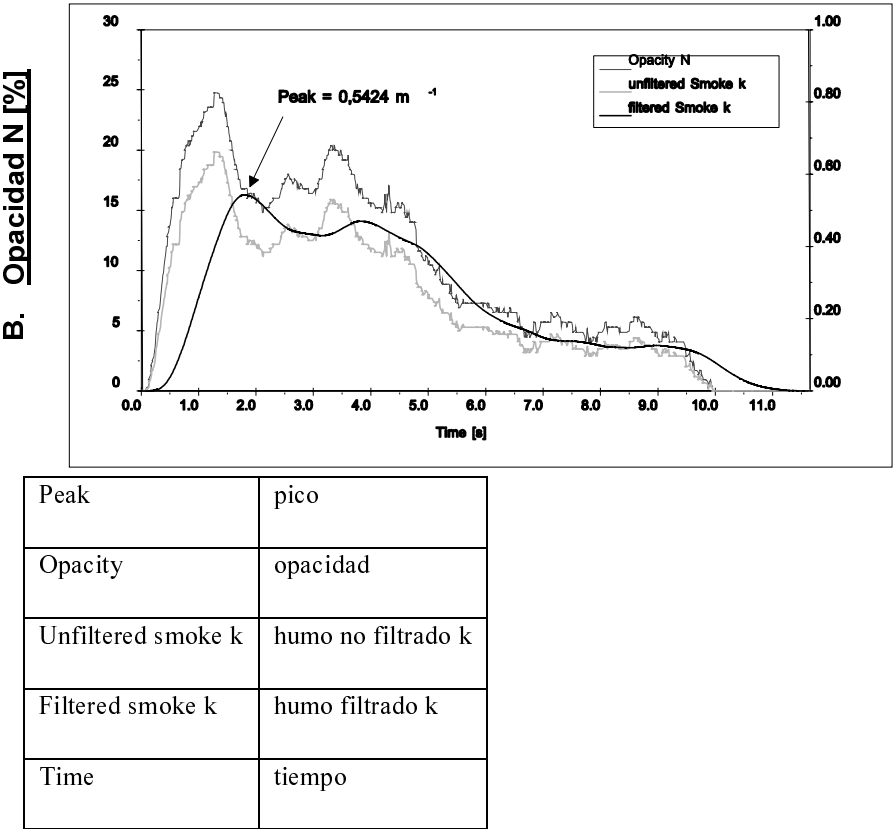


Figura b: Curvas de la opacidad medida N, del humo no filtrado k y del humo filtrado k

El pico se calcula ($i=272$) considerando los siguientes datos del cuadro C. Todos los demás valores de humo individuales se calculan de la misma manera. Para iniciar el algoritmo, S_{-1} , S_{-2} , Y_{-1} y Y_{-2} se ponen a cero.

Cálculo del valor k (anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.1):

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

$$k = -\frac{1}{0,430} * \ln\left(1 - \frac{16,783}{100}\right) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a S_{272} en la ecuación indicada a continuación.

Cálculo del humo promediado de Bessel (anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.1):

En la siguiente ecuación se utilizan las constantes de Bessel que figuran en el punto 2.2. El valor k no filtrado efectivo, calculado según el procedimiento anterior, corresponde a S_{272} (S_i). S_{271} (S_{i-1}) y S_{270} (S_{i-2}) son los dos valores k precedentes no filtrados; Y_{271} (Y_{i-1}) e Y_{270} (Y_{i-2}) son los dos valores k precedentes filtrados.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 * 10^{-5} * (0,427252 + 2 * 0,427392 + 0,427532 - 4 * 0,542337) + 0,968410 * (0,542383 - 0,542337) = 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a $Y_{\max 1, A}$ en la siguiente ecuación.

Cálculo del valor del humo final (anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.3):

De cada curva del humo, se toma el valor k filtrado máximo para posteriores cálculos. Se supondrán los valores siguientes:

Régimen	$Y_{\max} \text{ (m}^{-1}\text{)}$		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
A	0,5424	0,5435	0,5587
B	0,5596	0,5400	0,5389
C	0,4912	0,5207	0,5177

$$SV_A = (0,5424 + 0,5435 + 0,5587) / 3 = 0,5482 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_B = (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 = 0,5462 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_C = (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 = 0,5099 \text{ m}^{-1}$$

$$SV = (0,43 \cdot 0,5482) + (0,56 \cdot 0,5462) + (0,01 \cdot 0,5099) = 0,5467 \text{ m}^{-1}$$

Validación del ciclo (anexo 4, apéndice 1, punto 3.4):

Antes de calcular la desviación estándar, es preciso validar el ciclo calculando las desviaciones estándar relativas del humo de los tres ciclos para cada régimen de motor.

Régimen	Desviación estándar media (m^{-1})	Desviación estándar absoluta (m^{-1})	Desviación estándar relativa (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

En este ejemplo, se cumple el criterio de validación del 15 % para todos los regímenes.

Cuadro C

Valor de 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
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
~	~	~	~	~

Cuadro C (continuación)

Valores de opacidad N, valor k no filtrado y filtrado en torno a $Y_{\max 1,A}$
($\equiv$ valor máximo, indicado 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
276	1,840000	16,808000	0,427951	0,542043
277	1,846667	16,768000	0,426833	0,541870
278	1,853333	16,010000	0,405750	0,541662
279	1,860000	16,010000	0,405750	0,541418
280	1,866667	16,000000	0,405473	0,541136
281	1,873333	16,010000	0,405750	0,540819
282	1,880000	16,000000	0,405473	0,540466
283	1,886667	16,010000	0,405750	0,540080
284	1,893333	16,394000	0,416406	0,539663
285	1,900000	16,394000	0,416406	0,539216
286	1,906667	16,404000	0,416685	0,538744
287	1,913333	16,394000	0,416406	0,538245
288	1,920000	16,394000	0,416406	0,537722
289	1,926667	16,384000	0,416128	0,537175
290	1,933333	16,010000	0,405750	0,536604
291	1,940000	16,010000	0,405750	0,536009
292	1,946667	16,000000	0,405473	0,535389
293	1,953333	16,010000	0,405750	0,534745
294	1,960000	16,212000	0,411349	0,534079
295	1,966667	16,394000	0,416406	0,533394
296	1,973333	16,394000	0,416406	0,532691
297	1,980000	16,192000	0,410794	0,531971
298	1,986667	16,000000	0,405473	0,531233
299	1,993333	16,000000	0,405473	0,530477
300	2,000000	16,000000	0,405473	0,529704
~	~	~	~	~

3. ENSAYO ETC

3.1. Emisiones gaseosas (motor diésel)

Se supondrán los resultados de ensayo siguientes para un sistema PDP-CVS:

V_0	(m ³ /rev)	0,1776
N_p	(rev)	23073
p_B	(kPa)	98,0
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) sin separador	9,00
HC_{concd}	(ppm) sin separador	3,02
HC_{conce}	(ppm) con separador	1,20
HC_{concd}	(ppm) con separador	0,65
$CO_{2,conce}$	(%)	0,723
W_{act}	(kWh)	62,72

Cálculo del caudal de gas de escape diluido (anexo 4, apéndice 2, punto 4.1):

$$M_{TOTW} = 1,293 * 0,1776 * 23073 * (98,0 - 2,3) * 273 / (101,3 * 322,5) \\ = 4237,2 \text{ kg}$$

Cálculo del factor de corrección de NO_x (anexo 4, apéndice 2, punto 4.2):

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Cálculo de la concentración de NMHC por el método NMC (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1), considerando que la eficacia del metano es de 0,04 y la del etano es de 0,98:

$$NMHC_{conce} = \frac{9,0 \times (1 - 0,04) - 1,2}{0,98 - 0,04} = 7,91 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{concd}} = \frac{3,02 \times (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 2,39 \text{ ppm}$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1):

Se considerará un combustible diésel de composición $\text{C}_1\text{H}_{1,8}$

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (1,8/2) + (3,76 \cdot (1 + (1,8/4)))} = 13,6$$

$$\text{DF} = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \cdot 10^{-4}} = 18,69$$

$$\text{NO}_{\text{x conc}} = 53,7 - 0,4 \cdot (1 - (1/18,69)) = 53,3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 38,9 - 1,0 \cdot (1 - (1/18,69)) = 37,9 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{conc}} = 9,00 - 3,02 \cdot (1 - (1/18,69)) = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 7,91 - 2,39 \cdot (1 - (1/18,69)) = 5,65 \text{ ppm}$$

Cálculo de los caudales máscos de las emisiones (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1):

$$\text{NO}_{\text{x mass}} = 0,001587 \cdot 53,3 \cdot 1,039 \cdot 4237,2 = 372,391 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot 37,9 \cdot 4237,2 = 155,129 \text{ g}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 6,14 \cdot 4237,2 = 12,462 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 5,65 \cdot 4237,2 = 11,467 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}_x} = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 11,467 / 62,72 = 0,183 \text{ g/kWh}$$

3.2. Emisiones de partículas (motor diésel)

Se considerarán los resultados de ensayo siguientes de un sistema PDP-CVS con doble dilución:

M_{TOTW} (kg)	4237,2
$M_{f,p}$ (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 las emisiones másicas (anexo 4, apéndice 2, punto 5.1):

$$M_f = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{SAM} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{mass} = \frac{3,074}{1,250} * \frac{4237,2}{1000} = 10,42 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones másicas con corrección de fondo (anexo 4, apéndice 2, punto 5.1):

$$PT_{mass} = \left[\frac{3,074}{1,250} - \left(\frac{0,341}{1,245} * \left(1 - \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] * \frac{4237,2}{1000} = 9,32 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 2, punto 5.2):

$$\overline{NO_x} = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CO} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{HC} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

3.3. Emisiones gaseosas (motor GNC)

Se supondrán los resultados de ensayo siguientes para un sistema PDP-CVS:

M _{TOTW}	(kg)	4237,2
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) sin separador	27,0
HC _{concd}	(ppm) sin separador	2,02
HC _{conce}	(ppm) con separador	18,0
HC _{concd}	(ppm) con separador	0,65
CH _{4 conce}	(ppm)	18,0
CH _{4 concd}	(ppm)	1,1
CO _{2,conce}	(%)	0,723
W _{act}	(kWh)	62,72

Cálculo del factor de corrección de NO_x (anexo 4, apéndice 2, punto 4.2):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Cálculo de la concentración de NMHC (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1):

a) método GC

$$NMHC_{conce} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) método NMC

Se considerará una eficacia del metano de 0,04 y una eficacia del etano de 0,98 (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.4)

$$NMHC_{conce} = \frac{27,0 \cdot (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{concd} = \frac{2,02 \cdot (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 1,37 \text{ ppm}$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1):

Se considerará un combustible 100 % metano de composición C_1H_4

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (4/2) + (3,76 \times (1 + (4/4)))} = 9,5$$

$$DF = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \cdot 10^{-4}} = 13,01$$

Para NMHC con el método GC, la concentración de fondo es la diferencia entre HC_{concd} y CH_4_{concd}

$$NO_{x\ conc} = 17,2 - 0,4 \cdot (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm}$$

$$CO_{conc} = 44,3 - 1,0 \cdot (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{conc} = 8,4 - 1,37 \cdot (1 - (1/13,01)) = 7,13 \text{ ppm} \quad (\text{método NMC})$$

$$NMHC_{conc} = 9,0 - 0,92 \cdot (1 - (1/13,01)) = 8,15 \text{ ppm} \quad (\text{método GC})$$

$$CH_4_{conc} = 18,0 - 1,1 \cdot (1 - (1/13,01)) = 17,0 \text{ ppm} \quad (\text{método GC})$$

Cálculo del caudal másico de las emisiones (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1):

$$NO_{x\ mass} = 0,001587 \cdot 16,8 \cdot 1,074 \cdot 4237,2 = 121,330 \text{ g}$$

$$CO_{mass} = 0,000966 \cdot 43,4 \cdot 4237,2 = 177,642 \text{ g}$$

$$NMHC_{mass} = 0,000516 \cdot 7,13 \cdot 4237,2 = 15,589 \text{ g} \quad (\text{método NMC})$$

$$NMHC_{mass} = 0,000516 \cdot 8,15 \cdot 4237,2 = 17,819 \text{ g} \quad (\text{método GC})$$

$$CH_4_{mass} = 0,000552 \cdot 17,0 \cdot 4237,2 = 39,762 \text{ g} \quad (\text{método GC})$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 2, punto 4.4):

$$\overline{NO} = 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CO} = 177,642/62,72 = 2,83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{NMHC} = 15,589/62,72 = 0,249 \text{ g/kWh} \quad (\text{método NMC})$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 17,819/62,72 = 0,284 \text{ g/kWh} \quad (\text{método GC})$$

$$\overline{\text{CH}_4} = 39,762/62,72 = 0,634 \text{ g/kWh} \quad (\text{método GC})$$

4. FACTOR DE DESPLAZAMIENTO λ (S_λ)

4.1. Cálculo del factor de desplazamiento λ (S_λ) ^{5/}

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{inertes}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}}$$

donde:

S_λ = factor de desplazamiento λ ;
 inertes % = % en volumen de gases inertes en el combustible (N_2 , CO_2 , He, etc.);
 O_2^* = % en volumen de oxígeno original en el combustible;
 n y m = se refieren al promedio de C_nH_m que representan los hidrocarburos del combustible, es decir:

$$n = \frac{1 * \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100}\right] + 2 * \left[\frac{\text{C}_2 \%}{100}\right] + 3 * \left[\frac{\text{C}_3 \%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{\text{C}_4 \%}{100}\right] + 5 * \left[\frac{\text{C}_5 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{diluyentes}}{100}}$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100}\right] + 6 * \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100}\right] + 8 * \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{diluyentes}}{100}}$$

donde:

CH_4 = % en volumen de metano en el combustible,
 C_2 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_2 (C_2H_6 , C_2H_4 , etc.) en el combustible,
 C_3 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_3 (C_3H_8 , C_3H_6 , etc.) en el combustible,
 C_4 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_4 (C_4H_{10} , C_4H_8 , etc.) en el combustible,
 C_5 = % en volumen de todos los hidrocarburos de C_5 (C_5H_{12} , C_5H_{10} , etc.) en el combustible,

^{5/} Relaciones estequiométricas aire/combustible de combustibles de automoción: SAE J1829, junio de 1987. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, capítulo 3.4. «Combustion stoichiometry» (páginas 68 a 72).

combustible,
 diluyentes = % en volumen de los gases de dilución en el combustible (O_2^* , N_2 , CO_2 , He, etc.).

4.2. Ejemplos para el cálculo del factor de desplazamiento λ (S_λ).

Ejemplo 1: G_{25} : $CH_4 = 86$ %, $N_2 = 14$ % (en vol.)

$$n = \frac{1 * \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 2 * \left[\frac{C_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\%diluyentes}{100}} = \frac{1 * 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 4 * \left[\frac{C_2 H_4 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\%diluyentes}{100}} = \frac{4 * 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\%inertes}{100} \right) \left(n + \frac{m}{4} \right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100} \right) x \left(1 + \frac{4}{4} \right)} = 1,16$$

Ejemplo 2: GR: $CH_4 = 87$ %, $C_2H_6 = 13$ % (en vol.)

$$n = \frac{1 * \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 2 * \left[\frac{C_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\%diluyentes}{100}} = \frac{1 * 0,87 + 2 * 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4 \%}{100} \right] + 6 * \left[\frac{C_2 H_6 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\%diluyentes}{100}} = \frac{4 * 0,87 + 6 * 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_{\lambda} = \frac{2}{\left(1 - \frac{\%inertes}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) * \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Ejemplo 3: EE UU: CH₄ = 89 %, C₂H₆ = 4,5 %, C₃H₈ = 2,3 %, C₆H₁₄ = 0,2 %, O₂ = 0,6 %, N₂ = 4 %

$$n = \frac{1x \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2x \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\%diluyentes}{100}} = \frac{1*0,89 + 2*0,045 + 3*0,023 + 4*0,002}{1 - \frac{(0,64 + 4)}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 * \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + 6 * \left[\frac{C_2H_6\%}{100} \right] + \dots + 8 * \left[\frac{C_3H_8\%}{100} \right]}{1 - \frac{\%diluyentes}{100}} =$$

$$= \frac{4 * 0,89 + 4 * 0,045 + 8 * 0,023 + 14 * 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_{\lambda} = \frac{2}{\left(1 - \frac{\%inertes}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) * \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

Anexo 9REQUISITOS 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 párrafos, las ecuaciones y los factores correspondientes serán aplicables a los procedimientos de ensayo definidos en el anexo 4 del presente Reglamento.

En el anexo 4, apéndice 1

4.2. Corrección base seca/base húmeda

$$F_{FH} = \frac{1,877}{\left(1 + 2,577 \cdot \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}}\right)}$$

4.3. Corrección de NO_x en función de la humedad y la temperatura

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \cdot (H_a - 10,71) + B \cdot (T_a - 298)}$$

donde:

$$A = 0,181 \cdot G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266$$

$$B = -0,123 \cdot G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954$$

$$T_a = \text{temperatura del aire, en K}$$

$$H_a = \text{humedad del aire de admisión, g de agua por kg de aire seco}$$

4.4. Cálculo de los caudales máscos de las emisiones

Si consideramos que el gas de escape tiene una densidad de 1,272 kg/m³ a 273 K (0 °C) y 101,3 kPa, el caudal máscico de emisión (g/h) para cada fase se calculará de la manera siguiente:

$$1) \quad NO_{x \text{ mass}} = 0,001613 \cdot NO_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

$$2) \quad CO_{\text{mass}} = 0,000982 \cdot CO_{\text{conc}} \cdot G_{EXHW}$$

$$3) \quad HC_{\text{mass}} = 0,000809 \cdot HC_{\text{conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

donde NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc} ^{1/} son las concentraciones medias (ppm) en el gas de escape bruto, tal como se establece en el punto 4.1.

^{1/} Calculadas como equivalente de C1.

En caso de que se haya optado por determinar las emisiones gaseosas con un sistema de dilución de flujo total, se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

$$2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

$$3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000795 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

donde $\text{NO}_{x \text{ conc}}$, 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 anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1.

En el anexo 4, apéndice 2

Los puntos 3.1, 3.4, 3.8.3 y 5 del apéndice 2 se aplican a los motores diésel, así como a los motores diésel alimentados con etanol.

4.2. Las condiciones de ensayo deben organizarse de tal manera que la temperatura del aire y la humedad medidas en la admisión del motor correspondan a condiciones estándar durante el periodo de ensayo. El valor normal deberá ser $6 \pm 0,5$ g de agua por kg de aire seco a un intervalo de temperatura de 298 ± 3 K. Dentro de estos límites no debe hacerse ninguna otra corrección de NO_x . El ensayo se considerará nulo si no se cumplen estas condiciones.

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/ensayo) se determinará mediante las ecuaciones siguientes:

$$(1) \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{motores alimentados con etanol})$$

$$(2) \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{motores alimentados con etanol})$$

$$(3) \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000794 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}}' \quad (\text{motores alimentados con etanol})$$

donde:

$\text{NO}_{x\text{conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} ^{1/}, $\text{NMHC}_{\text{conc}}$ = concentraciones medias con corrección de fondo a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatoria para NO_x y HC) o medición con bolsas, en ppm.

M_{TOTW} = masa total del 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 contaminantes gaseosos en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d * (1 - (1/\text{DF}))$$

donde:

conc = concentración del contaminante respectivo en el gas de escape diluido, corregida por la cantidad del contaminante respectivo en el aire de dilución, en ppm

conc_e = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm

conc_d = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm

DF = factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$\text{DF} = \frac{F_S}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) * 10^{-4}}$$

donde:

$\text{CO}_{2,\text{conce}}$ = concentración de CO_2 en el gas de escape diluido, en % en 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

F_S = factor estequiométrico

^{1/} Calculadas como equivalente de C1.

Las concentraciones medidas en base seca se convertirán a base húmeda de conformidad con el anexo 4, apéndice 1, punto 4.2.

El factor estequiométrico, para la composición del combustible general $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta\text{N}_\gamma$, se calculará de la manera siguiente:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{\gamma}{2}}$$

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

$$F_s (\text{etanol}) = 12,3$$

4.3.2. Sistemas con compensación del caudal

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará calculando las emisiones másicas instantáneas e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de la concentración instantánea. Se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \text{NO}_{x \text{ mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{NO}_{x \text{ conc},i} \cdot 0,001587) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{NO}_{x \text{ concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,001587)$$

$$2) \text{CO}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{CO}_{\text{conc},i} \cdot 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{CO}_{\text{concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000966)$$

3) $HC_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} * HC_{\text{conc},i} * 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} * HC_{\text{conc},d} * (1 - 1/DF) * 0,000479)$$

donde:

conc_e = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm

conc_d = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm

$M_{\text{TOTW},i}$ = masa instantánea del gas de escape diluido (véase el apartado 4.1), en kg

M_{TOTW} = masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo (véase punto 4.1), en kg

DF = factor de dilución, tal como se determina en el punto 4.3.1.1

4.4. Cálculo de las emisiones específicas

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

$$\overline{NO_x} = NO_{x\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{CO} = CO_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{HC} = HC_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

donde:

W_{act} = ciclo de trabajo efectivo, tal como se establece en el punto 3.9.2, en kWh.