

II

(Actos no legislativos)

ACTOS ADOPTADOS POR ÓRGANOS CREADOS MEDIANTE ACUERDOS INTERNACIONALES

Solo los textos originales de la CEPE tienen efecto jurídico en el marco del Derecho internacional público. La situación y la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento deben consultarse en la última versión del documento de situación CEPE TRANS/WP.29/343, disponible en: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>

Reglamento n° 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes relativas a las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y las emisiones de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado de petróleo destinados a la propulsión de vehículos

Modificaciones del Reglamento n° 49, publicado en el DO L 103 de 12.4.2008, p. 1.

Incorpora:

El suplemento 1 de la serie 05 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor: 17 de marzo de 2010

El suplemento 2 de la serie 05 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor: 19 de agosto de 2010

La corrección de errores 1 del suplemento 2, con fecha de entrada en vigor: 19 de agosto de 2010

Modificaciones del índice

El título del anexo 4B queda modificado como sigue:

«Procedimiento de ensayo de motores de encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) que incorporen la certificación mundial armonizada de vehículos pesados (WHDC, Reglamento técnico mundial n° 4)»

El título del anexo 9B queda modificado como sigue:

«Requisitos técnicos de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)»

Se añade el anexo 9C:

«Anexo 9C Requisitos técnicos para la evaluación del funcionamiento en servicio de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)

Apéndice 1: Grupos de monitores»

Se añade el anexo 10:

«Anexo 10 Requisitos técnicos relativos a las emisiones fuera de ciclo (OCE)»

Modificaciones de los anexos

El anexo 4B se sustituye por el texto siguiente:

«ANEXO 4B

Procedimiento de ensayo de motores de encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) que incorporen la certificación mundial armonizada de vehículos pesados (WHDC, Reglamento técnico mundial n° 4)

1. APLICABILIDAD

El presente anexo no es aplicable por el momento con fines de homologación con arreglo al presente Reglamento. Será aplicable en el futuro.

2. Reservado ⁽¹⁾

3. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.1. Definiciones

A efectos del presente Reglamento se aplicarán las definiciones siguientes:

- 3.1.1. “Regeneración continua”: proceso de regeneración de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce permanentemente o, al menos, una vez por ensayo de arranque en caliente WHTC. Este proceso de regeneración no requerirá ningún procedimiento de ensayo especial.
- 3.1.2. “Tiempo de retraso”: tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia, la sonda de muestreo, hasta que la respuesta del sistema alcance el 10 % de la lectura final (t_{10}). Para los componentes gaseosos, consiste en el tiempo de transporte del componente medido desde la sonda de muestreo hasta el detector.
- 3.1.3. “Sistema de reducción de NO_x ”: un sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) [por ejemplo, catalizadores activos y pasivos de NO_x pobres, adsorbentes de NO_x y sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR)].
- 3.1.4. “Motor diésel”: un motor que funciona según el principio de encendido por compresión.
- 3.1.5. “Desviación”: diferencia entre las respuestas al cero o al punto final del instrumento de medición antes y después de un ensayo de emisiones.
- 3.1.6. “Familia de motores”: grupo de motores, determinado por el fabricante, cuyo diseño, tal como se define en el apartado 5.2 del presente Reglamento, posee características similares en cuanto a emisiones de escape; todos los motores de una familia deberán respetar los límites de emisión aplicables.
- 3.1.7. “Sistema del motor”: el motor, el sistema de control de emisiones y la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre las unidades de control electrónico del sistema del motor (ECU) y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o del vehículo.
- 3.1.8. “Tipo de motor”: categoría de motores que no difieren en cuanto a sus características esenciales.

⁽¹⁾ La numeración del presente anexo es coherente con la del Reglamento técnico mundial WHDC. No obstante, algunas secciones de este último no son necesarias en el presente anexo.

- 3.1.9. “Sistema de postratamiento del gas de escape”: catalizador (de oxidación o de tres vías), filtro de partículas, sistema de reducción de NO_x , sistema combinado de reducción de NO_x /filtro de partículas o cualquier otro dispositivo de reducción de emisiones que se instale después del motor. Esta definición excluye la recirculación del gas de escape, que se considerará parte integrante del motor.
- 3.1.10. “Método de dilución de flujo total”: proceso de mezcla de todo el flujo de escape con diluyente antes de separar una parte del flujo de escape diluido para analizarlo.
- 3.1.11. “Gases contaminantes”: monóxido de carbono, hidrocarburos o hidrocarburos no metánicos (suponiendo una relación de $\text{CH}_{1,85}$ para el gasóleo, $\text{CH}_{2,525}$ para el GLP y $\text{CH}_{2,93}$ para el GN y una supuesta molécula $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$ para los motores diésel alimentados con etanol), metano (suponiendo una relación de CH_4 para el GN) y óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalente de dióxido de nitrógeno (NO_2).
- 3.1.12. “Régimen alto (n_{hi})”: régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima declarada.
- 3.1.13. “Régimen bajo (n_{lo})”: régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 55 % de la potencia máxima declarada.
- 3.1.14. “Potencia máxima declarada (P_{max})”: potencia máxima en kW declarada por el fabricante.
- 3.1.15. “Régimen del par máximo”: régimen del motor al que se obtiene el par máximo de acuerdo con lo especificado por el fabricante.
- 3.1.16. “Par normalizado”: par motor en porcentaje normalizado con respecto al par máximo disponible a un régimen determinado del motor.
- 3.1.17. “Demanda del operador”: intervención del operador destinada a controlar la potencia del motor. El operador puede ser una persona (intervención manual) o un controlador (intervención automática) que envía mecánica o electrónicamente una señal al motor que le exige una determinada potencia. Dicha señal puede proceder de una acción sobre el pedal del acelerador, la palanca de mando de los gases, la palanca de mando del combustible, la palanca de mando de la velocidad o de un valor de consigna del regulador, o de una señal de mando electrónica correspondiente que sustituya a cada una de estas acciones.
- 3.1.18. “Motor de referencia”: motor seleccionado dentro de una familia de motores cuyas características en cuanto a emisiones sean representativas de esa familia de motores.
- 3.1.19. “Dispositivo de postratamiento de partículas”: sistema de postratamiento del gas de escape diseñado para reducir las emisiones de partículas contaminantes (PM) mediante una separación mecánica, aerodinámica, por difusión o inercial.
- 3.1.20. “Método de dilución de flujo parcial”: proceso por el que se separa una parte del flujo de escape total y, a continuación, se mezcla con una cantidad adecuada de diluyente antes del filtro de muestreo de partículas.
- 3.1.21. “Partículas (PM)”: cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir el gas de escape con un gas diluyente limpio y filtrado a una temperatura situada entre 315 °K (42 °C) y 325 °K (52 °C); se trata principalmente de carbono, hidrocarburos condensados y sulfatos con agua asociada.
- 3.1.22. “Regeneración periódica”: proceso de regeneración de un dispositivo de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce periódicamente, generalmente en menos de 100 horas de funcionamiento normal del motor. Durante los ciclos en los que se produce la regeneración, pueden superarse los niveles de emisión.
- 3.1.23. “Ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos”: ciclo de ensayo consistente en una secuencia de modos de ensayo del motor en condiciones estables con criterios definidos de régimen y de par en cada modo y aumentos definidos entre esos modos (WHSC).

- 3.1.24. “Régimen nominal”: régimen máximo del motor a plena carga que permita el regulador, tal como lo especifique el fabricante en los documentos de venta y de mantenimiento, o, en caso de que no haya regulador, el régimen al que se obtiene la potencia máxima del motor, tal como lo especifique el fabricante en los documentos de venta y de mantenimiento.
- 3.1.25. “Tiempo de respuesta”: tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia (la sonda de muestreo) y una respuesta del sistema del 90 % del valor final leído (t_{90}), en el cual el cambio del componente medido equivalga a un mínimo del 60 % del fondo de escala (FS) y se produzca en menos de 0,1 segundos. El tiempo de respuesta del sistema equivale al tiempo de retraso del sistema y al tiempo de subida del sistema.
- 3.1.26. “Tiempo de subida”: tiempo transcurrido entre la respuesta al 10 % y al 90 % de la lectura final ($t_{90} - t_{10}$).
- 3.1.27. “Respuesta al punto final”: respuesta media a un gas de ajuste de la escala durante un intervalo de 30 s.
- 3.1.28. “Emisiones específicas”: emisiones máscas expresadas en g/kWh.
- 3.1.29. “Ciclo de ensayo”: secuencia de puntos de ensayo, cada uno de ellos con un régimen y un par determinados, que debe seguir el motor en estado continuo (WHSC) o de transición (WHTC).
- 3.1.30. “Tiempo de transformación”: tiempo transcurrido desde el cambio del componente que debe medirse en el punto de referencia (la sonda de muestreo) hasta una respuesta del sistema del 50 % del valor final leído (t_{50}). El tiempo de transformación se utiliza para el alineamiento de señales de distintos instrumentos de medición.
- 3.1.31. “Ciclo de ensayo transitorio”: ciclo de ensayo con una secuencia de valores de régimen y de par normalizados que varían con relativa rapidez en el tiempo (WHTC).
- 3.1.32. “Vida útil”: distancia o tiempo pertinente en el que debe garantizarse el cumplimiento de los límites aplicables de emisiones de gases y partículas.
- 3.1.33. “Respuesta al cero”: respuesta media a un gas de puesta a cero durante un intervalo de 30 s.

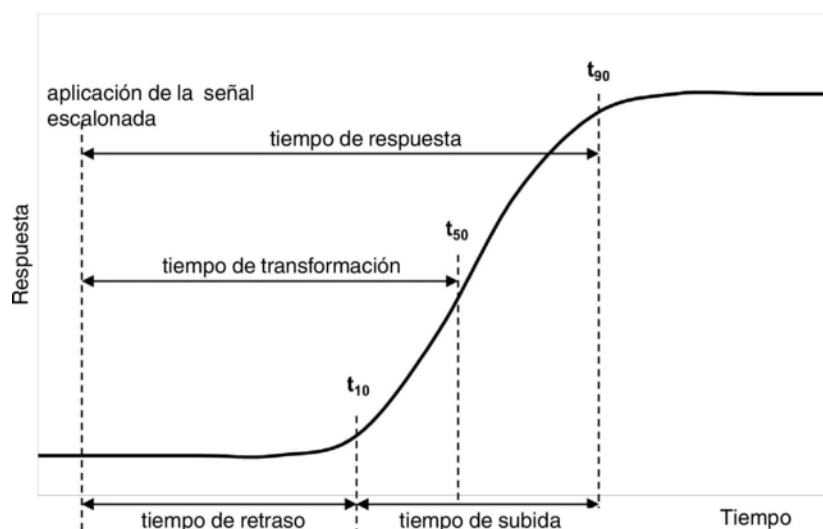


Figura 1

Definiciones del sistema de respuesta

3.2. Símbolos generales

Símbolo	Unidad	Término
a_1	—	Pendiente de la línea de regresión
a_0	—	Ordenada y en el origen de la línea de regresión
A/F_{st}	—	Relación estequiométrica aire-combustible
c	ppm/vol. %	Concentración
c_d	ppm/vol. %	Concentración en base seca
c_w	ppm/vol. %	Concentración en base húmeda
c_b	ppm/vol. %	Concentración de fondo
C_d	—	Coefficiente de descarga del venturi subsónico (SSV)
c_{gas}	ppm/vol. %	Concentración en los componentes gaseosos
d	m	Diámetro
d_v	m	Diámetro del cuello del venturi
D_0	m^3/s	Ordenada en el origen de la función de calibrado de la PDP
D	—	Factor de dilución
Δt	s	Intervalo de tiempo
e_{gas}	g/kWh	Emisión específica de componentes gaseosos
e_{PM}	g/kWh	Emisión específica de partículas
e_r	g/kWh	Emisión específica durante la regeneración
e_w	g/kWh	Emisión específica ponderada
E_{CO_2}	%	Factor de extinción por el CO_2 del analizador de NO_x
E_E	%	Eficiencia del etano
E_{H_2O}	%	Factor de extinción por el agua del analizador de NO_x
E_M	%	Eficiencia del metano
E_{NO_x}	%	Eficiencia del convertidor de NO_x
f	Hz	Frecuencia de muestreo
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio
F_s	—	Factor estequiométrico
H_a	g/kg	Humedad absoluta del aire de admisión
H_d	g/kg	Humedad absoluta del diluyente
i	—	Subíndice que indica una medición instantánea (por ejemplo, 1 Hz)
k_c	—	Factor específico del carbono
$k_{f,d}$	m^3/kg de combustible	Volumen adicional de gas de escape seco resultante de la combustión
$k_{f,w}$	m^3/kg de combustible	Volumen adicional de gas de escape húmedo resultante de la combustión
$k_{h,D}$	—	Factor de corrección de la humedad para NO_x en motores de encendido por compresión
$k_{h,G}$	—	Factor de corrección de la humedad para NO_x en motores de encendido por chispa
$k_{r,u}$	—	Factor de ajuste de la regeneración hacia arriba
$k_{r,d}$	—	Factor de ajuste de la regeneración hacia abajo
$k_{w,a}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de admisión
$k_{w,d}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el diluyente
$k_{w,e}$	—	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

Símbolo	Unidad	Término
K_V	—	Función de calibración de la CFV
λ	—	Coefficiente de exceso de aire
m_b	mg	Masa de la muestra de partículas del diluyente recogida
m_d	kg	Masa de la muestra de diluyente pasada por los filtros de muestreo de partículas
m_{ed}	kg	Masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo
m_{edf}	kg	Masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo de ensayo
m_{ew}	kg	Masa total del gas de escape a lo largo del ciclo
m_{gas}	g	Masa de las emisiones gaseosas durante el ciclo de ensayo
m_f	mg	Masa del filtro de muestreo de partículas
m_p	mg	Masa de la muestra de partículas recogida
m_{PM}	g	Masa de las emisiones de partículas durante el ciclo de ensayo
m_{se}	kg	Masa de la muestra del gas de escape a lo largo del ciclo de ensayo
m_{sed}	kg	Masa del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución
m_{sep}	kg	Masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas
m_{ssd}	kg	Masa del diluyente secundario
M	Nm	Par
M_a	g/mol	Masa molar del aire de admisión
M_d	g/mol	Masa molar del diluyente
M_e	g/mol	Masa molar del gas de escape
M_f	Nm	Par absorbido por los accesorios/equipos que han de instalarse
M_{gas}	g/mol	Masa molar de los componentes gaseosos
M_r	Nm	Par absorbido por los accesorios/equipos que han de retirarse
n	—	Número de mediciones
n_r	—	Número de mediciones con regeneración
n	min ⁻¹	Régimen de rotación del motor
n_{hi}	min ⁻¹	Régimen alto del motor
n_{lo}	min ⁻¹	Régimen bajo del motor
n_{pref}	min ⁻¹	Régimen preferido del motor
n_p	r/s	Régimen de la PDP
p_a	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor
p_b	kPa	Presión atmosférica total
p_d	kPa	Presión de vapor de saturación del diluyente
P_f	kW	Potencia absorbida por los accesorios/equipos que han de instalarse
p_p	kPa	Presión absoluta
p_r	kW	Presión del vapor de agua después del baño refrigerante
p_s	kPa	Presión atmosférica seca
P	kW	Potencia

Símbolo	Unidad	Término
P_r	kW	Potencia absorbida por los accesorios/equipos que han de retirarse
q_{mad}	kg/s	Caudal másico del aire de admisión en base seca
q_{maw}	kg/s	Caudal másico del aire de admisión en base húmeda
q_{mCe}	kg/s	Caudal másico de carbono en el gas de escape bruto
q_{mCf}	kg/s	Caudal másico de carbono que entra en el motor
q_{mCp}	kg/s	Caudal másico de carbono en el sistema de dilución de flujo parcial
q_{mdew}	kg/s	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda
q_{mdw}	kg/s	Caudal másico del diluyente en base húmeda
q_{medf}	kg/s	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda
q_{mew}	kg/s	Caudal másico del gas de escape en base húmeda
q_{mex}	kg/s	Caudal másico de muestreo extraído del túnel de dilución
q_{mf}	kg/s	Caudal másico del combustible
q_{mp}	kg/s	Caudal de la muestra de gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial
q_{vCVS}	m ³ /s	Caudal volumétrico del muestreo de volumen constante (CVS)
q_{vs}	dm ³ /min	Caudal del sistema analizador del gas de escape
q_{vt}	cm ³ /min	Caudal del gas trazador
r^2	—	Coefficiente de determinación
r_d	—	Relación de dilución
r_D	—	Relación de diámetro del venturi subsónico (SSV)
r_h	—	Factor de respuesta a los hidrocarburos del FID
r_m	—	Factor de respuesta al metanol del FID
r_p	—	Relación de presión del venturi subsónico (SSV)
r_s	—	Relación de muestreo media
ρ	kg/m ³	Densidad
ρ_e	kg/m ³	Densidad del gas de escape
σ	—	Desviación estándar
s	—	Desviación estándar
T	K	Temperatura absoluta
T_a	K	Temperatura absoluta del aire de admisión
t	s	Tiempo
t_{10}	s	Tiempo transcurrido entre la aplicación de la señal escalonada y la indicación del 10 % del valor final
t_{50}	s	Tiempo transcurrido entre la aplicación de la señal escalonada y la indicación del 50 % del valor final
t_{90}	s	Tiempo transcurrido entre la aplicación de la señal escalonada y la indicación del 90 % del valor final
u	—	Relación entre las densidades (o masas molares) de los componentes gaseosos y el gas de escape dividida por 1 000
V_0	m ³ /r	Volumen de gas bombeado por la PDP por revolución
V_s	dm ³	Volumen del sistema del banco de análisis del gas de escape
W_{act}	kWh	Trabajo del ciclo de ensayo efectivo
W_{ref}	kWh	Trabajo del ciclo de ensayo de referencia
X_0	m ³ /r	Función de calibración de la PDP

3.3. Símbolos y abreviaturas de la composición del combustible

w_{ALF}	Contenido de hidrógeno del combustible, en % de la masa
w_{BET}	Contenido de carbono del combustible, en % de la masa
w_{GAM}	Contenido de azufre del combustible, en % de la masa
w_{DEL}	Contenido de nitrógeno del combustible, en % de la masa
w_{EPS}	Contenido de oxígeno del combustible, en % de la masa
α	Relación molar de hidrógeno (H/C)
γ	Relación molar de azufre (S/C)
δ	Relación molar de nitrógeno (N/C)
ε	Relación molar de oxígeno (O/C)

en referencia a un combustible $CH_aO_eN_\delta S_\gamma$

3.4. Símbolos y abreviaturas de los componentes químicos

C1	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	Etano
C ₃ H ₈	Propano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
DOP	Ftalato de dioctilo
HC	Hidrocarburos
H ₂ O	Agua
NMHC	Hidrocarburos no metánicos
NO _x	Óxidos de nitrógeno
NO	Óxido nítrico
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
PM	Partículas

3.5. Abreviaturas

CFV	Venturi de caudal crítico
CLD	Detector quimioluminiscente
CVS	Muestreo de volumen constante
deNO _x	Sistema de postratamiento de los NO _x
EGR	Recirculación del gas de escape
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
PDP	Bomba de desplazamiento positivo
% FS	% del fondo de escala
PFS	Sistema de flujo parcial
SSV	Venturi subsónico
VGT	Turbina de geometría variable

4. REQUISITOS GENERALES

El sistema del motor estará diseñado, fabricado y ensamblado de manera que el motor, en condiciones normales de utilización, pueda cumplir los requisitos del presente anexo durante su vida útil, tal como se define en el presente Reglamento, incluso cuando esté instalado en el vehículo.

5. RESULTADOS REQUERIDOS

5.1. Emisiones de gases y partículas contaminantes

Las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor se determinarán en los ciclos de ensayo WHTC y WHSC, tal como se describen en el punto 7. Los sistemas de medición cumplirán los requisitos de linealidad del punto 9.2 y las especificaciones del punto 9.3 (medición de las emisiones gaseosas), el punto 9.4 (medición de las partículas) y el apéndice 3.

El organismo de homologación podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se comprueba que ofrecen resultados equivalentes con arreglo al punto 5.1.1.

5.1.1. Equivalencia

La determinación de equivalencia del sistema se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o mayor) del sistema que está siendo examinado y uno de los sistemas del presente anexo.

Los "resultados" se refieren al valor ponderado de las emisiones de ese ciclo en particular. El ensayo correlacional tendrá lugar en el mismo laboratorio y celda de ensayo, y con el mismo motor, y es preferible efectuarlo simultáneamente. La equivalencia de las medias de los pares de muestras se determinará mediante las estadísticas de los ensayos F y t, tal como se describen en el apéndice 4, punto A.4.3, obtenidas en dichas condiciones de laboratorio, de celda de ensayo y de motor. Los valores extremos se determinarán conforme a la norma ISO 5725 y se excluirán de la base de datos. Los sistemas que se utilicen para el ensayo correlacional estarán sujetos a la aprobación del organismo de homologación.

5.2. Familia de motores

5.2.1. Generalidades

Una familia de motores se caracteriza por sus parámetros de diseño. Estos serán comunes a todos los motores de la familia. El fabricante del motor podrá decidir qué motores pertenecen a una familia, siempre y cuando se cumplan los criterios de pertenencia indicados en el punto 5.2.3. La familia de motores será aprobada por el organismo de homologación. El fabricante pondrá a disposición del organismo de homologación la información adecuada sobre los niveles de emisión de los miembros de la familia de motores.

5.2.2. Casos particulares

En algunos casos puede producirse una interacción entre los parámetros. Esto se tendrá en cuenta para garantizar que en una familia solo se incluyan motores con características similares en cuanto a emisiones de escape. El fabricante deberá identificar estos casos y notificarlos al organismo de homologación. Se tendrán en cuenta como criterio para la creación de una nueva familia de motores.

En caso de dispositivos o características que no se contemplen en el punto 5.2.3 y que influyan fuertemente en el nivel de emisiones, el fabricante identificará este equipo con arreglo a buenas prácticas técnicas y lo notificará al organismo de homologación. Se tendrán en cuenta como criterio para la creación de una nueva familia de motores.

Además de los parámetros indicados en el punto 5.2.3, el fabricante podrá introducir criterios adicionales que permitan la definición de familias de tamaño más reducido. Estos parámetros no deben tener necesariamente una influencia en el nivel de emisiones.

5.2.3. Parámetros que definen una familia de motores

5.2.3.1. Ciclo de combustión

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

5.2.3.2. Configuración de los cilindros

5.2.3.2.1. Posición de los cilindros en el bloque

- a) V
- b) En línea
- c) Radial
- d) Otras (F, W, etc.)

5.2.3.2.2. Posición relativa de los cilindros

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

5.2.3.3. Principal medio refrigerante

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

5.2.3.4. Desplazamiento de cada cilindro

5.2.3.4.1. Motor con un desplazamiento por cilindro $\geq 0,75 \text{ dm}^3$

Para que los motores con un desplazamiento por cilindro $\geq 0,75 \text{ dm}^3$ se consideren de la misma familia, el abanico de desplazamientos por cilindro no superará en un 15 % el mayor desplazamiento de un cilindro dentro de la familia.

5.2.3.4.2. Motor con un desplazamiento por cilindro $< 0,75 \text{ dm}^3$

Para que los motores con un desplazamiento por cilindro $< 0,75 \text{ dm}^3$ se consideren de la misma familia, el abanico de desplazamientos por cilindro no superará en un 30 % el mayor desplazamiento de un cilindro dentro de la familia.

5.2.3.4.3. Motor con otros límites de desplazamiento por cilindro

Podrá considerarse que los motores con un desplazamiento por cilindro que superen los límites definidos en los puntos 5.2.3.4.1 y 5.2.3.4.2 pertenecen a la misma familia si así lo admite el organismo de homologación. La decisión se basará en elementos técnicos (cálculos, simulaciones, resultados experimentales, etc.) que demuestren que el incumplimiento de los límites no influye de manera significativa en las emisiones de escape.

5.2.3.5. Método de aspiración del aire

- a) Atmosférica
- b) Sobrealimentación
- c) Sobrealimentación con sistema de refrigeración de la admisión

5.2.3.6. Tipo de combustible

- a) Gasóleo
- b) Gas natural (GN)
- c) Gas licuado de petróleo (GLP)
- d) Etanol

5.2.3.7. Tipo de cámara de combustión

- a) Cámara abierta
- b) Cámara dividida
- c) Otros tipos

5.2.3.8. Tipo de encendido

- a) Encendido por chispa
- b) Encendido por compresión

5.2.3.9. Válvulas y orificios

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

5.2.3.10. Tipo de alimentación de combustible

- a) Alimentación de combustible líquido
 - i) Bomba, inyector y línea (de alta presión)
 - ii) Bomba en línea o de distribución
 - iii) Bomba unitaria o inyector unitario
 - iv) Raíl común
 - v) Carburador(es)
 - vi) Otros

- b) Alimentación de combustible gaseoso
 - i) Gaseoso
 - ii) Líquido
 - iii) Mezcladores
 - iv) Otros
- c) Otros tipos

5.2.3.11. Dispositivos diversos

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

5.2.3.12. Estrategia de control electrónico

La presencia o ausencia de una unidad de control electrónico (ECU) en el motor se considera un parámetro básico de la familia.

En el caso de motores controlados electrónicamente, el fabricante presentará los elementos técnicos que justifican el agrupamiento de los motores en una familia, a saber, los motivos por los que se puede considerar que esos motores cumplen los mismos requisitos sobre emisiones.

Estos elementos pueden consistir en cálculos, simulaciones, estimaciones, descripciones de parámetros de inyección, resultados experimentales, etc.

Entre los ejemplos de características controladas figuran:

- a) la regulación
- b) la presión de inyección
- c) las inyecciones múltiples
- d) la presión de sobrealimentación
- e) la turbina de geometría variable (VGT)
- f) la recirculación del gas de escape (EGR)

5.2.3.13. Sistemas de postratamiento del gas de escape

La función y la combinación de los dispositivos siguientes se consideran un criterio de pertenencia a una familia de motores:

- a) Catalizador de oxidación
- b) Catalizador de tres vías
- c) Sistema de reducción de NO_x con reducción selectiva de NO_x (adición de agente reductor)
- d) Otros sistemas de reducción de NO_x

- e) Trampa de partículas con regeneración pasiva
- f) Trampa de partículas con regeneración activa
- g) Otras trampas de partículas
- h) Otros dispositivos

Cuando un motor ha sido certificado sin sistema de postratamiento, bien como motor de referencia o como miembro de una familia, si está equipado con un catalizador de oxidación, puede incluirse en la misma familia de motores si no precisa características de combustible diferentes.

Si precisa características de combustible específicas (por ejemplo, trampas de partículas que requieran aditivos especiales en el combustible para garantizar el proceso de regeneración), la decisión de incluirlo en la misma familia se basará en elementos técnicos que indique el fabricante. Esos elementos indicarán que el nivel de emisión previsto del motor equipado con el catalizador respeta el mismo límite que el motor sin catalizador.

Cuando un motor ha sido certificado con un sistema de postratamiento, bien como motor de referencia o como miembro de una familia cuyo motor de referencia está equipado con el mismo sistema de postratamiento, no podrá incluirse en la misma familia de motores si no está equipado con el sistema de postratamiento.

5.2.4. Elección del motor de referencia

5.2.4.1. Motores de encendido por compresión

Una vez que el organismo de homologación haya aprobado la familia de motores, el principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será el de tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de par máximo declarado. En caso de que dos o más motores cumplan ese criterio principal, se seleccionará como motor de referencia aquel que cumpla el criterio secundario, a saber, tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen nominal.

5.2.4.2. Motores de encendido por chispa

Una vez que el organismo de homologación haya aprobado la familia de motores, el principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será el de tener el mayor desplazamiento. En caso de que dos o más motores compartan este criterio principal, se seleccionará el motor de referencia utilizando uno de los siguientes criterios secundarios, en este orden de prioridad:

- a) el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de la potencia nominal declarada;
- b) el reglaje de chispa más avanzado;
- c) el caudal de recirculación del gas de escape más bajo.

5.2.4.3. Observaciones acerca de la selección del motor de referencia

El organismo de homologación de tipo podrá considerar que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a emisiones es someter a ensayo otros motores. En ese caso, el fabricante del motor presentará la información adecuada para determinar qué motores de la familia tienen probabilidad de tener el nivel de emisiones más alto.

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

Si algunos motores de la familia cumplen los mismos valores de emisión en distintos periodos de la vida útil, se tendrá en cuenta en la selección del motor de referencia.

6. CONDICIONES DE ENSAYO

6.1. Condiciones de ensayo en laboratorio

Se medirá la temperatura absoluta (T_a) del aire de admisión del motor, expresada en kelvin, y la presión atmosférica seca (p_s), expresada en kPa, y se determinará el parámetro f_a de acuerdo con las disposiciones siguientes. En el caso de motores de varios cilindros que posean grupos de colectores distintos, por ejemplo en los "motores en V", se tomará la temperatura media de los distintos grupos. El parámetro f_a se notificará con los resultados de ensayo. Para una mejor repetibilidad y reproducibilidad de los resultados, se recomienda que el parámetro f_a cumpla la condición siguiente: $0,93 \leq f_a \leq 1,07$.

a) Motores de encendido por compresión:

Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

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

Motores turbocomprimidos con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (2)$$

b) Motores de encendido por chispa:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6} \quad (3)$$

6.2. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

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

Si se utiliza un sistema de laboratorio de ensayo o un soplante externo, el caudal del refrigerante deberá regularse de forma que la temperatura del aire de sobrealimentación se sitúe dentro de un margen de ± 5 K respecto a la temperatura máxima especificada por el fabricante al régimen nominal y a plena carga. La temperatura y el caudal del refrigerante del sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación en el punto de reglaje anterior no deberán variar durante el ciclo de ensayo, salvo que ello suponga una sobrerrefrigeración no representativa del aire de sobrealimentación. El volumen del sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación estará basado en buenas prácticas técnicas y será representativo de la instalación del motor en circulación. El sistema de laboratorio estará diseñado para minimizar la acumulación de condensado. Se drenarán los condensados acumulados y todos los drenajes estarán completamente cerrados antes de la realización de los ensayos de emisiones.

Si el fabricante del motor especifica límites de pérdida presión del aire que atraviesa el sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación, se asegurará de que dicha pérdida en las condiciones del motor especificadas por el fabricante respetan los límites especificados por este. La pérdida de presión se medirá en los lugares señalados por el fabricante.

6.3. Potencia del motor

La base de la medición de las emisiones específicas es la potencia del motor y el trabajo del ciclo, determinados con arreglo a los puntos 6.3.1 a 6.3.5.

6.3.1. Generalidades relativas a la instalación del motor

El motor se someterá a ensayo con los accesorios/equipos enumerados en el apéndice 7.

Si no se instalan los accesorios/equipos requeridos, su potencia se tendrá en cuenta conforme a los puntos 6.3.2 a 6.3.5.

6.3.2. Accesorios/equipos que deben instalarse para el ensayo de emisiones

Si resulta inapropiado instalar en el banco de pruebas los accesorios/equipos requeridos en virtud del apéndice 7, se determinará la potencia absorbida por los mismos y se la restará de la potencia del motor medida (de referencia y efectiva) en la totalidad del intervalo de regímenes del motor del WHTC y en los regímenes de ensayo del WHSC.

6.3.3. Accesorios/equipos que deben retirarse para el ensayo

Cuando no puedan retirarse los accesorios/equipos no exigidos en virtud del apéndice 7, se podrá determinar la potencia absorbida por los mismos, que podrá sumarse a la potencia del motor medida (de referencia y efectiva) en la totalidad del intervalo de regímenes del motor del WHTC y en los regímenes de ensayo del WHSC. Si dicho valor es superior al 3 % de la potencia máxima al régimen de ensayo, deberá demostrarse al organismo de homologación de tipo.

6.3.4. Determinación de la potencia de los accesorios

Solo será preciso determinar la potencia absorbida por los accesorios/equipos si:

- a) el motor carece de los accesorios/equipos requeridos en virtud del anexo 7,
o
- b) el motor cuenta con accesorios/equipos no requeridos en virtud del anexo 7.

Los valores de la potencia de los accesorios y el método de cálculo/medición de dicha potencia serán facilitados por el fabricante del motor para toda la franja de funcionamiento de los ciclos de ensayo, y serán aprobados por el organismo de homologación de tipo.

6.3.5. Trabajo del ciclo del motor

El cálculo del trabajo del ciclo efectivo y del trabajo del ciclo de referencia (véanse los puntos 7.4.8 y 7.8.6) se basará en la potencia del motor conforme al punto 6.3.1. En tal caso, P_f y P_i de la ecuación 4 son iguales a cero y P es igual a P_m .

Si hay accesorios/equipos instalados con arreglo a los puntos 6.3.2 o 6.3.3, la potencia que absorban se utilizará para corregir cada valor instantáneo $P_{m,i}$ de la potencia del ciclo según se indica a continuación:

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (4)$$

donde:

$P_{m,i}$ es la potencia del motor medida, expresada en kW

$P_{f,i}$ es la potencia absorbida por los accesorios/equipos que han de instalarse, medida en kW

$P_{r,i}$ es la potencia absorbida por los accesorios/equipos que han de retirarse, medida en kW.

6.4. Sistema de admisión de aire del motor

Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor que presente una restricción de la admisión de aire situada dentro de un margen de ± 300 Pa respecto al valor máximo especificado por el fabricante para un filtro de aire limpio al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. La presión estática diferencial de la restricción se medirá en el lugar señalado por el fabricante.

6.5. Sistema de escape del motor

Se utilizará un sistema de escape del motor o un sistema del laboratorio de ensayo que presente una contrapresión de escape situada entre un 80 % y un 100 % del valor máximo especificado por el fabricante al régimen nominal y a plena carga. Si la restricción máxima es igual o inferior a 5 kPa, el punto de reglaje se situará como mínimo a 1,0 kPa del máximo. El sistema de escape deberá cumplir los requisitos de muestreo del gas de escape establecidos en los puntos 9.3.10 y 9.3.11.

6.6. Motor con sistema de postratamiento del gas de escape

Si el motor incluye un sistema de postratamiento del gas de escape, el tubo de escape tendrá el mismo diámetro que un tubo de serie, o el que especifique el fabricante, a lo largo de una distancia equivalente a un mínimo de cuatro veces el diámetro del tubo antes de la sección de expansión que contenga el dispositivo de postratamiento del gas de escape. La distancia entre la brida del colector de escape o la salida del turbocompresor y el sistema de postratamiento del gas de escape será la de la configuración del vehículo o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. La contrapresión o limitación del escape se regirá por estos mismos criterios y podrá regularse con una válvula. En el caso de los dispositivos de postratamiento de restricción variable, la restricción máxima del gas de escape se determinará en la condición de postratamiento (nivel de rodaje/envejecimiento y de regeneración/suciedad) especificada por el fabricante. Si la restricción máxima es igual o inferior a 5 kPa, el punto de reglaje se situará como mínimo a 1,0 kPa del máximo. El contenedor de postratamiento podrá retirarse durante los ensayos simulados y el establecimiento de la cartografía del motor y sustituirse por un contenedor equivalente que incluya un soporte de catalizador inactivo.

Las emisiones medidas en los ciclos de ensayo deberán ser representativas de las emisiones en condiciones de uso reales. En el caso de un motor equipado con un sistema de postratamiento que requiera el consumo de un reactivo, el fabricante determinará el reactivo que se utilizará para todos los ensayos.

Los motores equipados con sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración continua no requerirán un procedimiento especial de ensayo pero será necesario demostrar el proceso de regeneración con arreglo al punto 6.6.1.

Para los motores equipados con sistemas de postratamiento del gas de escape que se regeneren periódicamente, tal como se describe en el punto 6.6.2, los resultados de las emisiones se ajustarán para tomar en consideración las regeneraciones. En ese caso, la emisión media dependerá de la frecuencia de las regeneraciones, como fracción de los ensayos durante los cuales se produce la regeneración.

6.6.1. Regeneración continua

Las emisiones se medirán en un sistema de postratamiento que haya sido estabilizado de manera que se obtenga un comportamiento relacionado con las emisiones repetible. El proceso de regeneración se producirá una vez, como mínimo, durante el ensayo WHTC de arranque en caliente, y el fabricante declarará las condiciones normales en las que se realiza dicha regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.).

Para demostrar que el proceso de regeneración es continuo, se efectuará un mínimo de tres ensayos WHTC de arranque en caliente. Para dicha demostración, el motor se calentará conforme a lo dispuesto en el punto 7.4.1, se homogeneizará su calor con arreglo al punto 7.6.3 y se efectuará un primer ensayo WHTC de arranque en caliente. Los ensayos de arranque en caliente siguientes se iniciarán una vez homogeneizada la temperatura con arreglo al punto 7.6.3. Durante los ensayos, se registrarán las temperaturas y presiones de escape (temperatura antes y después del sistema de postratamiento, contrapresión de escape, etc.).

Se considerará que el sistema de postratamiento es de regeneración continua y se aplicarán las generalidades sobre los ensayos de los puntos 7.6 (WHTC) y 7.7 (WHSC) si las condiciones declaradas por el fabricante se producen durante los ensayos y los resultados de los tres (o más) ensayos WHTC de arranque en caliente no varían más de un $\pm 25\%$ o $0,005\text{ g/kWh}$ (se tomará en mayor de estos dos valores).

Si el postratamiento del gas de escape dispone de un modo de seguridad que pasa a un modo de regeneración periódico, este se verificará con arreglo a lo dispuesto en el punto 6.6.2. En ese caso específico, podrían superarse los límites de emisión y no se ponderarían.

6.6.2. Regeneración periódica

Para un postratamiento del gas de escape basado en un proceso de regeneración periódica, las emisiones se medirán en un mínimo de tres ensayos WHTC de arranque en caliente, uno con un proceso de regeneración en un sistema de postratamiento estabilizado y dos sin él, y se ponderarán los resultados conforme a la ecuación 5.

El proceso de regeneración se producirá como mínimo una vez durante el ensayo WHTC de arranque en caliente. El motor podrá estar equipado con un interruptor que pueda impedir o permitir el proceso de regeneración, siempre que esta operación no repercuta en la calibración original del motor.

El fabricante declarará las condiciones normales de los parámetros en que se produce el proceso de regeneración (carga de hollín, temperatura, contrapresión de escape, etc.), y su duración. El fabricante también indicará la frecuencia de las regeneraciones en forma de número de ensayos durante los que se producen las regeneraciones con respecto al número de ensayos sin ellas. El procedimiento exacto para determinar dicha frecuencia se basará en datos relativos a los motores en servicio basándose en criterios técnicos bien fundamentados, y serán aprobados por el organismo de homologación de tipo o de certificación.

El fabricante proporcionará un sistema de postratamiento que haya sido cargado con el fin de conseguir la regeneración durante un ensayo WHTC. Para dicha verificación, el motor se calentará conforme a lo dispuesto en el punto 7.4.1, se homogeneizará su calor con arreglo al punto 7.6.3 y se iniciará el ensayo WHTC de arranque en caliente. La regeneración no se producirá durante el calentamiento del motor.

La media de las emisiones específicas entre las fases de regeneración se determinará a partir de la media aritmética de los resultados (g/kWh) de varios ensayos WHTC de arranque en caliente aproximadamente equidistantes. Se recomienda realizar al menos un ensayo WHTC de arranque en caliente inmediatamente antes de un ensayo de regeneración y un ensayo WHTC de arranque en caliente inmediatamente después de un ensayo de regeneración. El fabricante podrá optar también por proporcionar datos que muestren que las emisiones permanecen constantes ($\pm 25\%$ o $0,005\text{ g/kWh}$, el valor que sea mayor) entre las fases de regeneración. En ese caso, podrán utilizarse las emisiones de un solo ensayo WHTC de arranque en caliente.

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

Durante el ensayo de regeneración podrán rebasarse los límites de emisión aplicables.

La figura 2 muestra un esquema del procedimiento de ensayo.

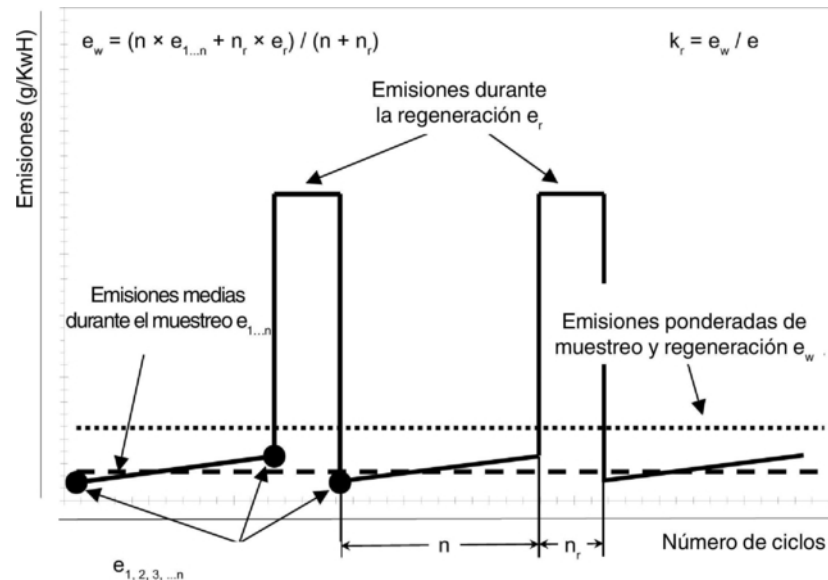


Figura 2

Esquema de regeneración periódica

Las emisiones del ensayo WHTC de arranque en caliente se ponderarán de la manera siguiente:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (5)$$

donde:

n es el número de ensayos WHTC de arranque en caliente sin regeneración

n_r es el número de ensayos WHTC de arranque en caliente con regeneración (mínimo un ensayo)

\bar{e} es la emisión media específica sin regeneración, en g/kWh

\bar{e}_r es la emisión media específica con regeneración, en g/kWh.

Para determinar \bar{e}_r , se aplicarán las disposiciones siguientes:

- Si la regeneración dura más de un ciclo WHTC de arranque en caliente, se realizarán sucesivamente ensayos WHTC de arranque en caliente completos, se seguirán midiendo las emisiones sin homogeneizar la temperatura y sin apagar el motor hasta que termine la regeneración, y se calculará la media de los ensayos WHTC de arranque en caliente.
- Si la regeneración finaliza durante un ciclo del ensayo WHTC de arranque en caliente, el ciclo continuará hasta el final.

Previo acuerdo con el organismo de homologación de tipo, podrán aplicarse factores de ajuste de la regeneración de tipo multiplicativo (c) o aditivo (d) basándose en análisis técnicos solventes.

- c) Los factores de ajuste multiplicativos se calcularán de la manera siguiente:

$$k_{r,u} = \frac{e_w}{e} \text{ (hacia arriba)} \quad (6)$$

$$k_{r,d} = \frac{e_w}{e_r} \text{ (hacia abajo)} \quad (6a)$$

- d) Los factores de ajuste aditivos se calcularán de la manera siguiente:

$$k_{r,u} = e_w - e \text{ (hacia arriba)} \quad (7)$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \text{ (hacia abajo)} \quad (8)$$

Con respecto a los cálculos de las emisiones específicas del punto 8.6.3, se aplicarán factores de ajuste de la regeneración como se indica a continuación:

- e) En el caso de un ensayo sin regeneración, $k_{r,u}$ será, respectivamente, multiplicado por el valor e de la emisión específica de las ecuaciones 69 o 70 o añadido a dicho valor.
- f) En el caso de un ensayo con regeneración, $k_{r,d}$ será, respectivamente, multiplicado por el valor e de la emisión específica de las ecuaciones 69 o 70 o sustraído de dicho valor.

A petición del fabricante, los factores de ajuste de la regeneración:

- g) podrán extenderse a otros miembros de la misma familia de motores;
- h) podrán extenderse a otras familias de motores que utilicen el mismo sistema de postratamiento, previa autorización del organismo de homologación de tipo o de certificación basada en pruebas técnicas que aporte el fabricante de que las emisiones son similares.

6.7. Sistema de refrigeración

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

6.8. Aceite lubricante

El aceite de lubricación lo especificará el fabricante y será representativo del aceite de lubricación disponible en el mercado; las especificaciones del aceite de lubricación utilizado para el ensayo se registrarán y se presentarán con los resultados del ensayo.

6.9. Especificaciones del combustible de referencia

El combustible de referencia está especificado en el apéndice 2 del presente anexo para los motores de encendido por compresión y en los anexos 6 y 7 para los motores de GNC y GLP.

La temperatura del combustible se ajustará a las recomendaciones del fabricante.

6.10. Emisiones del cárter

Ninguna emisión del cárter se emitirá directamente a la atmósfera ambiente, con las excepciones siguientes: los motores con turbocompresores, bombas, soplantes o compresores de sobrealimentación para la admisión de aire podrán liberar emisiones del cárter a la atmósfera ambiente si las emisiones se añaden a las de escape (física o matemáticamente) durante todos los ensayos de emisiones. Los fabricantes que se acojan a esta excepción instalarán los motores de forma que todas las emisiones del cárter puedan ser encaminadas al sistema de muestreo de las emisiones.

A efectos del presente punto, se considerará que no se han emitido directamente a la atmósfera ambiente las emisiones del cárter que son encaminadas al dispositivo de escape antes del sistema de postratamiento del gas de escape durante todas las fases de funcionamiento.

Las emisiones del cárter se encaminarán al sistema de escape para la medición de las emisiones como se indica a continuación:

- a) Los materiales de los tubos serán lisos, conductores eléctricamente y no deberán reaccionar con las emisiones del cárter. Los tubos serán lo más cortos que sea posible.
- b) Los tubos utilizados en el laboratorio para recoger las emisiones de cárter tendrán el menor número de codos que sea posible, y los codos que sean inevitables tendrán el mayor radio de curvatura posible.
- c) Los tubos del cárter utilizados en el laboratorio se calentarán, sus paredes serán finas o estarán aislados y cumplirán las especificaciones del fabricante relativas a la contrapresión del cárter.
- d) Los tubos utilizados para el gas de escape del cárter irán conectados al dispositivo de evacuación del gas de escape bruto de cualquier sistema de postratamiento, después de cualquier limitación del gas de escape que se haya instalado y suficientemente antes de cualquier sonda de muestreo a fin de garantizar la mezcla completa con el gas de escape del motor antes del muestreo. El tubo de conducción del gas de escape del cárter entrará en la corriente libre del gas de escape para evitar efectos de capa límite y para facilitar la mezcla. El orificio del tubo del gas de escape del cárter podrá orientarse en cualquier dirección con respecto al flujo del gas de escape bruto.

7. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

7.1. Principios de medición de las emisiones

Para medir las emisiones específicas, el motor efectuará los ciclos de ensayo definidos en los puntos 7.2.1 y 7.2.2. La medición de las emisiones específicas requiere la determinación de la masa de los componentes presentes en el gas de escape y el trabajo del ciclo del motor correspondiente. Los componentes se determinan mediante los métodos de muestreo descritos en los puntos 7.1.1 y 7.1.2.

7.1.1. Muestreo continuo

En el muestreo continuo, la concentración de los componentes se mide continuamente a partir del gas de escape bruto o diluido. Dicha concentración se multiplica por el caudal continuo del gas de escape (bruto o diluido) en el lugar de muestreo de las emisiones a fin de determinar el caudal másico de los componentes. La emisión de los componentes se suma continuamente a lo largo del ciclo de ensayo. Dicha suma es la masa total de los componentes emitidos.

7.1.2. Muestreo por lotes

En el muestreo por lotes, se extrae continuamente una muestra de gas de escape bruto o diluido que se guarda para efectuar más tarde la medición. La muestra extraída será proporcional al caudal del gas de escape bruto o diluido. La recogida en una bolsa de los componentes gaseosos diluidos y la recogida de partículas en un filtro constituyen ejemplos de muestreo por lotes. Las concentraciones muestreadas por lotes se multiplican por la masa total o el caudal másico del gas de escape (bruto o diluido) del que se extrajeron durante el ciclo de ensayo. Dicho producto constituye la masa total o el flujo másico de los componentes emitidos. Para calcular la concentración de partículas, las partículas depositadas en un filtro a partir de gas de escape extraído proporcionalmente se dividirán por la cantidad de gas de escape filtrado.

7.1.3. Procedimientos de medición

En el presente anexo se aplican dos procedimientos de medición que son equivalentes funcionalmente. Ambos pueden utilizarse tanto para el ciclo de ensayo WHTC como para el WHSC:

- a) los componentes gaseosos se muestrean continuamente en el gas de escape bruto y las partículas se determinan mediante un sistema de dilución de flujo parcial;
- b) los componentes gaseosos y las partículas se determinan mediante un sistema de dilución de flujo total (sistema CVS).

Se permite cualquier combinación de ambos principios (por ejemplo, medición de las emisiones gaseosas brutas y medición de las partículas de flujo total).

7.2. Ciclos de ensayo

7.2.1. Ciclo de ensayo transitorio WHTC

El ciclo de ensayo transitorio WHTC figura en el apéndice 1 como secuencia segundo a segundo de valores de régimen y par normalizados. A efectos de la realización del ensayo en una celda de ensayo del motor, los valores normalizados se convertirán en valores efectivos para el motor que se está ensayando basándose en la curva gráfica del motor. Esta conversión se denomina “desnormalización” y el ciclo de ensayo desarrollado, “ciclo de referencia del motor objeto del ensayo”. Con esos valores de régimen y par de referencia, se llevará a cabo el ciclo en la celda de ensayo y se registrarán los valores de régimen y par efectivos. Para validar el periodo de ensayo, se efectuará un análisis regresivo entre los valores de referencia de régimen, par y potencia y los valores efectivos una vez concluido el ensayo.

Para calcular las emisiones específicas del freno, se calculará el trabajo del ciclo efectivo mediante la integración de la potencia efectiva del motor durante el ciclo. Para la validación del ciclo, el trabajo del ciclo efectivo se encontrará dentro de los límites prescritos del trabajo del ciclo de referencia.

Para los contaminantes gaseosos, podrá utilizarse el muestreo continuo (gas de escape bruto o diluido) o el muestreo por lotes (gas de escape diluido). La muestra de partículas deberá diluirse con un diluyente acondicionado (como el aire ambiente) y recogerse en un único filtro adecuado. La figura 3 muestra un esquema del WHTC.

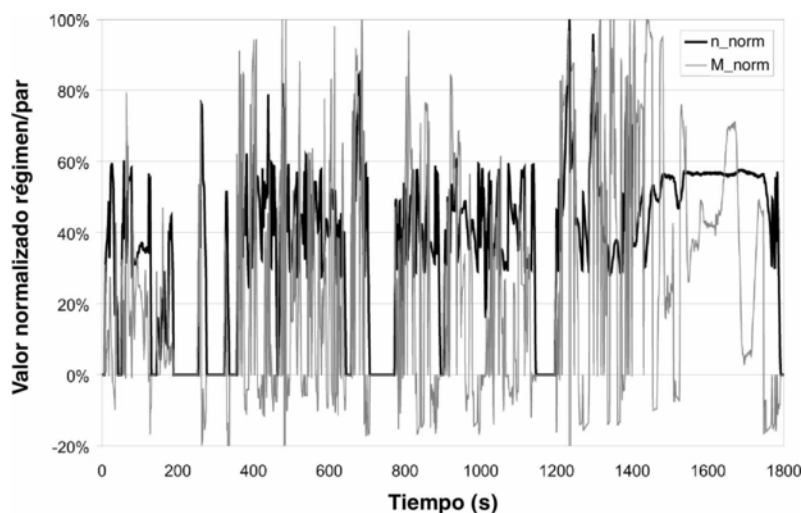


Figura 3

Ciclo de ensayo WHTC

7.2.2. Ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos WHSC

El ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos WHSC consiste en un número determinado de modos de régimen y carga que se convertirán en los valores de referencia del motor correspondiente que se someta a ensayo a partir de la curva gráfica del motor. El motor deberá funcionar durante el tiempo prescrito para cada modo, al cabo del cual, el régimen y la carga deberán cambiarse linealmente en el plazo de 20 ± 1 segundos. Para validar el periodo de ensayo, se efectuará un análisis regresivo entre los valores de referencia de régimen, par y potencia y los valores efectivos una vez concluido el ensayo.

La concentración de cada gas contaminante, el caudal de escape y la potencia desarrollada se determinarán a lo largo del ciclo de ensayo. Los contaminantes gaseosos podrán registrarse de manera continua o muestrearse en una bolsa de muestreo. La muestra de partículas deberá diluirse con un diluyente acondicionado (como el aire ambiente). Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de ensayo, y se recogerá en un único filtro adecuado.

Para calcular las emisiones específicas del freno, se calculará el trabajo del ciclo efectivo mediante la integración de la potencia efectiva del motor durante el ciclo.

El cuadro 1 muestra el ciclo de ensayo WHSC. Excepto en el modo 1, cada modo comienza al inicio del aumento a partir del modo anterior.

Cuadro 1

Ciclo de ensayo WHSC

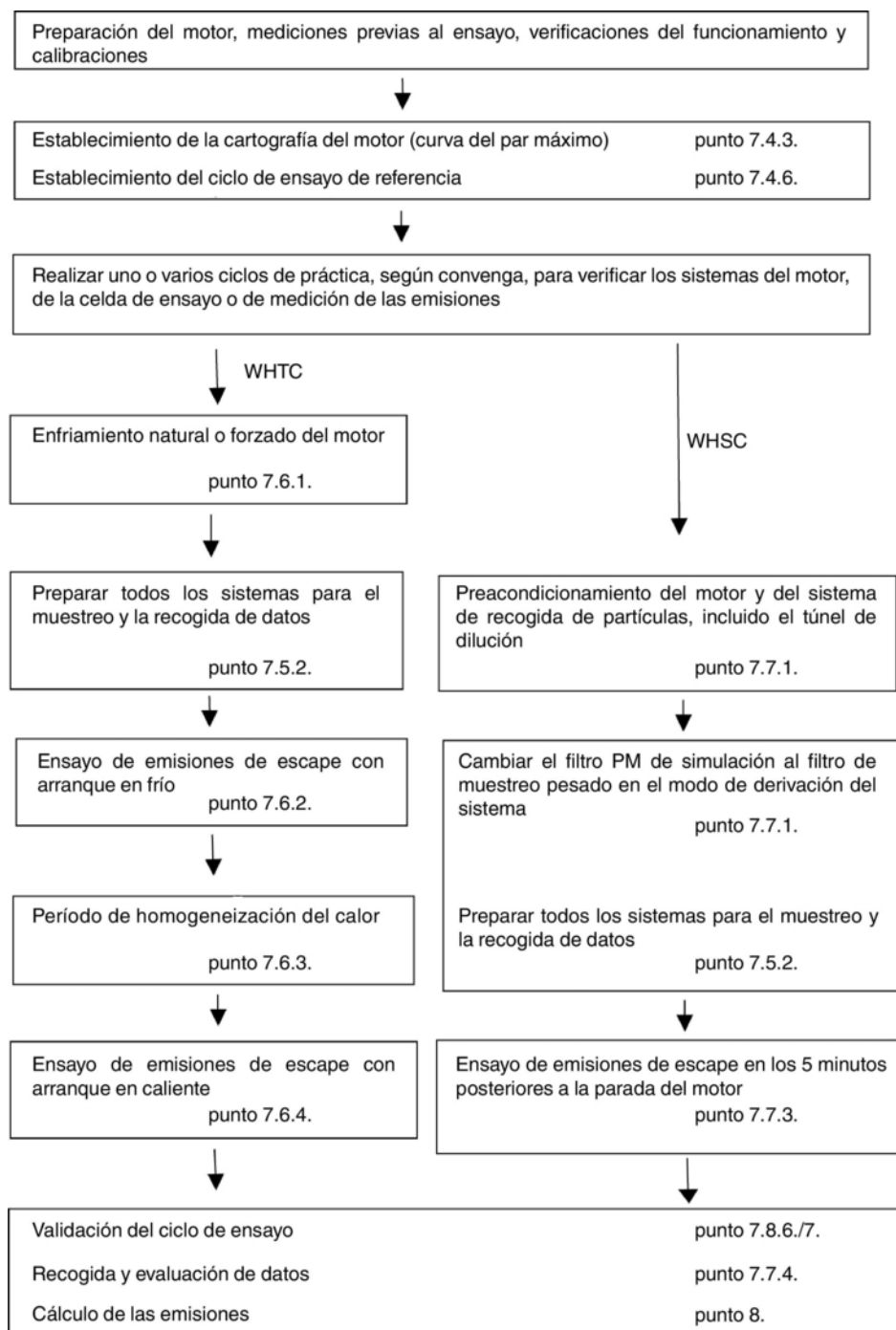
Modo	Régimen normalizado (%)	Par normalizado (%)	Duración del modo (s) incl. aumento de 20 s
1	0	0	210
2	55	100	50
3	55	25	250
4	55	70	75
5	35	100	50
6	25	25	200
7	45	70	75
8	45	25	150
9	55	50	125
10	75	100	50
11	35	50	200
12	35	25	250
13	0	0	210
Total			1 895

7.3. Generalidades sobre la secuencia de ensayo

El diagrama que figura a continuación muestra el camino que debería seguirse durante el ensayo. Los detalles de cada paso se describen en los puntos correspondientes. Se permiten variaciones respecto a ese camino, cuando resulte conveniente, pero los requisitos específicos de los puntos correspondientes son de obligado cumplimiento.

Para el ciclo WHTC, el mejor procedimiento consiste en un ensayo de arranque en frío tras el enfriamiento natural o forzado del motor, una parada para homogeneizar el calor y un arranque en caliente.

Para el ciclo WHSC, el mejor procedimiento consiste en un ensayo con arranque en caliente tras un preconditionamiento del motor en el modo 9 del ciclo WHSC.



7.4. Cartografía del motor y ciclo de referencia

Las mediciones del motor, verificaciones de las prestaciones del motor y calibraciones del sistema previas al ensayo se llevarán a cabo antes del establecimiento de la cartografía del motor, de acuerdo con la secuencia general de ensayo expuesta en el punto 7.3.

Como base para generar el ciclo de referencia WHTC y WHSC se cartografiará el motor con este funcionamiento a plena carga para determinar las curvas del régimen en función del par máximo y del régimen en función de la potencia máxima. La curva gráfica se empleará para desnormalizar el régimen (punto 7.4.6) y el par del motor (punto 7.4.7).

7.4.1. Calentamiento del motor

El motor se calentará haciéndolo funcionar a una potencia comprendida entre el 75 % y el 100 % de su potencia máxima o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas. Hacia el final del calentamiento se le hará funcionar para estabilizar las temperaturas del refrigerante del motor y del aceite lubricante a $\pm 2\%$ de sus valores medios durante un mínimo de 2 minutos o hasta que el termostato del motor regule la temperatura del motor.

7.4.2. Determinación de la gama de regímenes de la cartografía

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

Régimen mínimo de la cartografía = régimen de ralentí

Régimen máximo de la cartografía = $n_{hi} \times 1,02$ o el régimen al que el par a plena carga cae a cero, el valor que sea más bajo.

7.4.3. Curva gráfica del motor

Una vez estabilizado el motor conforme al punto 7.4.1, se realizará la cartografía del motor aplicando el procedimiento siguiente:

- a) Se hace funcionar el motor sin carga al ralentí.
- b) Se hace funcionar el motor al régimen mínimo de la cartografía con una demanda máxima por parte del operador.
- c) Se aumenta el régimen del motor a un ritmo medio de $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ desde el régimen mínimo hasta el régimen máximo de la cartografía, o a un ritmo constante que requiera de 4 a 6 min para pasar del régimen mínimo al máximo de la cartografía. Se registran los puntos de régimen y de par con una frecuencia de muestreo de al menos un punto por segundo.

Al seleccionar la opción b) del punto 7.4.7 para determinar los valores negativos del par de referencia, la curva gráfica podrá continuar directamente desde el régimen máximo al mínimo de la cartografía con una demanda mínima por parte del operador.

7.4.4. Cartografía alternativa

Si un fabricante considera que las técnicas de cartografía anteriores no son seguras o no son representativas de un motor concreto, podrán utilizarse técnicas alternativas. Estas técnicas alternativas deberán satisfacer el mismo objetivo que los procedimientos cartográficos destinados a determinar el par máximo disponible a todos los regímenes alcanzados durante los ciclos de ensayo. Las desviaciones respecto a las técnicas de cartografía especificadas en el presente punto por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por el organismo de homologación, y su uso deberá justificarse. No obstante, en ningún caso se determinará la curva de par mediante barridos continuos descendentes del régimen del motor en el caso de motores regulados o turboalimentados.

7.4.5. Repetición de los ensayos

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

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

7.4.6. Desnormalización del régimen del motor

Para generar los ciclos de referencia, se desnormalizarán los regímenes del apéndice 1(WHTC) y del cuadro 1 (WHSC) mediante la ecuación siguiente:

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{\text{lo}} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}} \quad (9)$$

Para determinar n_{pref} , la integral del par máximo se calculará desde n_{idle} a n_{95h} a partir de la curva gráfica del motor, determinada de acuerdo con el punto 7.4.3.

Los regímenes de las figuras 4 y 5 se definen de la manera siguiente:

n_{lo} es el régimen más bajo en el que la potencia alcanza un 55 % de la potencia máxima

n_{pref} es el régimen en el que la integral del par máximo cartografiado alcanza un 51 % de la integral completa entre n_{idle} y n_{95h}

n_{hi} es el régimen más alto en el que la potencia alcanza un 70 % de la potencia máxima

n_{idle} es el régimen de ralentí

n_{95h} es el régimen más alto en el que la potencia alcanza un 95 % de la potencia máxima.

En el caso de motores (principalmente de encendido por chispa) con una curva de regulación abrupta, donde el corte del combustible no permite hacer funcionar el motor hasta n_{hi} o n_{95h} , se aplicarán las disposiciones siguientes:

n_{hi} en la ecuación 9 se sustituye por $n_{\text{Pmax}} \times 1,02$

n_{95h} se sustituye por $n_{\text{Pmax}} \times 1,02$.

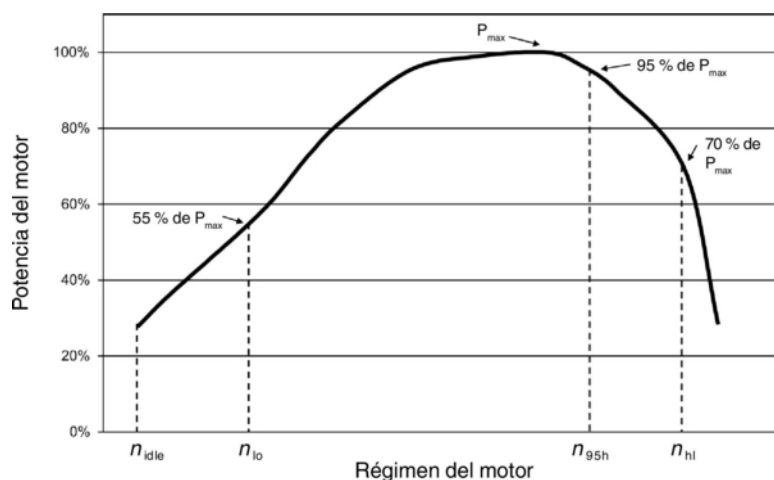


Figura 4

Definición de los regímenes de ensayo

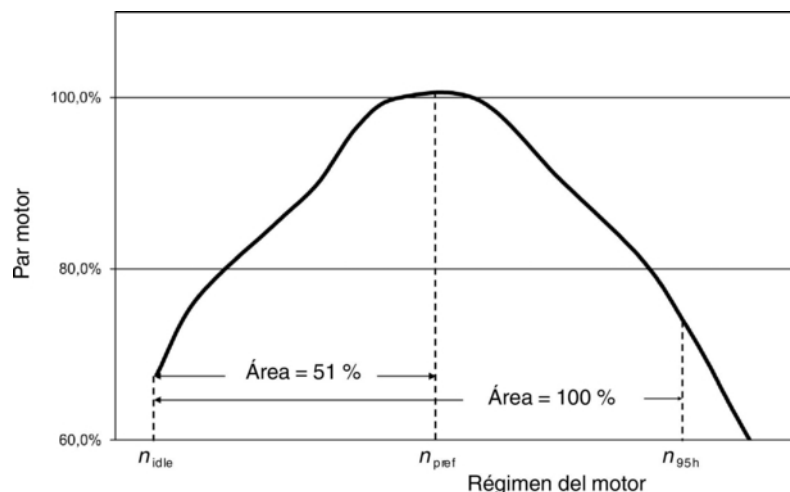


Figura 5

Definición de n_{pref}

7.4.7. Desnormalización del par motor

Los valores del par del programa del dinamómetro para motores del apéndice 1 (WHTC) y del cuadro 1 (WHSC) están normalizados al par máximo del régimen respectivo. Para generar los ciclos de referencia, los valores del par de cada valor del régimen de referencia determinados en el punto 7.4.6 se desnormalizarán, mediante la curva gráfica determinada de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.4.3, de la manera siguiente:

$$M_{ref,i} = \frac{M_{norm,i}}{100} \times M_{max,i} + M_{f,i} - M_{r,i} \quad (10)$$

donde:

$M_{norm,i}$ es el par normalizado, expresado en %

$M_{max,i}$ es el par máximo según la curva gráfica, indicado en Nm

$M_{f,i}$ es el par absorbido por los accesorios/equipos que han de instalarse, expresado en Nm

$M_{r,i}$ es el par absorbido por los accesorios/equipos que han de retirarse, indicado en Nm

Si se instalan accesorios/equipos conforme al punto 6.3.1 y al apéndice 7, M_f y M_r son iguales a 0.

Los valores de par negativos de los puntos motrices ("m" en el apéndice 1) integrarán, a efectos de la generación del ciclo de referencia, los valores de referencia 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 máximo al régimen mínimo de la cartografía;
- determinación del par negativo necesario para mantener el motor al ralentí y a n_{hi} , e interpolación lineal entre esos dos puntos.

7.4.8. Cálculo del trabajo del ciclo de referencia

El trabajo del ciclo de referencia se determinará a lo largo del ciclo de ensayo calculando sincrónicamente valores instantáneos de la potencia del motor a partir del régimen de referencia y del par de referencia, determinados con arreglo a los puntos 7.4.6 y 7.4.7. Los valores instantáneos de la potencia del motor se integrarán a lo largo del ciclo de ensayo para calcular el trabajo del ciclo de referencia W_{ref} (kWh). Si no se han instalado accesorios con arreglo al punto 6.3.1, los valores instantáneos de la potencia se corregirán mediante la ecuación (4) del punto 6.3.5.

Se utilizará la misma metodología para integrar tanto la potencia de referencia como la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar valores situados entre los valores adyacentes de referencia o los valores adyacentes medidos, se empleará la interpolación lineal. Al integrar el trabajo del ciclo efectivo, se igualarán a cero y se incluirán todos los valores de par negativos. Si la integración se efectúa a una frecuencia inferior a 5 Hz, y si, durante un segmento de tiempo determinado, el valor del par pasa de positivo a negativo o de negativo a positivo, se calculará la porción negativa y se igualará a cero. La porción positiva se incluirá en el valor integrado.

7.5. Procedimientos previos al ensayo

7.5.1. Instalación del equipo de medición

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

7.5.2. Preparación del equipo de medición para el muestreo

Antes de que comience el muestreo se efectuarán las operaciones siguientes:

- a) Se realizarán comprobaciones de la estanqueidad en las ocho horas previas al muestreo de las emisiones con arreglo al punto 9.3.4.
- b) En el caso de muestreo por lotes, se conectarán medios de almacenamiento limpios, como bolsas en las que se ha hecho el vacío.
- c) Todos los instrumentos de medición se pondrán en marcha según las instrucciones de sus respectivos fabricantes y las buenas prácticas técnicas.
- d) Se pondrán en marcha los sistemas de dilución, las bombas de muestreo, los ventiladores de refrigeración y el sistema de recogida de datos.
- e) Los caudales de muestreo se ajustarán a los niveles deseados, pudiéndose utilizar un flujo derivado.
- f) Los intercambiadores de calor del sistema de muestreo se calentarán o enfriarán previamente de forma que sus temperaturas respectivas se sitúen dentro del rango de temperaturas de funcionamiento previsto para el ensayo.
- g) Se permitirá que los componentes calentados o refrigerados, como los conductos de muestreo, los filtros, los refrigeradores y las bombas, se establezcan a sus temperaturas de funcionamiento.
- h) El flujo del sistema de dilución del gas de escape se encenderá al menos 10 minutos antes de una secuencia de ensayo.
- i) Los dispositivos electrónicos de integración se pondrán a cero o se volverán a poner a cero antes del inicio de un intervalo de ensayo.

7.5.3. Verificación de los analizadores de gas

Se seleccionarán los rangos del analizador de gas. Se autorizarán los analizadores de emisiones con una función de selección automática o manual del rango de medición. Durante el ciclo de ensayo no se cambiará el rango de los analizadores de emisión. Asimismo, los valores de ganancia de los amplificadores operacionales analógicos no podrán modificarse durante el ciclo de ensayo.

Se determinará la respuesta al cero y al punto final en el caso de todos los analizadores que utilicen gases conformes con normas internacionales que cumplan las especificaciones del punto 9.3.3. Los analizadores FID se calibrarán sobre una base carbono 1 (C1).

7.5.4. Preparación del filtro de muestreo de partículas

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

7.5.5. Ajuste del sistema de dilución

El caudal total del gas de escape diluido de un sistema de dilución de flujo total o el caudal del gas de escape diluido de un sistema de dilución de flujo parcial se fijarán de manera que se elimine la condensación de agua en el sistema y se obtenga una temperatura en la cara del filtro de entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C).

7.5.6. 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 diluyente puede determinarse mediante un muestreo del diluyente antes de la entrada del gas de escape en el túnel de dilución. La medición puede efectuarse antes o después del ensayo. Si la medición se efectúa al principio y al final del ciclo, podrán promediarse los valores obtenidos. Si se utiliza un sistema de muestreo diferente para la medición de fondo, la medición se efectuará paralelamente al ensayo.

7.6. Realización del ciclo WHTC

7.6.1. Enfriamiento del motor

Puede aplicarse un procedimiento de enfriamiento natural o forzado. Respecto al enfriamiento forzado, se aplicarán buenas prácticas técnicas para el establecimiento de sistemas para enviar aire refrigerante al motor, enviar aceite frío al sistema de lubricación del motor, extraer el calor del refrigerante mediante el sistema refrigerante del motor y extraer el calor del sistema de postratamiento del escape. En el caso de un enfriamiento forzado del sistema de postratamiento, no se aplicará el aire refrigerante hasta que la temperatura del sistema de postratamiento haya descendido por debajo del nivel de activación catalítica. No se permitirá ningún procedimiento de enfriamiento que dé lugar a emisiones no representativas.

7.6.2. Ensayo de arranque en frío

El ensayo con arranque en frío se iniciará cuando la temperatura del lubricante del motor y los sistemas de postratamiento alcancen todos una temperatura de entre 293 y 303 K (20 y 30 °C). El motor se arrancará mediante uno de los métodos siguientes:

- a) el motor se arranca como se recomienda en las instrucciones de uso mediante un motor de arranque de producción y una batería adecuadamente cargada o una fuente de corriente adecuada, o
- b) el motor se arranca con el dinamómetro. Se impulsa hasta $\pm 25\%$ de su régimen de arranque típico en uso. El motor de arranque se parará en el segundo posterior al arranque del motor. Si el motor no arranca en el plazo de 15 segundos después de la puesta en marcha del motor de arranque, se parará este último y se determinará el motivo por el que no ha arrancado, salvo que el manual de instrucciones o de mantenimiento indique que es normal la utilización del motor de arranque durante más tiempo.

7.6.3. Periodo de homogeneización del calor

Inmediatamente después de que concluya el ensayo de arranque en frío, se acondicionará el motor para el ensayo de arranque en caliente mediante un período de homogeneización del calor de 10 ± 1 minutos.

7.6.4. Ensayo de arranque en caliente

El motor se arrancará al final del periodo de homogeneización del calor, tal como se define en el punto 7.6.3, siguiendo los métodos al efecto del punto 7.6.2.

7.6.5. Secuencia de ensayo

La secuencia del ensayo de arranque tanto en frío como en caliente empieza al arrancar el motor. El control del ciclo se iniciará una vez arrancado el motor, de forma que el funcionamiento del motor se corresponda con el primer punto de mando del ciclo.

El ciclo WHTC se realizará con arreglo al ciclo de referencia establecido en el punto 7.4. Los puntos de mando del régimen y del par se emitirán con una frecuencia de 5 Hz o superior (se recomienda 10 Hz). Los puntos de mando se calcularán mediante interpolación lineal entre los puntos de mando de 1 Hz del ciclo de referencia. Los valores efectivos del régimen y del par del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo (1 Hz), y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

7.6.6. Recogida de los datos pertinentes sobre las emisiones

Al inicio de la secuencia de ensayo, se pondrá en marcha el equipo de medición y, simultáneamente:

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

Si se opta por la medición del gas de escape bruto, se medirán continuamente las concentraciones de las emisiones [(NM)HC, CO y NO_x] y el caudal másico del gas de escape y se almacenarán en un sistema informático con una frecuencia mínima de 2 Hz. Todos los demás datos podrán registrarse con una frecuencia de muestreo mínima de 1 Hz. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, los HC y NO_x se medirán de forma continua en el túnel de dilución con una frecuencia mínima de 2 Hz. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de ensayo. El tiempo de respuesta del sistema no deberá superar 20 segundos y, si es preciso, estará coordinado con las fluctuaciones de caudal del muestreo de volumen constante y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de ensayo. Los niveles de CO, CO₂ y NMHC podrán determinarse mediante integración de las señales de medición continua o análisis de las concentraciones obtenidas en la bolsa de muestreo durante el ciclo. Las concentraciones de contaminantes gaseosos en el diluyente se determinarán antes del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. El resto de parámetros que deban medirse se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

7.6.7. Muestreo de partículas

Al iniciar la secuencia de ensayo, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo parcial, se controlará(n) la(s) bomba(s) de muestreo, de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o tubo de transferencia sea proporcional al caudal másico de escape, determinado con arreglo al punto 9.4.6.1.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, la(s) bomba(s) de muestreo se ajustará(n) de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen de $\pm 2,5$ % respecto al caudal establecido. Si se aplica una compensación de caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de $\pm 2,5$ % respecto a su valor establecido (excepto durante los primeros 10 segundos de muestreo). Se registrarán la temperatura y la presión medias en la entrada de los caudalímetros de gas o de los instrumentos del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (dentro de un margen de $\pm 2,5$ %) debido a la elevada carga de partículas del filtro, el ensayo deberá invalidarse. Se repetirá con un caudal de muestreo menor.

7.6.8. Parada del motor y mal funcionamiento del equipo

Si el motor se para en algún momento del ensayo de arranque en frío, se invalidará el ensayo. El motor se preacondicionará, se arrancará de nuevo de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.6.2 y se repetirá el ensayo.

Si el motor se para en algún momento del ensayo de arranque en caliente, se invalidará el ensayo. Se homogeneizará el calor del motor de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.6.3 y se repetirá el ensayo de arranque en caliente. En ese caso, no es necesario repetir el ensayo de arranque en frío.

Si durante el ciclo de ensayo se produce un mal funcionamiento en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo y se repetirá con arreglo a las disposiciones anteriores.

7.7. Realización del ciclo WHSC

7.7.1. Preacondicionamiento del sistema de dilución y del motor

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán conforme a lo dispuesto en el punto 7.4.1. Después del calentamiento, el motor y el sistema de muestreo se preacondicionarán haciendo funcionar el motor al modo 9 (véase el punto 7.2.2, cuadro 1) durante un mínimo de 10 minutos y, simultáneamente, haciendo funcionar el sistema de dilución. Pueden hacerse simulaciones de muestreo de partículas. Esos filtros de muestreo no deben estabilizarse ni pesarse y pueden desecharse. Los caudales se aproximarán a los caudales seleccionados para el ensayo. Se parará el motor después del preacondicionamiento.

7.7.2. Puesta en marcha del motor

5 \pm 1 minutos después de la conclusión del preacondicionamiento en el modo 9, tal como se describe en el punto 7.7.1, el motor estabilizado se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento de arranque que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque de producción o el dinamómetro, con arreglo al punto 7.6.2.

7.7.3. Secuencia de ensayo

La secuencia de ensayo se iniciará una vez arrancado el motor y dentro del minuto posterior a la comprobación de que el funcionamiento del motor se corresponde con el primer modo del ciclo (ralentí).

El WHSC se realizará de conformidad con el orden de los modos de ensayo enumerados en el cuadro 1 del punto 7.2.2.

7.7.4. Recogida de los datos pertinentes sobre las emisiones

Al inicio de la secuencia de ensayo, se pondrá en marcha el equipo de medición y, simultáneamente:

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

Si se opta por la medición del gas de escape bruto, se medirán continuamente las concentraciones de las emisiones [(NM)HC, CO y NO_x] y el caudal másico del gas de escape y se almacenarán en un sistema informático con una frecuencia mínima de 2 Hz. Todos los demás datos podrán registrarse con una frecuencia de muestreo mínima de 1 Hz. En el caso de analizadores analógicos, se registrará la respuesta, y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los datos.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, los HC y NO_x se medirán de forma continua en el túnel de dilución con una frecuencia mínima de 2 Hz. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de ensayo. El tiempo de respuesta del sistema no deberá superar 20 segundos y, si es preciso, estará coordinado con las fluctuaciones de caudal del muestreo de volumen constante y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de ensayo. Los niveles de CO, CO₂ y NMHC podrán determinarse mediante integración de las señales de medición continua o análisis de las concentraciones obtenidas en la bolsa de muestreo durante el ciclo. Las concentraciones de contaminantes gaseosos en el diluyente se determinarán antes del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. El resto de parámetros que deban medirse se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

7.7.5. Muestreo de partículas

Al iniciar la secuencia de ensayo, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas. Si se utiliza un sistema de dilución de flujo parcial, se controlará(n) la(s) bomba(s) de muestreo, de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o tubo de transferencia sea proporcional al caudal másico de escape, determinado con arreglo al punto 9.4.6.1.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, la(s) bomba(s) de muestreo se ajustará(n) de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen de $\pm 2,5$ % respecto al caudal establecido. Si se aplica una compensación de caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de $\pm 2,5$ % respecto a su valor establecido (excepto durante los primeros 10 segundos de muestreo). Se registrarán la temperatura y la presión medias en la entrada de los caudalímetros de gas o de los instrumentos del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (dentro de un margen de $\pm 2,5$ %) debido a la elevada carga de partículas del filtro, el ensayo deberá invalidarse. Se repetirá con un caudal de muestreo menor.

7.7.6. Parada del motor y mal funcionamiento del equipo

Si el motor se para en algún momento del ciclo, se invalidará el ensayo. El motor se precondicionará conforme al punto 7.7.1, se arrancará de nuevo de acuerdo con lo dispuesto en el punto 7.7.2 y se repetirá el ensayo.

Si durante el ciclo de ensayo se produce un mal funcionamiento en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo y se repetirá con arreglo a las disposiciones anteriores.

7.8. Procedimientos posteriores al ensayo

7.8.1. Operaciones después del ensayo

Una vez finalizado el ensayo, se detendrá la medición del caudal másico del gas de escape, del volumen del gas de escape diluido y del caudal de gas que entra en las bolsas de muestreo y se parará la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis integrador, el muestreo deberá continuar hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

7.8.2. Verificación del muestreo proporcional

En el caso de las muestras por lote proporcional, como las muestras de bolsas o las muestras de partículas, se comprobará que se mantuvo el muestreo proporcional conforme a los puntos 7.6.7 y 7.7.5. Se invalidarán las muestras que no cumplan los requisitos.

7.8.3. Acondicionamiento y pesaje de las partículas

El filtro de partículas se pondrá en contenedores cubiertos o sellados o los portafiltros estarán cerrados, a fin de proteger los filtros de la contaminación ambiental. El filtro así protegido se introducirá de nuevo en la cámara de pesaje. El filtro se acondicionará durante un mínimo de una hora y, a continuación, se pesará conforme a lo dispuesto en el punto 9.4.5. Se registrará el peso bruto de los filtros.

7.8.4. Verificación de la desviación

Las respuestas al cero y al punto final del analizador de emisiones gaseosas utilizado se determinarán lo antes posible, y a más tardar, a los 30 minutos de haber finalizado el ciclo de ensayo o durante el período de homogeneización del calor. A efectos del presente punto, el ciclo de ensayo se define de la siguiente manera:

- a) para el WHTC: la secuencia entera arranque en frío - homogeneización del calor - arranque en caliente;
- b) para el ensayo WHTC de arranque en caliente (punto 6.6): la secuencia homogeneización del calor - arranque en caliente;
- c) para el ensayo WHTC de arranque en caliente con regeneración múltiple (punto 6.6): el número total de ensayos de arranque en caliente;
- d) para el WHSC: el ciclo de ensayo.

En el caso de la desviación del analizador, serán de aplicación las disposiciones siguientes:

- a) las respuestas al cero y al punto final anteriores y posteriores al ensayo podrán insertarse directamente en la ecuación 66 del punto 8.6.1 sin determinar la desviación;
- b) si la diferencia en materia de desviación entre los resultados previos y posteriores al ensayo es inferior al 1 % del fondo de la escala, las concentraciones medidas podrán utilizarse sin o con corrección de la desviación con arreglo a lo dispuesto en el punto 8.6.1;
- c) si la diferencia en materia de desviación entre los resultados previos y posteriores al ensayo es igual o superior al 1 % del fondo de la escala, se invalidará el ensayo o se corregirá la desviación de las concentraciones medidas con arreglo a lo dispuesto en el punto 8.6.1.

7.8.5. Análisis del muestreo en bolsa de las emisiones gaseosas

Se efectuará lo siguiente lo antes que sea posible:

- a) se analizarán las muestras en bolsa de las emisiones gaseosas a más tardar a los 30 minutos de haber finalizado el ensayo de arranque en caliente o durante el período de homogeneización del calor, en el caso del ensayo de arranque en frío;
- b) las muestras de fondo se analizarán a más tardar a los 60 minutos de haber finalizado el ensayo de arranque en caliente.

7.8.6. Validación del trabajo del ciclo

Antes de calcular el trabajo del ciclo efectivo, se omitirá todo punto registrado durante el arranque del motor. El trabajo del ciclo efectivo se determinará a lo largo del ciclo de ensayo utilizando sincrónicamente los valores del régimen y del par efectivos para calcular los valores instantáneos de la potencia del motor. Los valores instantáneos de la potencia del motor se integrarán a lo largo del ciclo de ensayo para calcular el trabajo del ciclo efectivo W_{act} (kWh). Si no se han instalado accesorios/equipo con arreglo al punto 6.3.1, los valores instantáneos de la potencia se corregirán mediante la ecuación (4) del punto 6.3.5.

Se utilizará la misma metodología descrita en el punto 7.8.4 para integrar la potencia efectiva del motor.

El trabajo del ciclo efectivo W_{act} se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia W_{ref} y calcular las emisiones específicas del freno (véase el punto 8.6.3).

W_{act} se situará entre el 85 % y el 105 % de W_{ref} .

7.8.7. Estadísticas de validación del ciclo de ensayo

Se efectuarán regresiones lineales de los valores efectivos (n_{act} , M_{act} , P_{act}) sobre los valores de referencia (n_{ref} , M_{ref} , P_{ref}) tanto en el caso del WHTC como del WHSC.

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

Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación más adecuada tendrá la forma siguiente:

$$y = a_1x + a_0 \quad (11)$$

donde:

- y valor efectivo del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW)
- a_1 pendiente de la línea de regresión
- x valor de referencia del régimen (min^{-1}), del par (Nm) o de la potencia (kW)
- a_0 ordenada y en el origen de la línea de regresión

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

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hz. Para que un ensayo pueda considerarse válido, deberán cumplirse los criterios del cuadro 2 (WHTC) o del cuadro 3 (WHSC).

Cuadro 2

Tolerancias de la línea de regresión para el WHTC

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SEE) de y sobre x	máximo 5 % del régimen máximo de ensayo	máximo 10 % del par máximo de ensayo del motor	máximo 10 % del par máximo de ensayo del motor
Pendiente de la línea de regresión, a_1	0,95 a 1,03	0,83 a 1,03	0,89 a 1,03
Coefficiente de determinación, r^2	mínimo 0,970	mínimo 0,850	mínimo 0,910
Ordenada y en el origen de la línea de regresión, a_0	máximo 10 % del régimen de ralentí	± 20 Nm o ± 2 % del par máximo, lo que sea superior	± 4 kW o ± 2 % de la potencia máxima, lo que sea superior

Cuadro 3

Tolerancias de la línea de regresión para el WHSC

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SEE) de y sobre x	máximo 1 % del régimen máximo de ensayo	máximo 2 % del par máximo de ensayo del motor	máximo 2 % del par máximo de ensayo del motor
Pendiente de la línea de regresión, a_1	0,99 a 1,01	0,98 a 1,02	0,98 a 1,02
Coefficiente de determinación, r^2	mínimo 0,990	mínimo 0,950	mínimo 0,950
Ordenada y en el origen de la línea de regresión, a_0	máximo 1 % del régimen máximo de ensayo	± 20 Nm o ± 2 % del par máximo, lo que sea superior	± 4 kW o ± 2 % de la potencia máxima, lo que sea superior

Únicamente a efectos de regresión, podrán omitirse los puntos que figuran en el cuadro 4 antes de efectuar el cálculo de regresión. Sin embargo, esos puntos no se omitirán para el cálculo del trabajo del ciclo y de las emisiones. La omisión de puntos podrá aplicarse a todo el ciclo o a cualquier parte del mismo.

Cuadro 4

Puntos que pueden omitirse en el análisis de regresión

Caso	Condiciones	Puntos que pueden omitirse
Demanda mínima del operador (punto de ralentí)	$n_{ref} = 0 \%$ y $M_{ref} = 0 \%$ y $M_{act} > (M_{ref} - 0,02 M_{max. mapped torque})$ y $M_{act} < (M_{ref} + 0,02 M_{max. mapped torque})$	régimen y potencia
Demanda mínima del operador (punto motriz)	$M_{ref} < 0 \%$	potencia y par

Caso	Condiciones	Puntos que pueden omitirse
Demanda mínima del operador	$n_{act} \leq 1,02 n_{ref}$ y $M_{act} > M_{ref}$ o $n_{act} > n_{ref}$ y $M_{act} \leq M_{ref}$ o $n_{act} > 1,02 n_{ref}$ y $M_{ref} < M_{act} \leq (M_{ref} + 0,02 M_{max. mapped torque})$	potencia y par o régimen
Demanda máxima del operador	$n_{act} < n_{ref}$ y $M_{act} \geq M_{ref}$ o $n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ y $M_{act} < M_{ref}$ o $n_{act} < 0,98 n_{ref}$ y $M_{ref} > M_{act} \geq (M_{ref} - 0,02 M_{max. mapped torque})$	potencia y par o régimen

8. CÁLCULO DE LAS EMISIONES

El resultado final del ensayo se redondeará una sola vez a la posición situada a la derecha de la coma indicada en la norma sobre emisiones aplicable, más una cifra significativa, de acuerdo con la norma ASTM E 29-06B. No está permitido el redondeo de los valores intermedios utilizados para calcular el resultado final de las emisiones específicas del freno.

En el apéndice 6 se ofrecen ejemplos de los procedimientos de cálculo.

Previo autorización del organismo de homologación de tipo, se permite el cálculo de las emisiones sobre una base molar, con arreglo al anexo 7 del RTM n° [xx] relativo al protocolo de ensayo de emisiones de escape de las máquinas móviles no de carretera.

8.1. Corrección base seca/base húmeda

Si las emisiones se miden en base seca, se calcularán en base húmeda mediante la fórmula indicada a continuación.

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (12)$$

donde:

c_d es la concentración en base seca, en ppm o % vol.

k_w es el factor de corrección base seca/base húmeda ($k_{w,a}$, $k_{w,e}$, o $k_{w,d}$, dependiendo de la ecuación que se utilice)

8.1.1. Gas de escape bruto

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_{f,w} \times 1000} \right) \times 1,008 \quad (13)$$

o

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_{f,w} \times 1000} \right) / \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \quad (14)$$

o

$$k_{w,a} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \quad (15)$$

con

$$k_{f,w} = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (16)$$

y

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)} \quad (17)$$

donde:

H_a es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

w_{ALF} es el contenido de hidrógeno del combustible, en % de la masa

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

$q_{mad,I}$ es el caudal másico instantáneo del aire de admisión seco, en kg/s

p_r es la presión del vapor de agua después del baño refrigerante, en kPa

p_b es la presión atmosférica total, en kPa

w_{DEL} es el contenido de nitrógeno del combustible, en % de la masa

w_{EPS} es el contenido de oxígeno del combustible, en % de la masa

α es la relación molar del hidrógeno del combustible

c_{CO_2} es la concentración seca de CO_2 , en %

c_{CO} es la concentración seca de CO , en %

Las ecuaciones (13) y (14) son básicamente idénticas, y el factor 1,008 en las ecuaciones (13) y (15) son una aproximación del denominador más preciso de la ecuación (14).

8.1.2. Gas de escape diluido

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \times c_{CO_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (18)$$

o

$$k_{w,e} = \left[\left(\frac{1 - k_{w2}}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO_2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (19)$$

con

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \frac{1}{D} \right]}{1000 + \left\{ 1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (20)$$

donde:

- a es la relación molar del hidrógeno del combustible
 $c_{\text{CO}_2\text{w}}$ es la concentración húmeda de CO_2 , en %
 $c_{\text{CO}_2\text{d}}$ es la concentración seca de CO_2 , en %
 H_{d} es la humedad del diluyente, en gramos de agua por kg de aire seco
 H_{a} es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco
 D es el factor de dilución (véase el punto 8.5.2.3.2)

8.1.3. Diluyente

$$k_{\text{w,d}} = (1 - k_{\text{w3}}) \times 1,008 \quad (21)$$

con

$$k_{\text{w3}} = \frac{1,608 \times H_{\text{d}}}{1000 + (1,608 \times H_{\text{d}})} \quad (22)$$

donde:

- H_{d} es la humedad del diluyente, en gramos de agua por kg de aire seco

8.2. 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 mediante los factores indicados en los puntos 8.2.1 u 8.2.2. La humedad del aire de admisión, H_{a} , puede derivarse de la medición de la humedad relativa, del punto de condensación, de la presión de vapor o del termómetro seco/húmedo utilizando ecuaciones comúnmente aceptadas.

8.2.1. Motores de encendido por compresión

$$k_{\text{h,D}} = \frac{15,698 \times H_{\text{a}}}{1000} + 0,832 \quad (23)$$

donde:

- H_{a} es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

8.2.2. Motores de encendido por chispa

$$k_{\text{h,G}} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_{\text{a}} - 0,862 \times 10^{-3} \times H_{\text{a}}^2 \quad (24)$$

donde:

- H_{a} es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco

8.3. Corrección de la flotabilidad del filtro de partículas

Se corregirá la flotabilidad en el aire de la masa del filtro de muestreo. La corrección de la flotabilidad depende de la densidad del filtro de muestreo, la densidad del aire y la densidad del peso de calibración de la balanza, y no tiene en cuenta la flotabilidad de las propias partículas. Se aplicará la corrección de la flotabilidad a la masa en vacío del filtro y a la masa bruta del mismo.

Si se desconoce la densidad del material filtrante, se utilizarán las densidades siguientes:

- a) filtro de teflón revestido de fibra de vidrio: 2 300 kg/m³
- b) filtro de membrana de teflón: 2 144 kg/m³
- c) filtro de membrana de teflón con anillo de apoyo de polimetilpenteno: 920 kg/m³

Para los pesos de calibración de acero inoxidable, se utilizará una densidad de 8 000 kg/m³. Si el peso de calibración del material es diferente, deberá conocerse su densidad.

Se utilizará la ecuación siguiente:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left(\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (25)$$

con

$$\rho_a = \frac{p_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (26)$$

donde:

- m_{uncor} es la masa no corregida del filtro de partículas, en mg
- ρ_a es la densidad del aire, en kg/m³
- ρ_w es la densidad del peso de calibración de la balanza, en kg/m³
- ρ_f es la densidad del filtro de muestreo de partículas, en kg/m³
- p_b es la presión atmosférica total, en kPa
- T_a es la temperatura del aire en el entorno de la balanza, en K
- 28,836 es la masa molar del aire a la humedad de referencia (282,5 K), en g/mol
- 8,3144 es la constante molar de los gases

La masa de la muestra de partículas m_p utilizada en los puntos 8.4.3 y 8.5.3 se calculará de la manera siguiente:

$$m_p = m_{f,G} - m_{f,T} \quad (27)$$

donde:

- $m_{f,G}$ es la masa bruta del filtro de partículas con corrección de la flotabilidad, en mg
- $m_{f,T}$ es la masa en vacío del filtro de partículas con corrección de la flotabilidad, en mg

8.4. Dilución de flujo parcial (PFS) y medición de los componentes gaseosos brutos

Las señales de la concentración instantánea de los componentes gaseosos se utilizan para el cálculo de las emisiones máscas multiplicándolas por el caudal máscico instantáneo del gas de escape. El caudal máscico del gas de escape podrá medirse directamente o calcularse utilizando los métodos de medición del caudal de aire de admisión y de combustible, el método del gas trazador o la medición del aire de admisión y la relación aire/combustible. Se prestará especial atención a los tiempos de respuesta de los diferentes instrumentos. Estas diferencias se tendrán en cuenta alineando el tiempo de las señales. En el caso de las partículas, las señales del caudal máscico del gas de escape se utilizarán para controlar el sistema de dilución de flujo parcial y tomar una muestra proporcional al caudal máscico del gas de escape. La calidad de la proporcionalidad se verificará mediante un análisis de regresión entre la muestra y el caudal del gas de escape de acuerdo con lo dispuesto en el punto 9.4.6.1. La figura 6 muestra un esquema completo del dispositivo de ensayo.

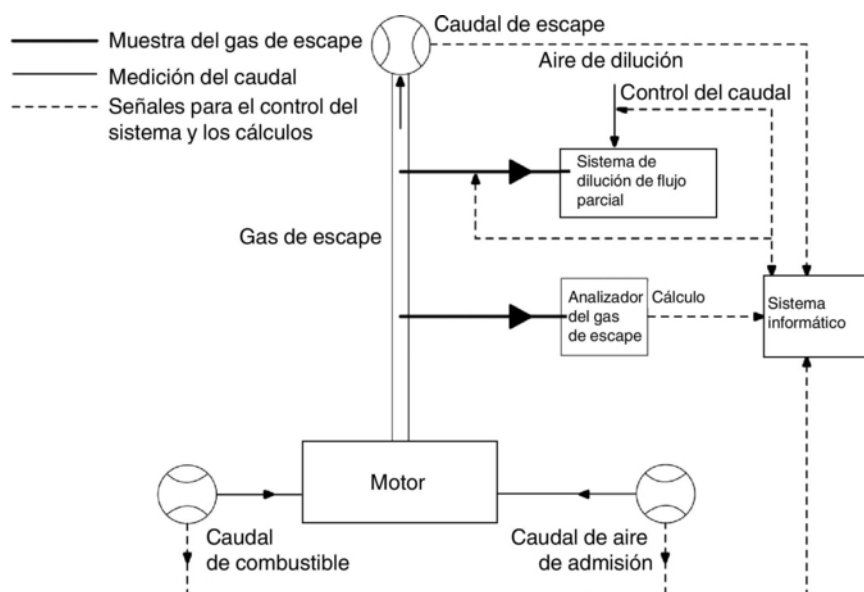


Figura 6

Esquema del sistema de medición de flujo bruto/parcial

8.4.1. Determinación del caudal máscico del gas de escape bruto

8.4.1.1. Introducción

Para calcular las emisiones en el gas de escape bruto y controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesario conocer el caudal máscico del gas de escape. Para determinar el caudal máscico del gas de escape podrá utilizarse cualquiera de los métodos descritos en los puntos 8.4.1.3 a 8.4.1.7.

8.4.1.2. Tiempo de respuesta

Para calcular las emisiones, el tiempo de respuesta de cualquiera de los métodos descritos en los puntos 8.4.1.3 a 8.4.1.7 será igual o inferior al tiempo de respuesta del analizador (≤ 10 s), tal como se establece en el punto 9.3.5.

Para controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesaria una respuesta más rápida. En los sistemas de dilución de flujo parcial con control en línea, el tiempo de respuesta será $\leq 0,3$ s. En los sistemas de dilución de flujo parcial con control previo basado en un ensayo pregrabado, el tiempo de respuesta del sistema de medición del caudal de escape será ≤ 5 s, con un tiempo de subida ≤ 1 s. El fabricante del instrumento especificará el tiempo de respuesta del sistema. Los requisitos de tiempo de respuesta combinado para el caudal del gas de escape y el sistema de dilución de flujo parcial se indican en el punto 9.4.6.1.

8.4.1.3. Método de medición directa

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

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

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

Los caudalímetros cumplirán los requisitos de linealidad del punto 9.2.

8.4.1.4. Método de medición del aire y del combustible

Consiste en la medición del caudal de aire y del caudal de combustible con caudalímetros adecuados. El cálculo del caudal instantáneo del gas de escape se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (28)$$

donde:

- $q_{mew,i}$ es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
 $q_{maw,i}$ es el caudal másico instantáneo del aire de admisión, en kg/s
 $q_{mf,i}$ es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s

Los caudalímetros cumplirán los requisitos de linealidad del punto 9.2, pero también tendrán la exactitud suficiente para cumplir los requisitos de linealidad para el caudal del gas de escape.

8.4.1.5. Método de medición con gas trazador

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

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

Para garantizar una mezcla total del gas trazador, la sonda de muestreo del gas de escape se colocará como mínimo 1 m después del punto de inyección del gas trazador o a una distancia de dicho punto equivalente a 30 veces el diámetro del tubo de escape si esta es superior a un metro. La sonda de muestreo podrá estar situada más cerca del punto de inyección si se comprueba que la mezcla es total comparando la concentración del gas trazador con la concentración de referencia cuando el gas trazador se inyecta antes del motor.

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

El cálculo del caudal de gas de escape se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)} \quad (29)$$

donde:

- $q_{mew,i}$ es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- q_{vt} es el caudal del gas trazador, en cm^3/min
- $c_{mix,i}$ es la concentración instantánea del gas trazador después de la mezcla, en ppm
- ρ_e es la densidad del gas de escape, en kg/m^3 (véase el cuadro 4)
- c_b es la concentración de fondo del gas trazador en el aire de admisión, en ppm.

La concentración básica del gas trazador (c_b) podrá determinarse promediando la concentración de fondo medida inmediatamente antes y después del ensayo.

La concentración de fondo podrá ignorarse si es inferior al 1 % de la concentración del gas trazador después de la mezcla ($c_{mix,i}$) a un caudal de escape máximo.

La totalidad del sistema cumplirá los requisitos de linealidad para el caudal del gas de escape del punto 9.2.

8.4.1.6. Método de medición del caudal de aire y de la relación aire-combustible

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

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right) \quad (30)$$

con

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (31)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})} \quad (32)$$

donde:

- $q_{maw,i}$ es el caudal másico instantáneo del aire de admisión, en kg/s
- A/F_{st} es la relación estequiométrica aire-combustible, en kg/kg
- λ_i es la relación de exceso de aire instantáneo
- c_{CO2d} es la concentración seca de CO_2 , en %
- c_{COd} es la concentración seca de CO, en ppm
- c_{HCw} es la concentración húmeda de HC, en ppm.

Los caudalímetros y los analizadores cumplirán los requisitos de linealidad establecidos en el punto 9.2, y la totalidad del sistema cumplirá los requisitos de linealidad para el caudal del gas de escape del punto 9.2.

Si se utiliza un equipo de medición de la relación aire-combustible — por ejemplo, un sensor de tipo Zirconia — para medir la relación de exceso de aire, este deberá cumplir las especificaciones establecidas en el punto 9.3.2.7.

8.4.1.7. Método de equilibrio de carbono

Consiste en calcular la masa del gas de escape a partir del caudal de combustible y de los componentes de las emisiones gaseosas de escape que incluyan carbono. El cálculo del caudal másico instantáneo del gas de escape se realiza de la manera siguiente:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \times \left(\frac{w_{BET}^2 \times 1,4}{(1,0828 \times w_{BET} + k_{fd} \times k_c)} \times k_c \left(1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right) \quad (33)$$

con

$$k_c = (c_{CO2d} - c_{CO2d,a}) \times 0,5441 + \frac{c_{COd}}{18,522} + \frac{c_{HCw}}{17,355} \quad (34)$$

y

$$k_{fd} = -0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (35)$$

donde:

- $q_{mf,i}$ es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s
- H_a es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco
- w_{BET} es el contenido de carbono del combustible, en % de la masa
- w_{ALF} es el contenido de hidrógeno del combustible, en % de la masa
- w_{DEL} es el contenido de nitrógeno del combustible, en % de la masa
- w_{EPS} es el contenido de oxígeno del combustible, en % de la masa
- c_{CO2d} es la concentración seca de CO₂, en %
- $c_{CO2d,a}$ es la concentración seca de CO₂ del aire de admisión, en %
- c_{CO} es la concentración seca de CO, en ppm
- c_{HCw} es la concentración húmeda de HC, en ppm.

8.4.2. Determinación de los componentes gaseosos

8.4.2.1. Introducción

Los componentes gaseosos en el gas de escape bruto del motor sometido a ensayo se medirán con los sistemas de medición y muestreo descritos en el punto 9.3 y el apéndice 3. La evaluación de los datos se describe en el punto 8.4.2.2.

En los puntos 8.4.2.3 y 8.4.2.4 se describen dos procedimientos de cálculo que son equivalentes para el combustible de referencia del apéndice 2. El procedimiento descrito en el punto 8.4.2.3 es más directo, puesto que utiliza valores *u* tabulados para la relación entre la densidad del componente y la del gas de escape. El procedimiento descrito en el punto 8.4.2.4 es más preciso para las calidades de combustible que se desvían de las especificaciones del apéndice 2 pero requiere un análisis elemental de la composición del combustible.

8.4.2.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes sobre las emisiones se registrarán y se almacenarán con arreglo al punto 7.6.6.

Para el cálculo de la emisión másica de los componentes gaseosos, el tiempo de las curvas de las concentraciones registradas y de la curva del caudal másico del gas de escape se alineará con el tiempo de transformación, tal como se define en el punto 3.1.30. En consecuencia, el tiempo de respuesta de cada analizador de emisiones gaseosas y del sistema del caudal másico del gas de escape se determinará de acuerdo con lo dispuesto en los puntos 8.4.1.2 y 9.3.5, respectivamente, y se registrará.

8.4.2.3. Cálculo de la emisión másica basada en los valores tabulados

Se determinará la masa de los contaminantes (g/ensayo) calculando las emisiones másicas instantáneas a partir de las concentraciones brutas de los contaminantes y del caudal másico del gas de escape, alineado con el tiempo de transformación determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.4.2.2, integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo y multiplicando los valores integrados con los valores u del cuadro 5. Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantánea, de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.1.

Para el cálculo de NO_x , la emisión másica se multiplicará, en aquellos casos en que proceda, por el factor de corrección de la humedad $k_{h,D}$ o $k_{h,G}$, determinado con arreglo al punto 8.2.

Se aplicará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{en g/ensayo}) \quad (36)$$

donde:

- u_{gas} es el valor respectivo del componente de escape indicado en el cuadro 5
- $c_{\text{gas},i}$ es la concentración instantánea del componente en el gas de escape bruto, en ppm
- $q_{\text{mew},i}$ es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- f es la frecuencia de muestreo, en Hz
- n es el número de mediciones

Cuadro 5

Valores u del gas de escape bruto y densidades de los componentes

Combustible	ρ_e	Gas					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	(^a)	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas} (^b)					
Gasóleo	1,2943	0,001586	0,000966	0,000479	0,001517	0,001103	0,000553
Etanol	1,2757	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,001119	0,000561
GNC (^c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (^d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GLP (^e)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559

(^a) En función del carburante.

(^b) Para $\lambda = 2$, aire seco, 273 K, 101,3 kPa.

(^c) u con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %.

(^d) NMHC sobre la base de $\text{CH}_{2,93}$ (para los HC totales se utilizará el coeficiente u_{gas} de CH_4).

(^e) u con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %.

8.4.2.4. Cálculo de la emisión másica basada en ecuaciones exactas

Se determinará la masa de los contaminantes (g/ensayo) calculando las emisiones másicas instantáneas a partir de las concentraciones brutas de los contaminantes, los valores u y el caudal másico de gas de escape, alineado con el tiempo de transformación determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.4.2.2 e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantánea, de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.1.

Para el cálculo de NO_x , la emisión másica se multiplicará por el factor de corrección de la humedad $k_{h,D}$ o $k_{h,G}$, determinado con arreglo al punto 8.2.

Se aplicará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{\text{gas},i} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{en g/ensayo}) \quad (37)$$

donde:

- $u_{\text{gas},i}$ se calcula a partir de la ecuación 38 o 39
- $c_{\text{gas},i}$ es la concentración instantánea del componente en el gas de escape bruto, en ppm
- $q_{\text{mew},i}$ es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s
- f es la frecuencia de muestreo, en Hz
- n es el número de mediciones

Los valores u instantáneos se calcularán de la manera siguiente:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \times 1000) \quad (38)$$

o

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \times 1000) \quad (39)$$

con

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414 \quad (40)$$

donde:

- M_{gas} es la masa molar del componente del gas, en g/mol (véase el apéndice 6)
- $M_{e,i}$ es la masa molar instantánea del gas de escape, en g/mol
- ρ_{gas} es la densidad del componente del gas, en kg/m³
- $\rho_{e,i}$ es la densidad instantánea del gas de escape, en kg/m³

La masa molar de las emisiones de escape M_e se derivará de una composición general del combustible $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$, partiendo de la suposición de una combustión completa de la manera siguiente:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \quad (41)$$

donde:

- $q_{maw,i}$ es el caudal másico instantáneo del aire de admisión en base húmeda, en kg/s
- $q_{mf,i}$ es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s
- H_a es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco
- M_a es la masa molar del aire de admisión en condiciones secas = 28,965 g/mol

La densidad del gas de escape ρ_e se derivará de la manera siguiente:

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \times (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_{fv} \times 1000 \times (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \quad (42)$$

donde:

- $q_{mad,i}$ es el caudal másico instantáneo del aire de admisión en base seca, en kg/s
- $q_{mf,i}$ es el caudal másico instantáneo del combustible, en kg/s
- H_a es la humedad del aire de admisión, en gramos de agua por kg de aire seco
- k_{fv} es el factor específico del combustible del gas de escape en condiciones húmedas (ecuación 16) del punto 8.1.1

8.4.3. Determinación de las partículas

8.4.3.1. Evaluación de los datos

La masa de las partículas se calculará con arreglo a la ecuación 27 del punto 8.3. Para evaluar la concentración de partículas, se registrará la masa total de la muestra (m_{sep}) que pasa por los filtros a lo largo del ciclo de ensayo.

Previo autorización del organismo de homologación, podrá corregirse la masa de partículas teniendo en cuenta el nivel de partículas del diluyente, tal como se determina en el punto 7.5.6, de acuerdo con las buenas prácticas técnicas y las características de diseño particulares del sistema de medición de partículas utilizado.

8.4.3.2. Cálculo de la emisión másica

En función del diseño del sistema, se calculará la masa de partículas (g/ensayo) mediante uno de los métodos indicados en los puntos 8.4.3.2.1 o 8.4.3.2.2 tras una corrección de la flotabilidad del filtro de muestreo de partículas de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.3.

8.4.3.2.1. Cálculo basado en la relación de muestreo

$$m_{PM} = m_p / (r_s \times 1000) \quad (43)$$

donde:

- m_p es la masa de las partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg
- r_s es la relación media de la muestra a lo largo del ciclo

con

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (44)$$

donde:

- m_{se} es la masa de la muestra a lo largo del ciclo, en kg
- m_{ew} es el caudal másico de escape total a lo largo del ciclo, en kg
- m_{sep} es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg
- m_{sed} es la masa del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg

En un sistema de muestreo total, m_{sep} y m_{sed} son idénticos.

8.4.3.2.2. Cálculo basado en la relación de dilución

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1000} \quad (45)$$

donde:

m_p es la masa de las partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

m_{sep} es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

m_{edf} es la masa del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo, en kg

La masa total del gas de escape diluido equivalente a lo largo del ciclo se determinará de la siguiente manera:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (46)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (47)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})} \quad (48)$$

donde:

$q_{medf,i}$ es el caudal másico instantáneo equivalente del gas de escape diluido, en kg/s

$q_{mew,i}$ es el caudal másico instantáneo del gas de escape, en kg/s

$r_{d,i}$ es la relación de dilución instantánea

$q_{mdew,i}$ es el caudal másico instantáneo del gas de escape diluido, en kg/s

$q_{mdw,i}$ es el caudal másico instantáneo del diluyente, en kg/s

f es la frecuencia de muestreo, en Hz

n es el número de mediciones

8.5. Medición de dilución de flujo total (CVS)

Las señales de la concentración, bien por integración a lo largo del ciclo o por bolsa de muestreo, de los componentes gaseosos se utilizarán para calcular las emisiones másicas multiplicándolas por el caudal másico del gas de escape. El caudal másico del gas de escape se medirá con un sistema de muestreo de volumen constante (CVS), para el que puede utilizarse un bomba de desplazamiento positivo (PDP), un venturi de flujo crítico (CFV) o un venturi subsónico (SSV), con o sin compensación de caudal.

Para el muestreo con bolsa y el muestreo de partículas, se tomará una muestra proporcional del gas de escape diluido del sistema CVS. Para un sistema sin compensación de caudal, la proporción del caudal de muestreo respecto al caudal de muestreo de volumen constante no deberá variar en más de $\pm 2,5\%$ respecto al punto establecido del ensayo. Para un sistema con compensación de flujo, cada relación de caudal individual deberá mantenerse constante dentro de un margen de $\pm 2,5\%$ de su respectivo caudal objetivo.

La figura 7 muestra un esquema completo del dispositivo de ensayo.

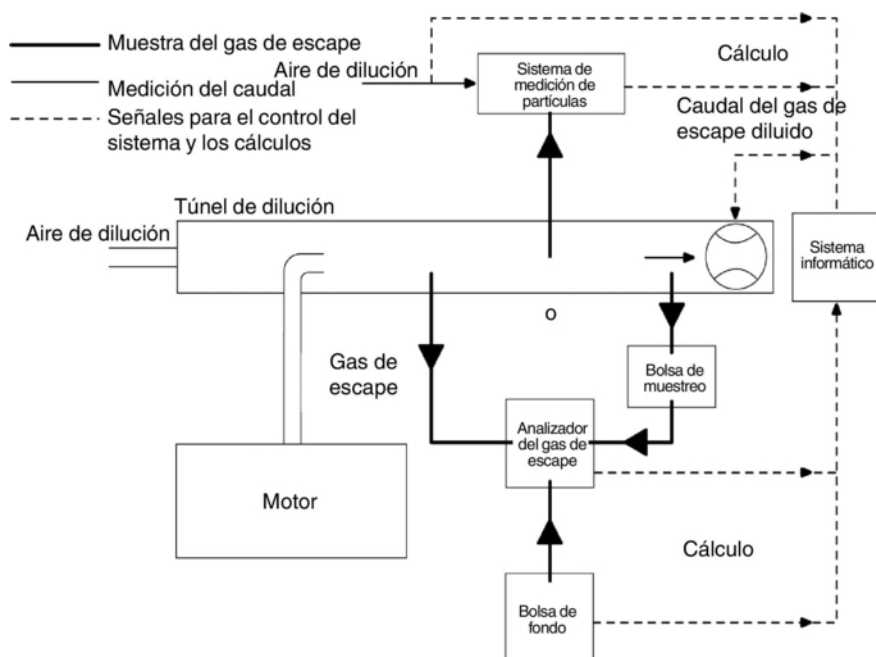


Figura 7

Esquema del sistema de medición de flujo total

8.5.1. Determinación del caudal de gas de escape diluido

8.5.1.1. Introducción

Para calcular las emisiones del gas de escape diluido, es preciso conocer el caudal másico del gas de escape diluido. El caudal total del gas de escape diluido durante el ciclo (kg/ensayo) se calculará a partir de los valores medidos durante el ciclo y de los correspondientes datos de calibración del caudalímetro (V_0 para la PDP, K_V para el CFV, C_d para el SSV), mediante cualquiera de los métodos indicados en los puntos 8.5.1.2 a 8.5.1.4. Si el caudal total de muestreo de partículas (m_{sep}) es superior a un 0,5 % del caudal total del CVS (m_{ed}), el caudal del CVS se corregirá en función del m_{sep} o el caudal de muestreo de partículas se dirigirá de nuevo al CVS antes de pasar por el caudalímetro.

8.5.1.2. Sistema PDP-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 6 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el caudal másico a lo largo del ciclo se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (49)$$

donde:

V_0 es el volumen del gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo, en m^3/rev

n_p es el número total de revoluciones de la bomba por ensayo

p_p es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa

T es la temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba, en K

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

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (50)$$

donde:

$n_{p,i}$ es el número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

8.5.1.3. Sistema CFV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene a ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el caudal máscico a lo largo del ciclo se calculará de la manera siguiente:

$$m_{ed} = 1,293 \times t \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (51)$$

donde:

t es la duración del ciclo, en s

K_v es el coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar

p_p es la presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

T es la temperatura absoluta en la entrada del venturi, en K

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

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (52)$$

donde:

Δt_i es el intervalo de tiempo, en s

8.5.1.4. Sistema SSV-CVS

Si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene en ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del caudal máscico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \quad (53)$$

con

$$Q_{SSV} = A_0 d_v^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_{D^4}^{1,4286}} \right) \right]} \quad (54)$$

donde:

A_0 es 0,006111 en las unidades SI de $\left(\frac{m^3}{min} \right) \left(\frac{K^2}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$

d_v es el diámetro del cuello del SSV, en m

C_d es el coeficiente de descarga del SSV

p_p es la presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

T es la temperatura en la entrada del venturi, en K

r_p es la relación del cuello del SSV con la presión estática absoluta de entrada, $1 - \frac{\Delta p}{P_a}$

r_D es la relación del diámetro del cuello del SSV, d , con el diámetro interior del tubo de entrada D

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

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad (55)$$

donde:

Δt_i es el intervalo de tiempo, en s

El cálculo en tiempo real se inicializará con un valor razonable de C_d , por ejemplo 0,98, o con un valor razonable de Q_{SSV} . Si el cálculo se inicializa con Q_{SSV} , se utilizará el valor inicial de Q_{SSV} para evaluar el número de Reynolds.

Durante todos los ensayos de emisiones, el número de Reynolds en el cuello del SSV deberá situarse dentro del intervalo de números de Reynolds utilizados para derivar la curva de calibración especificada en el punto 9.5.4.

8.5.2. Determinación de los componentes gaseosos

8.5.2.1. Introducción

Los componentes gaseosos del gas de escape diluido del motor sometido a ensayo deberán medirse con los métodos descritos en el apéndice 3. La dilución del gas de escape se efectuará con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El caudal del sistema de dilución de flujo total deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo. Los procedimientos de evaluación y cálculo de los datos se describen en los puntos 8.5.2.2 y 8.5.2.3.

8.5.2.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes sobre las emisiones se registrarán y se almacenarán con arreglo al punto 7.6.6.

8.5.2.3. Cálculo de la emisión másica

8.5.2.3.1. Sistemas con caudal másico constante

Para los sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes se determinará mediante la ecuación siguiente:

$$m_{gas} = u_{gas} \times c_{gas} \times m_{ed} \text{ (en g/ensayo)} \quad (56)$$

donde:

u_{gas} es el valor respectivo del componente de escape indicado en el cuadro 6

c_{gas} es la concentración de fondo media corregida del componente, en ppm

m_{ed} es la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

Si se mide en base seca, se aplicará la corrección seco/húmedo de acuerdo con lo dispuesto en el punto 8.1.

Para el cálculo de NO_x , la emisión másica se multiplicará, si procede, por el factor de corrección de la humedad $k_{h,D}$ o $k_{h,G}$, determinado con arreglo al punto 8.2.

En el cuadro 6 figuran los valores de u . Para calcular los valores de u_{gas} , se supone que la densidad del gas de escape es igual a la densidad del aire. Por lo tanto, los valores de u_{gas} son idénticos para los componentes individuales del gas, pero diferentes para los HC.

Cuadro 6

Valores u del gas de escape diluido y densidades de los componentes

Combustible	ρ_{de}	Gas					
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	(^e)	1,9636	1,4277	0,716
u_{gas} (^b)							
Gasóleo	1,293	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,001104	0,000553
Etanol	1,293	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,001104	0,000553
GNC (^c)	1,293	0,001588	0,000967	0,000517 (^d)	0,001519	0,001104	0,000553
Propano	1,293	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,001104	0,000553
Butano	1,293	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,001104	0,000553
GLP (^e)	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553

(^a) En función del carburante.

(^b) Para $\lambda = 2$, aire seco, 273 K, 101,3 kPa.

(^c) u con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %.

(^d) NMHC sobre la base de CH_{2,93} (para los HC totales se utilizará el coeficiente u_{gas} de CH₄).

(^e) u con una exactitud de 0,2 % para una composición másica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %.

Los valores de u también podrán calcularse mediante el método de cálculo exacto, descrito en términos generales en el punto 8.4.2.4, de la siguiente manera:

$$u_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{gas}}}{M_{\text{d}} \times \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_{\text{e}} \times \left(\frac{1}{D}\right)} \quad (57)$$

donde:

M_{gas} es la masa molar del componente del gas, en g/mol (véase el apéndice 6)

M_{e} es la masa molar del gas de escape, en g/mol

M_{d} es la masa molar del diluyente = 28,965 g/mol

D es el factor de dilución (véase el punto 8.5.2.3.2).

8.5.2.3.2. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

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

$$c_{\text{gas}} = c_{\text{gas,e}} - c_{\text{d}} \times (1 - (1 / D)) \quad (58)$$

donde:

$c_{\text{gas,e}}$ es la concentración del componente medido en el gas de escape diluido, en ppm

c_{d} es la concentración del componente medido en el diluyente, en ppm

D es el factor de dilución.

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

- a) para motores diésel y motores de gas alimentados con GLP

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{HC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (59)$$

- b) para motores de gas alimentados con GN

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (60)$$

donde:

- $c_{\text{CO}_2,e}$ es la concentración en base húmeda de CO_2 en el gas de escape diluido, en % vol.
 $c_{\text{HC},e}$ es la concentración en base húmeda de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1
 $c_{\text{NMHC},e}$ es la concentración en base húmeda de NMHC en el gas de escape diluido, en ppm C1
 $c_{\text{CO},e}$ es la concentración en base húmeda de CO en el gas de escape diluido, en ppm
 F_S es el factor estequiométrico.

El factor estequiométrico se calculará de la manera siguiente:

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (61)$$

donde:

- α es la relación molar del hidrógeno del combustible (H/C)

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

F_S (gasóleo)	=	13,4
F_S (GLP)	=	11,6
F_S (GN)	=	9,5

8.5.2.3.3. 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 aplicará la ecuación siguiente:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n (m_{\text{ed},i} \times c_{\text{gas},e} \times u_{\text{gas}}) - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}})] \quad (62)$$

donde:

- $c_{\text{gas},e}$ es la concentración del componente medido en el gas de escape diluido, en ppm
 c_d es la concentración del componente medido en el diluyente, en ppm
 $m_{\text{ed},i}$ es la masa instantánea del gas de escape diluido, en kg
 m_{ed} es la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg
 u_{gas} es el valor tabulado del cuadro 6
 D es el factor de dilución.

8.5.3. Determinación de las partículas

8.5.3.1. Cálculo de la emisión másica

La masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente tras la corrección de la flotabilidad del filtro de muestreo de partículas, con arreglo a lo dispuesto en el punto 8.3, como a continuación se indica:

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (63)$$

donde:

m_p es la masa de las partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

m_{sep} es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

m_{ed} es la masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

con

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (64)$$

donde:

m_{set} es la masa del gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas, en kg

m_{ssd} es la masa del diluyente secundario, en kg.

Si el nivel de fondo de partículas del diluyente se determina de conformidad con el punto 7.5.6, se podrá aplicar la corrección de fondo a la masa de partículas. En ese caso, la masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$m_{PM} = \left[\frac{m_p}{m_{sep}} - \left(\frac{m_b}{m_{sd}} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (65)$$

donde:

m_{sep} es la masa del gas de escape diluido que pasa por los filtros de recogida de partículas, en kg

m_{ed} es la masa del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, en kg

m_{sd} es la masa del diluyente recogido por el muestreador de partículas de fondo, en kg

m_b es la masa de las partículas de fondo recogidas en el diluyente, en mg

D es el factor de dilución, tal como se especifica en el punto 8.5.2.3.2.

8.6. Cálculos generales

8.6.1. Corrección de la desviación

Con respecto a la verificación de la desviación contemplada en el punto 7.8.4, el valor corregido de la concentración se calculará como sigue:

$$c_{cor} = c_{ref,z} + (c_{ref,s} - c_{ref,z}) \left(\frac{2 \cdot c_{gas} - (c_{pre,z} + c_{post,z})}{(c_{pre,s} + c_{post,s}) - (c_{pre,z} + c_{post,z})} \right) \quad (66)$$

donde:

$c_{ref,z}$ es la concentración de referencia del gas cero (normalmente cero), en ppm

$c_{ref,s}$ es la concentración de referencia del gas patrón, en ppm

$c_{\text{pre,z}}$	es la concentración del gas cero medida por el analizador antes del ensayo, en ppm
$c_{\text{pre,s}}$	es la concentración del gas patrón medida por el analizador antes del ensayo, en ppm
$c_{\text{post,z}}$	es la concentración del gas cero medida por el analizador después del ensayo, en ppm
$c_{\text{post,s}}$	es la concentración del gas patrón medida por el analizador después del ensayo, en ppm
c_{gas}	es la concentración del gas de muestreo, en ppm

Se calcularán dos series de resultados de emisiones específicas por cada componente, conforme al punto 8.6.3, una vez aplicada cualquier otra corrección. Se calculará una serie utilizando concentraciones sin corregir y otra serie con concentraciones con corrección de la desviación conforme a la ecuación 66.

Dependiendo del sistema de medición y del método de cálculo empleados, los resultados de las emisiones sin corrección se calcularán con las ecuaciones 36, 37, 56, 57 o 62, respectivamente. Para el cálculo de las emisiones corregidas, c_{gas} en las ecuaciones 36, 37, 56, 57 o 62, respectivamente, se sustituirá por c_{cor} de la ecuación 66. Si en la ecuación correspondiente se utilizan los valores instantáneos de la concentración $c_{\text{gas},i}$, el valor corregido también se aplicará como valor instantáneo $c_{\text{cor},i}$. En la ecuación 57, la corrección se aplicará tanto a la concentración medida como a la de fondo.

La comparación se efectuará en forma de porcentaje de los resultados sin corrección. La diferencia entre los valores de las emisiones específicas del freno con y sin corrección se situará dentro de un $\pm 4\%$ de los valores de las emisiones específicas del freno sin corregir o dentro de un $\pm 4\%$ del valor límite respectivo, lo que sea superior. Si la desviación es superior al 4 %, se invalidará el ensayo.

Si se aplica la corrección de la desviación, solo se utilizarán los resultados de las emisiones con corrección de la desviación al declarar las emisiones.

8.6.2. Cálculo de los NMHC y del CH₄

El cálculo de los NMHC y del CH₄ depende del método de calibración que se utilice. El FID para la medición sin NMC (recorrido inferior de la figura 11 del apéndice 3) se calibrará con propano. Para la calibración del FID en serie con NMC (recorrido superior de la figura 11 del apéndice 3) se autorizan los métodos siguientes:

- gas de calibración: propano; el propano se deriva, sin pasar por el NMC;
- gas de calibración: metano; el metano pasa por el NMC.

En el caso a) la concentración de los NMHC y de CH₄ se calculará de la manera siguiente:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}} - c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (67)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/NMC)}}}{E_E - E_M} \quad (68)$$

En el caso b) la concentración de los NMHC y de CH₄ se calculará de la manera siguiente:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/NMC)}} \times r_h \times (1 - E_M)}{E_E - E_M} \quad (67a)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}} \times r_h \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (68a)$$

donde:

- $c_{\text{HC(w/NMC)}}$ es la concentración de HC con el gas de muestreo pasando a través del NMC, en ppm
 $c_{\text{HC(w/oNMC)}}$ es la concentración de HC con el gas de muestreo derivándose, sin pasar por el NMC, en ppm
 r_h es el factor de respuesta al metano, determinada de acuerdo con el punto 9.3.7.2.
 E_M es la eficiencia del metano, determinada de acuerdo con el punto 9.3.8.1
 E_E es la eficiencia del etano, determinada de acuerdo con el punto 9.3.8.2

Si $r_h < 1,05$, podrá omitirse en las ecuaciones 67, 67a y 68a.

8.6.3. Cálculo de las emisiones específicas

Se calcularán las emisiones específicas e_{gas} o e_{PM} (g/kWh) de cada uno de los componentes de una de las maneras siguientes, en función del tipo de ciclo de ensayo.

Para los ciclos WHSC, WHTC caliente o WHTC frío se aplicará la ecuación siguiente:

$$e = \frac{m}{W_{\text{act}}} \quad (69)$$

donde:

- m es la emisión másica del componente, en g/ensayo
 W_{act} es el trabajo del ciclo efectivo determinado de conformidad con el punto 7.8.6, en kWh.

Para el ciclo WHTC, se calculará la media ponderada del resultado final del ensayo a partir de ensayo de arranque en frío y el ensayo de arranque en caliente mediante la ecuación siguiente:

$$e = \frac{(0,14 \times m_{\text{cold}}) + (0,86 \times m_{\text{hot}})}{(0,14 \times W_{\text{act,cold}}) + (0,86 \times W_{\text{act,hot}})} \quad (70)$$

donde:

- m_{cold} es la emisión másica del componente en el ensayo de arranque en frío, en g/ensayo
 m_{hot} es la emisión másica del componente en el ensayo de arranque en caliente, en g/ensayo
 $W_{\text{act,cold}}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el ensayo de arranque en frío, en kWh
 $W_{\text{act,hot}}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el ensayo de arranque en caliente, en kWh

Si se aplica la regeneración periódica con arreglo al punto 6.6.2, los factores de ajuste de la regeneración $k_{r,u}$ o $k_{r,d}$ serán, respectivamente, multiplicados por el resultado de las emisiones específicas e o añadidos al mismo como se indica en las ecuaciones 69 y 70.

9. VERIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

El presente anexo no contiene detalles sobre el equipo o los sistemas de medición del caudal, la presión y la temperatura. Solo se especifican, en el punto 9.2, los requisitos de linealidad del citado equipo o sistemas necesarios para efectuar el ensayo de emisiones.

9.1. Especificaciones del dinamómetro

Se utilizará un dinamómetro para motores con características adecuadas para la realización del ciclo de ensayo descrito en los puntos 7.2.1 y 7.2.2.

Los instrumentos de medición del par y el régimen deberán permitir la exactitud de medición de la potencia en el eje necesaria para cumplir los criterios de validación del ciclo. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales. El equipo de medición deberá tener una exactitud que cumpla los requisitos de linealidad establecidos en el cuadro 7 del punto 9.2.

9.2. Requisitos de linealidad

La calibración de todos los instrumentos y sistemas de medición deberá ser conforme a las normas nacionales (internacionales). Los instrumentos y sistemas de medición deberán cumplir los requisitos de linealidad del cuadro 7. La verificación de la linealidad con arreglo al punto 9.2.1 se llevará a cabo para los analizadores de gas al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación del sistema que pueda influir en la calibración. Para los demás instrumentos y sistemas, la verificación de la linealidad se efectuará como indiquen los procedimientos de control internos, el fabricante del instrumento o los requisitos ISO 9000.

Cuadro 7

Requisitos de linealidad de los instrumentos y los sistemas de medición

Sistema de medición	$ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $	Pendiente a_1	Error típico SEE	Coficiente de determinación r^2
Régimen del motor	$\leq 0,05$ % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Par motor	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Caudal de combustible	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Caudal de aire	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Caudal del gas de escape	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Caudal del diluyente	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Caudal del gas de escape diluido	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Caudal de muestreo	≤ 1 % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Analizadores de gas	$\leq 0,5$ % máx.	0,99-1,01	≤ 1 % máx.	$\geq 0,998$
Separadores de gas	$\leq 0,5$ % máx.	0,98-1,02	≤ 2 % máx.	$\geq 0,990$
Temperaturas	≤ 1 % máx.	0,99-1,01	≤ 1 % máx.	$\geq 0,998$
Presiones	≤ 1 % máx.	0,99-1,01	≤ 1 % máx.	$\geq 0,998$
Equilibrio PM	≤ 1 % máx.	0,99-1,01	≤ 1 % máx.	$\geq 0,998$

9.2.1. Verificación de la linealidad

9.2.1.1. Introducción

Se llevará a cabo una verificación de la linealidad para cada sistema de medición del cuadro 7. Se introducirán al menos diez valores de referencia, u otros valores que se especifiquen, en el sistema de medición, y los valores de medición se compararán con los valores de referencia mediante una regresión lineal de mínimos cuadrados con arreglo a la ecuación 11. Los límites máximos del cuadro 6 se refieren a los valores máximos esperados durante el ensayo.

9.2.1.2. Requisitos generales

Los sistemas de medición se calentarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento. Los sistemas de medición se harán funcionar a sus temperaturas, presiones y caudales específicos.

9.2.1.3. Procedimiento

La verificación de la linealidad se efectuará para cada gama de funcionamiento siguiendo las etapas siguientes:

- a) El instrumento se pondrá a cero introduciendo un gas cero. Para los analizadores de gas, se introducirá aire sintético purificado (o nitrógeno) directamente en el puerto del analizador.
- b) El instrumento se calibrará introduciendo un gas patrón. Para los analizadores de gas, se introducirá un gas patrón adecuado directamente en el puerto del analizador.
- c) Se repetirá el procedimiento de puesta a cero descrito en la letra a).
- d) La verificación se establecerá introduciendo al menos diez valores de referencia (incluido el cero) que formen parte del intervalo que va del cero a los valores más altos esperados durante el ensayo de emisiones. Para los analizadores de gas, las concentraciones de gas conocidas con arreglo al punto 9.3.3.2 se introducirán directamente en el puerto del analizador.
- e) Los valores de referencia se medirán con una frecuencia de registro mínima de 1 Hz y los valores medidos se registrarán durante 30 segundos.
- f) Se utilizarán los valores medios aritméticos durante un periodo de 30 segundos para calcular los parámetros de la regresión lineal de mínimos cuadrados de acuerdo con la ecuación 11 del punto 7.8.7.
- g) Los parámetros de la regresión lineal deberán cumplir los requisitos establecidos en el cuadro 7 del punto 9.2.
- h) Se verificará de nuevo el valor cero y, si es preciso, se repetirá el procedimiento de verificación.

9.3. Medición de las emisiones gaseosas y sistema de muestreo

9.3.1. Especificaciones del analizador

9.3.1.1. Generalidades

Los analizadores deberán tener una gama de medición y un tiempo de respuesta adecuados para la exactitud requerida al medir las concentraciones de los componentes del gas de escape en condiciones de estado transitorio y continuo.

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

9.3.1.2. Exactitud

La exactitud, definida como la desviación de la lectura del analizador respecto al valor de referencia, se ajustará al límite de $\pm 2\%$ de la lectura o de $\pm 0,3\%$ del fondo de escala (el valor que sea mayor).

9.3.1.3. Precisión

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

9.3.1.4. Ruido

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

9.3.1.5. Desviación del cero

El fabricante del instrumento especificará la desviación de la respuesta al cero.

9.3.1.6. Desviación del punto final

El fabricante del instrumento especificará la desviación de la respuesta al punto final.

9.3.1.7. Tiempo de subida

El tiempo de subida del analizador instalado en el sistema de medición no será superior a 2,5 segundos.

9.3.1.8. Secado del gas

El gas de escape podrá medirse en base húmeda o seca. Si se utiliza, el dispositivo de secado del gas deberá tener un efecto mínimo en la composición de los gases medidos. Los secadores químicos no son un método aceptable de eliminación del agua de la muestra.

9.3.2. Analizadores de gas

9.3.2.1. Introducción

En los puntos 9.3.2.2 a 9.3.2.7 se describen los principios de medición que deberán utilizarse. En el apéndice 3 se ofrece una descripción detallada de los sistemas de medición. Los gases que vayan a medirse deberán analizarse con los instrumentos indicados a continuación. En el caso de analizadores no lineales se permitirá el uso de circuitos de linealización.

9.3.2.2. Análisis del monóxido de carbono (CO)

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

9.3.2.3. Análisis del dióxido de carbono (CO₂)

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

9.3.2.4. Análisis de hidrocarburos (HC)

El analizador de hidrocarburos será del tipo detector de ionización de llama calentado (HFID), con el detector, las válvulas, los conductos, etc. calentados de tal manera que el gas se mantenga a una temperatura de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$). Como alternativa, para los motores alimentados con GN y los motores de encendido por chispa, el analizador de hidrocarburos podrá ser de tipo detector de ionización de llama (FID) sin calentar, en función del método utilizado (véase el apéndice 3, punto A.3.1.3).

9.3.2.5. Análisis de los hidrocarburos no metánicos (NMHC) y del metano (CH₄)

Para la medición de la fracción de metano y de los hidrocarburos no metánicos se utilizará un separador de hidrocarburos no metánicos (NMC) calentado y dos FID, tal como se indica en el punto apéndice 3, puntos A.3.1.4 y A.3.1.5. La concentración de los componentes se determinará conforme al punto 8.6.2.

9.3.2.6. Análisis de los óxidos de nitrógeno (NO_x)

Para la medición de los NO_x se especifican dos instrumentos de medida; puede utilizarse cualquiera de ellos a condición de que cumpla los criterios establecidos en los puntos 9.3.2.6.1 o 9.3.2.6.2, respectivamente. Para la determinación de la equivalencia de otro procedimiento de medición conforme al punto 5.1.1, solo se autorizará el CLD.

9.3.2.6.1. Detector quimioluminiscente (CLD)

Si la medición se efectúa en base seca, el analizador de óxidos de nitrógeno será del tipo detector quimioluminiscente (CLD) o detector quimioluminiscente calentado (HCLD), con un convertidor NO₂/NO. Si la medición se efectúa en base húmeda, se utilizará un HCLD con convertidor mantenido a una temperatura superior a 328 K (55 °C), siempre que se compruebe el factor de extinción por el agua (véase el punto 9.3.9.2.2). Tanto con el CLD como con el HCLD, el circuito de muestreo se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C) hasta el convertidor en el caso de la medición en base seca, y hasta el analizador en el caso de la medición en base húmeda.

9.3.2.6.2. Detector de ultravioleta no dispersivo (NDUV)

Para medir la concentración de NO_x se utilizará un analizador de ultravioleta no dispersivo (NDUV). Si el analizador NDUV solo mide el NO, antes del mismo se colocará un convertidor NO₂/NO. Se mantendrá la temperatura del NDUV para evitar la condensación acuosa, excepto cuando se instale un secador de muestras antes del convertidor NO₂/NO, en caso de utilizarse, o antes del analizador.

9.3.2.7. Medición de la relación aire/combustible

El equipo de medición de la relación aire/combustible utilizado para determinar el caudal de gas de escape según se especifica en el punto 8.4.1.6 será un sensor de la relación aire/combustible de gama amplia o un sensor lambda de tipo Zirconia. El sensor se instalará directamente en el tubo de escape, en un punto en el que la temperatura del gas de escape sea suficientemente elevada para eliminar la condensación de agua.

La exactitud del sensor con dispositivos electrónicos incorporados será de:

± 3 % de la lectura	para	$\lambda < 2$
± 5 % de la lectura	para	$2 \leq \lambda < 5$
± 10 % de la lectura	para	$5 \leq \lambda$

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

9.3.3. Gases

Se respetará la vida útil de todos los gases.

9.3.3.1. Gases puros

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

a) Para el gas de escape bruto

Nitrógeno purificado

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

Oxígeno purificado

(Pureza > 99,5 % vol. O₂)

Mezcla hidrógeno-helio (combustible del quemador del FID)

(40 ± 1 % 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.)

b) Para el gas de escape diluido (opcionalmente para el gas de escape bruto)

Nitrógeno purificado

(Contaminación $\leq 0,05$ ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 10 ppm CO₂, $\leq 0,02$ ppm NO)

Oxígeno purificado

(Pureza $> 99,5$ % vol. O₂)

Mezcla hidrógeno-helio (combustible del quemador del FID)

(40 ± 1 % de hidrógeno, y el resto de helio)

(Contaminación $\leq 0,05$ ppm C1, ≤ 10 ppm CO₂)

Aire sintético purificado

(Contaminación $\leq 0,05$ ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 10 ppm CO₂, $\leq 0,02$ ppm NO)

(Contenido de oxígeno entre 20,5 y 21,5 % vol.)

Si no se dispone de gas en botellas podrá utilizarse un purificador de gas a condición de demostrar que los niveles de contaminación son satisfactorios.

9.3.3.2. Gas de calibración y gas patrón

Se dispondrá de mezclas de gases que posean las siguientes composiciones químicas, en su caso. Se permiten otras combinaciones de gases siempre que dichos gases no reaccionen entre sí. Deberá registrarse la fecha de caducidad de estos gases que indique el fabricante.

C₃H₈ y aire sintético purificado (véase el punto 9.3.3.1);

CO y nitrógeno purificado;

NO y nitrógeno purificado;

NO₂ y aire sintético purificado;

CO₂ y nitrógeno purificado;

CH₄ y aire sintético purificado;

C₂H₆ y aire sintético purificado.

La concentración real de un gas de calibración y de un gas patrón deberá encontrarse dentro de un margen de ± 1 % respecto al valor nominal, y ser conforme a las normas nacionales e internacionales. Todas las concentraciones de gas de calibración se indicarán en función del volumen (porcentaje en volumen o ppm en volumen).

9.3.3.3. Separadores de gas

Los gases utilizados con fines de calibración y ajuste de la calibración pueden obtenerse también mediante separadores de gas (mezcladores de precisión), una dilución con N₂ o aire sintético purificado. La exactitud del separador de gas será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración mezclados con una exactitud de ± 2 %. Esta exactitud implica que los gases primarios utilizados para la mezcla deben conocerse con una exactitud mínima de ± 1 %, de acuerdo con las normas nacionales o internacionales sobre los gases. La verificación se realizará a un valor de entre 15 y 50 % del fondo de escala para cada calibración que incorpore un separador de gas. Se podrá efectuar una verificación adicional utilizando otro gas de calibración si no ha dado resultado la primera verificación.

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

Para efectuar la verificación de linealidad con arreglo al punto 9.2.1, el separador de gas tendrá una exactitud de ± 1 %.

9.3.3.4. Gases de verificación de la interferencia del oxígeno

Los gases de verificación de la interferencia del oxígeno son una mezcla de propano, oxígeno y nitrógeno. Incluirán propano con 350 ppm C ± 75 ppm C de hidrocarburos. El valor de concentración se determinará con arreglo a las tolerancias del gas de calibración mediante análisis cromatográfico del total de hidrocarburos más las impurezas o mediante mezcla dinámica. Las concentraciones de oxígeno requeridas para los ensayos de los motores de encendido por chispa y de encendido por compresión figuran en el cuadro 8 y el resto consistirá en nitrógeno purificado.

Cuadro 8

Gases de verificación de la interferencia del oxígeno

Tipo de motor	Concentración de O ₂ (%)
Encendido por compresión	21 (20 a 22)
Encendido por compresión y por chispa	10 (9 a 11)
Encendido por compresión y por chispa	5 (4 a 6)
Encendido por chispa	0 (0 a 1)

9.3.4. Ensayo de fuga

Se efectuará un ensayo de fuga del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obturará su extremidad. A continuación, se pondrá en marcha la bomba del analizador. Después de un periodo de estabilización inicial, en ausencia de fugas, todos los caudalímetros indicarán cero. En caso contrario, se verificarán los conductos de muestreo y se corregirá el defecto.

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

Otra posibilidad consiste en vaciar el sistema hasta una presión mínima de 20 kPa de vacío (80 kPa absoluta). Tras un periodo de estabilización inicial, el incremento de presión Δp (kPa/min) en el sistema no deberá superar el resultado siguiente:

$$\Delta p = p / V_s \times 0,005 \times q_{vs} \quad (71)$$

donde:

V_s es el volumen del sistema, en l

q_{vs} es el caudal del sistema, en l/min

Otro método consiste en introducir una variación escalonada en la concentración al principio de la línea de muestreo, pasando de gas cero a gas patrón. Si, con un analizador correctamente calibrado, al cabo de un periodo de tiempo adecuado el valor leído es $\leq 99\%$ de la concentración introducida, es probable que haya un problema de fuga que debe corregirse.

9.3.5. Verificación del tiempo de respuesta del sistema analítico

Los reglajes del sistema para la evaluación del tiempo de respuesta serán exactamente los mismos que durante la medición en el periodo de ensayo (es decir, presión, caudales, reglajes de los filtros en los analizadores y todos los demás elementos que influyen en el tiempo de respuesta). El tiempo de respuesta se determinará cambiando el gas directamente en la entrada de la sonda de muestreo. El cambio de gas se realizará en menos de 0,1 segundos. Los gases utilizados en el ensayo darán lugar a un cambio de la concentración de un 60 % del fondo de escala, como mínimo.

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

Para la alineación del tiempo del analizador y las señales del caudal del gas de escape, se entenderá por tiempo de transformación el que transcurre desde el cambio (t_0) hasta que la respuesta alcanza un 50 % de la lectura final (t_{50}).

El tiempo de respuesta del sistema será ≤ 10 segundos, con un tiempo de subida $\leq 2,5$ segundos, de acuerdo con lo dispuesto en el punto 9.3.1.7, para todos los componentes limitados (CO, NO_x, HC o NMHC) y todos los intervalos utilizados. Si se utiliza un separador de hidrocarburos no metánicos para medir los hidrocarburos no metánicos, el tiempo de respuesta del sistema podrá ser superior a 10 segundos.

9.3.6. Eficacia del convertidor de NO_x

La eficiencia del convertidor utilizado para la conversión de NO₂ en NO deberá comprobarse como se indica en los puntos 9.3.6.1 a 9.3.6.8 (véase la figura 8).

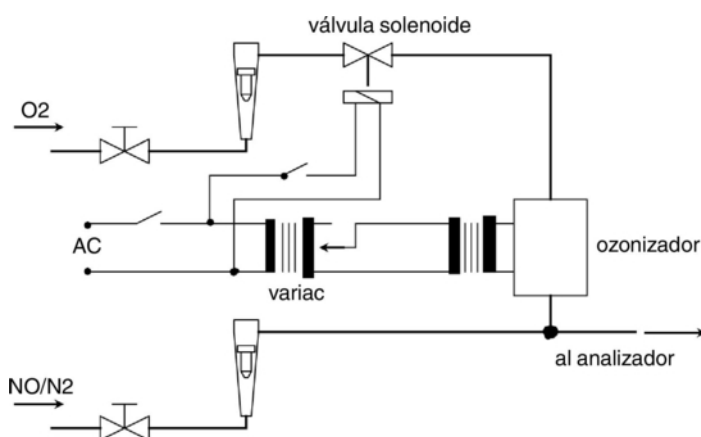


Figura 8

Esquema del dispositivo de control de la eficiencia del convertidor de NO₂

9.3.6.1. Organización del ensayo

La eficiencia del convertidor podrá controlarse con un ozonizador, aplicando la organización ilustrada esquemáticamente en la figura 8 y el procedimiento descrito a continuación.

9.3.6.2. Calibración

El CLD y el HCLD deberán calibrarse en el intervalo de funcionamiento más común, según las especificaciones del fabricante, utilizando gas cero y gas patrón (cuyo contenido de NO deberá equivaler aproximadamente a un 80 % del intervalo de funcionamiento, y la concentración de 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.

9.3.6.3. Cálculo

El porcentaje de eficiencia del convertidor se calculará de la manera siguiente:

$$E_{\text{NO}_x} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \times 100 \quad (72)$$

donde:

- a* es la concentración de NO_x de acuerdo con el punto 9.3.6.6
- b* es la concentración de NO_x de acuerdo con el punto 9.3.6.7
- c* es la concentración de NO de acuerdo con el punto 9.3.6.4
- d* es la concentración de NO de acuerdo con el punto 9.3.6.5.

9.3.6.4. Adición de oxígeno

Mediante un conector en T se añadirá oxígeno o aire cero de manera continua al flujo de gas hasta que la concentración indicada sea aproximadamente un 20 % inferior a la concentración de calibración indicada en el punto 9.3.6.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

Se registrará la concentración indicada (*c*). El ozonizador se mantendrá desactivado durante todo el proceso.

9.3.6.5. Activación del ozonizador

Se activa el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO a, aproximadamente, un 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibración indicada en el punto 9.3.6.2. Se registra la concentración (*d*) indicada (el analizador se encuentra en el modo NO).

9.3.6.6. Modo NO_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 por el convertidor. Se registra la concentración (*a*) indicada (el analizador se encuentra en el modo NO_x).

9.3.6.7. Desactivación del ozonizador

Se desactiva el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el punto 9.3.6.6 pasa al detector a través del convertidor. Se registra la concentración (*b*) indicada (el analizador se encuentra en el modo NO_x).

9.3.6.8. Modo NO

Tras el cambio al modo NO con el ozonizador desactivado, se interrumpirá el flujo de oxígeno o de aire sintético. La medida de NO_x indicada por el analizador no debe diferir en más de ± 5 % del valor medido con arreglo al punto 9.3.6.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

9.3.6.9. Intervalo de ensayo

Se verificará la eficiencia del convertidor al menos una vez al mes.

9.3.6.10. Requisito de eficiencia

La eficiencia del convertidor E_{NOx} deberá ser inferior al 95 %.

Si, estando el analizador en el intervalo más común, el ozonizador no logra una reducción del 80 % al 20 % según lo indicado en el punto 9.3.6.5, se utilizará el intervalo más alto que permita esa reducción.

9.3.7. Ajuste del FID

9.3.7.1. Optimización de la respuesta del detector

El FID deberá ajustarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del instrumento. Se utilizará un gas patrón de propano en aire para optimizar la respuesta en el intervalo de funcionamiento más común.

Tras seleccionar el caudal de combustible y de aire que recomiende el fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón de 350 ± 75 ppm C. La respuesta a un determinado caudal de combustible se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero. El caudal de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrarán las respuestas del gas patrón y del gas cero con esos caudales de combustible. Se representará gráficamente la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero y el caudal de combustible se ajustará al lado rico de la curva. Este es el ajuste inicial del caudal, que quizás deba ser optimizado posteriormente en función de los resultados de los factores de respuesta a los hidrocarburos y de la verificación de la interferencia del oxígeno con arreglo a lo dispuesto en los puntos 9.3.7.2 y 9.3.7.3. Si la interferencia del oxígeno o los factores de respuesta a los hidrocarburos no se ajustan a las prescripciones siguientes, el caudal de aire se ajustará de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante, y se repetirán los puntos 9.3.7.2 y 9.3.7.3 para cada caudal.

La optimización también podrá llevarse a cabo siguiendo los procedimientos descritos en el documento SAE n° 770141.

9.3.7.2. Factores de respuesta a los hidrocarburos

Se efectuará una verificación de la linealidad del analizador utilizando propano en aire y aire sintético purificado, tal como se indica en el punto 9.2.1.3.

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

Se utilizará la concentración del gas de ensayo que proporcione una respuesta de aproximadamente un 80 % del fondo de escala. La concentración deberá conocerse con una precisión de ± 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 intervalos del factor de respuesta son los siguientes:

- | | |
|--|---------------------------|
| a) metano y aire sintético purificado | $1,00 \leq r_h \leq 1,15$ |
| b) propileno y aire sintético purificado | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$ |
| c) tolueno y aire sintético purificado | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$ |

Estos valores corresponden a un r_h de 1 para el propano y el aire sintético purificado.

9.3.7.3. Comprobación de la interferencia del oxígeno

Solo para los analizadores de gas de escape bruto, el control de la interferencia del oxígeno se efectuará cuando se ponga en servicio un analizador, y tras largos periodos de servicio.

Se escogerá un intervalo de medición en el que los gases de comprobación de la interferencia del oxígeno caigan en el 50 % superior. La prueba se realizará con el horno a la temperatura necesaria. Las especificaciones del gas de control de la interferencia del oxígeno figuran en el punto 9.3.3.4.

- a) Se pondrá a cero el analizador.
- b) Se calibrará el analizador con la mezcla de 0 % de oxígeno para motores de encendido por chispa. Los instrumentos del motor de encendido por chispa se calibrarán con una mezcla de 21 % de oxígeno.
- c) Se volverá a comprobar la respuesta cero. Si ha cambiado en más de un 0,5 % del fondo de escala, se repetirán las etapas a) y b) del presente punto.
- d) Se introducirán los gases de comprobación del 5 % y el 10 % de interferencia del oxígeno.
- e) Se volverá a comprobar la respuesta cero. Si ha cambiado en más de ± 1 % del fondo de escala, se repetirá el ensayo.
- f) Se calculará la interferencia del oxígeno E_{O_2} para cada mezcla de la letra d) de la manera siguiente:

$$E_{O_2} = (c_{ref,d} - c) \times 100 / c_{ref,d} \quad (73)$$

y la respuesta del analizador es

$$c = \frac{c_{ref,b} \times c_{FS,b}}{c_{m,b}} \times \frac{c_{m,d}}{c_{FS,d}} \quad (74)$$

donde:

- $c_{ref,b}$ es la concentración de referencia de los HC en la etapa b), en ppm C
- $c_{ref,d}$ es la concentración de referencia de los HC en la etapa d), en ppm C
- $c_{FS,b}$ es la concentración del fondo de escala de los HC en la etapa b), en ppm C
- $c_{FS,d}$ es la concentración del fondo de escala de los HC en la etapa d), en ppm C
- $c_{m,b}$ es la concentración medida de los HC en la etapa b), en ppm C
- $c_{m,d}$ es la concentración medida de los HC en la etapa d), en ppm C

- g) La interferencia del oxígeno E_{O_2} será inferior a $\pm 1,5$ % en todos los gases de control de la interferencia del oxígeno requeridos antes del ensayo.
- h) Si la interferencia del oxígeno E_{O_2} es superior a $\pm 1,5$ %, podrán adoptarse medidas correctoras ajustando de manera incremental el caudal de aire, así como el caudal de combustible y el caudal de muestreo, por encima y por debajo de las especificaciones del fabricante.
- i) La interferencia del oxígeno se comprobará para cada nuevo reglaje.

9.3.8. Eficiencia del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

El NMC se utiliza para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestreo mediante oxidación de todos los hidrocarburos excepto el metano. Idealmente, la conversión es del 0 % para el metano y del 100 % para el resto de hidrocarburos representados por el etano. Para medir con precisión los NMHC, será preciso determinar las dos eficiencias y utilizarlas para calcular el caudal máxico de emisión de NMHC (véase el punto 8.5.2).

9.3.8.1. Eficiencia del metano

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

$$E_M = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/oNMC)}}} \quad (75)$$

donde:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$ es la concentración de HC con CH_4 pasando por el NMC, en ppm C

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$ es la concentración de HC con CH_4 en derivación, sin pasar por el NMC, en ppm C

9.3.8.2. Eficiencia del etano

Se hará circular gas de calibración de etano por el FID, en derivación y pasando por el NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficiencia se determinará de la manera siguiente:

$$E_E = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/oNMC)}}} \quad (76)$$

donde:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$ es la concentración de HC con C_2H_6 pasando por el NMC, en ppm C

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$ es la concentración de HC con C_2H_6 en derivación, sin pasar por el NMC, en ppm C.

9.3.9. Efectos interferentes

Otros gases, aparte del que se analiza, pueden interferir en la lectura de diversas maneras. En los analizadores NDIR se produce una interferencia positiva cuando el gas interferente provoca el mismo efecto que el gas que se está midiendo, pero en menor grado. Se produce una interferencia negativa en los analizadores NDIR cuando el gas interferente ensancha la banda de absorción del gas medido, y en los analizadores CLD, cuando el gas interferente provoca la extinción de la reacción. Los ensayos de interferencia descritos en los puntos 9.3.9.1 y 9.3.9.3 se efectuarán antes de utilizar por primera vez un analizador y tras un largo periodo de servicio.

9.3.9.1. Control de la interferencia en el analizador de CO

El agua y el CO_2 pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO. En consecuencia, se tomará gas patrón de CO_2 con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento máximo utilizado durante el ensayo, se hará borbotear dicho gas en agua a la temperatura ambiente y se registrará la respuesta del analizador. Esta no superará el 2 % de la concentración media de CO esperada durante el ensayo.

Los procedimientos de control de la interferencia del CO_2 y del H_2O también podrán ejecutarse por separado. Si los niveles de CO_2 y H_2O utilizados son superiores a los máximos previstos durante el ensayo, cada valor de la interferencia observado se reducirá multiplicando la interferencia observada por el cociente del valor esperado de la concentración máxima y del valor efectivo utilizado durante dicho procedimiento. Podrán aplicarse procedimientos de interacción distintos a concentraciones de H_2O inferiores a los niveles máximos esperados durante el ensayo, pero el valor de la interferencia del H_2O observado se aumentará multiplicando la interferencia observada por el cociente del valor esperado de la concentración máxima de H_2O y del valor efectivo utilizado durante dicho procedimiento. La suma de los dos valores de la interferencia así corregidos respetará la tolerancia especificada en el presente punto.

9.3.9.2. Controles de los efectos de extinción de los analizadores de NO_x en lo referente a los analizadores CLD

Los dos gases en cuestión, en el caso de los analizadores CLD (y HCLD), son el CO₂ y el vapor de agua. Dichos gases provocan efectos de extinción proporcionales a sus concentraciones, de modo que se precisan técnicas de ensayo para determinar la extinción a las concentraciones máximas que se alcanzaron durante el ensayo. Si el analizador CLD utiliza algoritmos de compensación de los efectos de extinción que utilizan instrumentos de medición del H₂O o del CO₂, el efecto de extinción será evaluado con dichos instrumentos en funcionamiento y aplicando los algoritmos de compensación.

9.3.9.2.1. Control del efecto de extinción 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 intervalo de funcionamiento máximo, y el valor del CO₂ se registrará como A. A continuación se diluirá aproximadamente al 50 % con gas patrón de NO y se hará pasar por los analizadores NDIR y CLD, y se registrarán los valores del CO₂ y del NO como B y C, respectivamente. Por último, se interrumpirá el paso del CO₂, por lo que solo se hará pasar el gas patrón de NO por el analizador (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor D.

La extinción expresada en porcentaje se calculará de la manera siguiente:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[1 - \left(\frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100 \quad (77)$$

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 previa aprobación por el organismo de homologación.

9.3.9.2.2. Control del efecto de extinción del agua

Este control se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas en base húmeda. El cálculo del efecto de extinción del agua debe tener en cuenta la dilución del gas patrón de NO con vapor de agua y la adaptación de la concentración de vapor de agua de la mezcla a la esperada durante el ensayo.

Se hará pasar por el analizador (H)CLD un gas patrón de NO con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del intervalo de funcionamiento normal, y el valor de NO se registrará como D. A continuación, el gas patrón de NO se hará borbotear en agua a la temperatura ambiente y se hará pasar por el analizador (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor C. Se determinará la temperatura del agua y se registrará como F. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura (F) del agua borboteante y se registrará como G.

La concentración de vapor de agua (en %) de la mezcla se calculará de la manera siguiente:

$$H = 100 \times (G / p_b) \quad (78)$$

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

$$D_c = D \times (1 - H / 100) \quad (79)$$

y se registrará como D_e . Para el gas de escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua del gas de escape (en %) que se espera obtener durante el ensayo, suponiendo una relación H/C del combustible de 1,8/1, a partir de la concentración máxima de CO_2 en el gas de escape A, de la manera siguiente:

$$H_m = 0,9 \times A \quad (80)$$

y se registrará como H_m .

El porcentaje de extinción por el agua se calculará de la manera siguiente:

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H) \quad (81)$$

donde:

D_e es la concentración esperada de NO diluido, en ppm

C es la concentración medida de NO diluido, en ppm

H_m es la concentración máxima de vapor de agua, en %,

H es la concentración real de vapor de agua, en %.

9.3.9.2.3. Extinción máxima admitida

La extinción combinada del CO_2 y del agua no superará el 2 % del fondo de la escala.

9.3.9.3. Control de los efectos de extinción de los analizadores de NO_x en lo referente a los analizadores NDUV

Los hidrocarburos y el H_2O pueden interferir positivamente con un analizador NDUV causando una respuesta similar a los NO_x . Si el analizador NDUV utiliza algoritmos de compensación que emplean mediciones de otros gases para superar esta comprobación de la interferencia, dichas mediciones se efectuarán simultáneamente para verificar los algoritmos durante la comprobación de la interferencia del analizador.

9.3.9.3.1. Procedimiento

El analizador NDUV será puesto en marcha, se le hará funcionar, será puesto a cero y se le calibrará con arreglo a las instrucciones del fabricante del instrumento. Se recomienda extraer gas de escape del motor para realizar esta comprobación. Se utilizará un CLD para cuantificar los NO_x del gas de escape. La respuesta del CLD se empleará como valor de referencia. Asimismo, se medirán los HC del gas de escape con un analizador FID. La respuesta del FID se empleará como valor de referencia de los hidrocarburos.

El gas de escape se introducirá en el analizador NDUV antes de cualquier secador de muestras, en caso de que se utilicen durante el ensayo. Se esperará a que la respuesta del analizador se estabilice. El tiempo necesario para la estabilización puede incluir tiempo para purgar el conducto de transferencia y el tiempo de respuesta del analizador. Mientras que todos los analizadores miden la concentración de la muestra, se registrarán 30 s de datos y se calcularán las medias aritméticas correspondientes a los tres analizadores.

El valor medio del CLD se restará del valor medio del NDUV. La diferencia se multiplicará por el cociente de la concentración media esperada de HC y la concentración de HC medida durante la verificación con arreglo a la ecuación siguiente:

$$E_{\text{HC}/\text{H}_2\text{O}} = (c_{\text{NO}_x,\text{CLD}} - c_{\text{NO}_x,\text{NDUV}}) \times \left(\frac{c_{\text{HC},e}}{c_{\text{HC},m}} \right) \quad (82)$$

donde:

$c_{\text{NO}_x,\text{CLD}}$ es la concentración de NO_x medida con el CLD, en ppm

$c_{\text{NO}_x,\text{NDUV}}$ es la concentración de NO_x medida con el NDUV, en ppm

$c_{\text{HC},e}$ es la concentración máxima esperada de HC, en ppm

$c_{\text{HC},m}$ es la concentración medida de HC, en ppm

9.3.9.3.2. Extinción máxima admitida

La extinción combinada de los HC y del agua no superará el 2 % de la concentración de NO_x esperada durante el ensayo.

9.3.9.4. Secador de muestras

Los secadores de muestras eliminan el agua, que puede interferir con las mediciones de NO_x.

9.3.9.4.1. Eficiencia del secador de muestras

Para los analizadores CLD en base seca, se demostrará que con la concentración de vapor de agua esperada H_m más alta (véase el punto 9.3.9.2.2), el secador de muestras mantiene la humedad del analizador CLD ≤ 5 g de agua/kg de aire seco (o aproximadamente 0,008 % de H₂O), lo que equivale a un 100 % de humedad relativa a 3,9 °C y 101,3 kPa. Esta especificación de humedad es también equivalente a aproximadamente un 25 % de la humedad relativa a 25 °C y 101,3 kPa. Esto podrá demostrarse midiendo la temperatura en la salida de un deshumidificador térmico, o midiendo la humedad en un punto situado justo antes del analizador CLD. Puede medirse también la humedad del gas de escape en el analizador CLD si por este último solo pasa el flujo procedente del deshumidificador.

9.3.9.4.2. Penetración de NO₂ en el secador de muestras

El agua en estado líquido que quede en un secador de muestras mal diseñado puede eliminar el NO₂ de la muestra. Si se utiliza un secador de muestras con un analizador NDUV sin un convertidor NO₂/NO situado antes, podría eliminar el NO₂ de la muestra antes de la medición de los NO_x.

El secador de muestras permitirá medir al menos un 95 % del total de NO₂ a la concentración máxima esperada de NO₂.

9.3.10. Muestreo de las emisiones gaseosas brutas, en su caso

Las sondas de muestreo de emisiones gaseosas se introducirán a una profundidad mínima de 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape (el valor que sea más elevado) antes del punto de salida del sistema de escape, pero lo suficientemente cerca del motor para garantizar que el gas de escape se mantiene a una temperatura de al menos 343 K (70 °C) en la sonda.

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los "motores en V", se recomienda combinar los colectores antes de la sonda de muestreo. Si esta solución no fuera práctica, se permitirá tomar una muestra del grupo que presenta la mayor emisión de CO₂. Para calcular las emisiones de escape deberá utilizarse el caudal másico total del gas de escape.

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.

9.3.11. Muestreo de las emisiones gaseosas diluidas, en su caso

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá cumplir los requisitos establecidos en el apéndice 3. La(s) sonda(s) de muestreo de emisiones gaseosas se instalará(n) en el túnel de dilución, en un punto muy próximo a la sonda de muestreo de partículas, en el que el diluyente y el gas de escape estén bien mezclados.

Generalmente, el muestreo puede efectuarse de dos maneras:

- las emisiones se recogen en una bolsa de muestreo durante el ciclo y se miden tras finalizar el ensayo; para los HC, la bolsa de muestreo se calentará a 464 ± 11 K (191 ± 11 °C), y para los NO_x, la temperatura de la bolsa de muestreo será superior a la temperatura del punto de condensación;
- las emisiones se muestrean de forma continua y se integran a lo largo del ciclo.

La concentración de fondo se determinará antes del túnel de dilución conforme a lo dispuesto en a) o b), y se restará de la concentración de emisiones de acuerdo al punto 8.5.2.3.2.

9.4. Medición de las partículas y sistema de muestreo

9.4.1. Especificaciones generales

Para determinar la masa de las partículas se precisa un sistema de muestreo y dilución de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográmic y una cámara de pesaje con control de la temperatura y la humedad. El sistema de muestreo de partículas estará diseñado de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas proporcional al caudal del gas de escape.

9.4.2. Requisitos generales del sistema de dilución

Para determinar las partículas es preciso diluir la muestra con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno (el diluyente). El sistema de dilución reunirá las condiciones siguientes:

- a) eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo;
- b) mantener la temperatura del gas de escape diluido entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) en los 20 cm situados antes o después de los portafiltros;
- c) la temperatura del diluyente se situará entre 293 K y 325 K (20 °C a 52 °C) muy cerca de la entrada del túnel de dilución;
- d) la relación de dilución mínima se situará entre 5:1 y 7:1, y será como mínimo de 2:1 en el caso de la fase de dilución primaria basándose en el caudal máximo de gas de escape del motor;
- e) en el caso de un sistema de dilución de flujo parcial, el tiempo de estancia en el sistema desde el punto de introducción del diluyente hasta los portafiltros se situará entre 0,5 y 5 s;
- f) en el caso de un sistema de dilución de flujo total, el tiempo total de estancia en el sistema desde el punto de introducción del diluyente hasta los portafiltros se situará entre 1 y 5 s y el tiempo de estancia en el sistema de dilución secundario, en caso de utilizarse, será de un mínimo de 0,5 s desde el punto de introducción del diluyente secundario hasta los portafiltros.

Se permite la deshumidificación del diluyente antes de que penetre en el sistema de dilución, lo que resulta especialmente útil si la humedad del diluyente es elevada.

9.4.3. Muestreo de partículas

9.4.3.1. Sistema de dilución de flujo parcial

La sonda de muestreo de partículas se instalará muy cerca de la sonda de muestreo de las emisiones gaseosas, pero a una distancia suficiente para no provocar interferencias. Por consiguiente, también serán aplicables al muestreo de partículas las disposiciones del punto 9.3.2010. La línea de muestreo deberá cumplir los requisitos establecidos en el apéndice 3.

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los "motores en V", se recomienda combinar los colectores antes de la sonda de muestreo. Si esta solución no fuera práctica, se permitirá tomar una muestra del grupo que presente la mayor emisión de partículas. Para calcular las emisiones de escape se utilizará el caudal másico de escape total del colector de admisión.

9.4.3.2. Sistema de dilución de flujo total

La sonda de muestreo de partículas se instalará muy cerca de la sonda de muestreo de emisiones gaseosas, pero a una distancia suficiente para no provocar interferencias en el túnel de dilución. Por consiguiente, también serán aplicables al muestreo de partículas las disposiciones del punto 9.3.11. La línea de muestreo deberá cumplir los requisitos establecidos en el apéndice 3.

9.4.4. Filtros de muestreo de partículas

El filtro utilizado para el muestreo del gas de escape diluido deberá cumplir los requisitos establecidos en los puntos 9.4.4.1 a 9.4.4.3 durante la secuencia de ensayo.

9.4.4.1. Características de los filtros

Todos los tipos de filtros deberán tener una eficiencia de recogida de DOP (ftalato de dioctilo) de $0,3 \mu\text{m}$ de al menos un 99 %. El material filtrante será:

- a) fluorocarburo (PTFE) revestido de fibra de vidrio, o bien
- b) membrana de fluorocarburo (PTFE).

9.4.4.2. Tamaño del filtro

El filtro será circular, con un diámetro nominal de 47 mm (tolerancia de $46,50 \pm 0,6$ mm) y un diámetro expuesto (diámetro de la superficie filtrante) mínimo de 38 mm.

9.4.4.3. Velocidad de entrada en el filtro

La velocidad de entrada en el filtro se situará entre 0,90 y 1,00 m/s; menos del 5 % de los valores del flujo registrados podrán superar este rango. Si la masa total de las partículas en el filtro supera los $400 \mu\text{g}$, la velocidad de entrada en el filtro podrá reducirse a 0,50 m/s. La velocidad de entrada se calculará dividiendo el caudal volumétrico de la muestra a la presión previa al filtro y la temperatura de la superficie del mismo por la superficie expuesta de este.

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

El aire ambiente de la cámara (o de la sala) deberá estar libre de contaminantes ambientales (por ejemplo, polvo, aerosoles o materia semivolátil) que puedan contaminar los filtros de partículas. La cámara de pesaje deberá cumplir las especificaciones establecidas al menos durante los 60 min previos al pesaje de los filtros.

9.4.5.1. 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 $295 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$) durante todo el proceso de acondicionamiento y pesaje de los filtros. La humedad deberá mantenerse en un punto de condensación de $282,5 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$).

Si el medio ambiente de estabilización y el de pesaje son distintos, la temperatura del medio ambiente de estabilización se mantendrá a una tolerancia de $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$), pero el requisito relativo al punto de condensación permanecerá en $282,5 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$).

Se registrará la humedad y la temperatura ambiente.

9.4.5.2. Pesaje del filtro de referencia

En las 12 horas siguientes al pesaje del filtro de muestreo, aunque es preferible hacerlo al mismo tiempo, se pesarán al menos dos filtros de referencia sin usar. Estos filtros serán del mismo material que los filtros de muestreo. Se aplicará la corrección de la flotabilidad a los resultados del pesaje.

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

Los filtros de referencia se sustituirán periódicamente basándose en criterios técnicos bien fundamentados y, en todo caso, al menos una vez al año.

9.4.5.3. Balanza analítica

La balanza analítica utilizada para determinar el peso del filtro deberá cumplir el criterio de verificación de la linealidad establecido en el cuadro 7 del punto 9.2. Ello implica una precisión (desviación típica) mínima de 2 µg y una resolución mínima de 1 µg (1 dígito = 1 µg).

Para garantizar la precisión del pesaje de los filtros, se recomienda adoptar las medidas siguientes:

- a) instalar la balanza en una plataforma que la aisle del ruido exterior y de la vibración;
- b) proteger la balanza de las corrientes de aire convectivas con una pantalla antiestática conectada a tierra.

9.4.5.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

El filtro se neutralizará antes del pesaje, por ejemplo, con un neutralizador de polonio o un dispositivo de efecto similar. Si se utiliza un filtro con membrana de PTFE, se medirá la electricidad estática; se recomienda que esta sea neutra y se sitúe dentro de $\pm 2,0$ V.

La carga de electricidad estática se reducirá al mínimo en el entorno de la balanza. Para ello, se describen estos posibles métodos:

- a) la balanza estará conectada a tierra;
- b) se utilizarán pinzas de acero inoxidable si las muestras de partículas son manipuladas manualmente;
- c) las pinzas estarán conectadas a tierra con una tira para conexión a masa, o el operador llevará una de tales tiras que comparta una puesta a masa común con la balanza. Las tiras para conexión a masa contarán con una resistencia adecuada para proteger a los operarios de los choques eléctricos accidentales.

9.4.5.5. Especificaciones adicionales

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 reduzca al mínimo la deposición o alteración de las partículas. Todos los elementos estarán fabricados con materiales conductores de electricidad que no reaccionen con los componentes del gas de escape, y estarán conectados a tierra para evitar efectos electrostáticos.

9.4.5.6. Calibración de los instrumentos de medición del caudal

Cada caudalímetro utilizado en un muestreo de partículas y un sistema de dilución de flujo parcial será sometido a una verificación de la linealidad, tal como se describe en el punto 9.2.1, con la frecuencia necesaria para satisfacer los requisitos del presente Reglamento. Para los valores de referencia del caudal, se utilizará un caudalímetro preciso, con arreglo a las normas internacionales o nacionales. En el punto 9.4.6.2 se ofrecen los detalles relativos a la calibración para la medición diferencial del caudal.

9.4.6. Requisitos especiales para los sistemas de dilución de flujo parcial

El sistema de dilución de flujo parcial deberá estar diseñado de tal manera que permita tomar una muestra proporcional del gas de escape bruto en el flujo de escape del motor, respondiendo así a las variaciones en el caudal de escape. Para ello, es esencial determinar la relación de dilución o la relación de muestreo r_d o r_s de forma que se respeten los criterios de exactitud establecidos en el punto 9.4.6.2.

9.4.6.1. Tiempo de respuesta del sistema

Para controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesaria una respuesta rápida del sistema. El tiempo de transformación del sistema se determinará mediante el procedimiento descrito en el punto 9.4.6.6. Si el tiempo combinado de transformación de la medición del caudal de escape (véase el punto 8.3.1.2) y del sistema de flujo parcial es $\leq 0,3$ s, podrá utilizarse el control en línea. Si el tiempo de transformación es superior a 0,3 s, se utilizará un control previo basado en un periodo de ensayo pregrabado. En ese caso, el tiempo combinado de subida será ≤ 1 s y el tiempo de retraso combinado, ≤ 10 s.

La respuesta total del sistema estará determinada de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas, $q_{mp,i}$, proporcional al caudal másico de las emisiones de escape. Para determinar la proporcionalidad, se realizará un análisis de regresión de $q_{mp,i}$ en relación con $q_{mew,i}$ a una frecuencia mínima de adquisición de datos de 5 Hz y se cumplirán los criterios siguientes:

- el coeficiente de determinación r^2 de la regresión lineal entre $q_{mp,i}$ y $q_{mew,i}$ no será inferior a 0,95;
- el error típico de estimación de $q_{mp,i}$ sobre $q_{mew,i}$ no será superior al 5 % del valor máximo de q_{mp} ;
- la intersección de la línea de regresión con q_{mp} no será superior a ± 2 % del valor máximo de q_{mp} .

Se requiere un control previo si los tiempos de transformación combinados del sistema de muestreo de partículas, $t_{50,P}$, y de la señal del caudal másico del gas de escape, $t_{50,F}$, son $> 0,3$ s. En ese caso, se realizará un ensayo previo y se utilizará la señal del caudal másico de escape de dicho ensayo para controlar el caudal de muestreo que entra en el sistema de muestreo de partículas. Se consigue un control correcto del sistema de dilución de flujo parcial si la curva del tiempo del valor de $q_{mew,pre}$, del ensayo previo, que controla el valor de q_{mp} , es desplazada un tiempo anticipado de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Para establecer la correlación entre $q_{mp,i}$ y $q_{mew,i}$ se utilizarán los datos registrados durante el ensayo efectivo, con una alineación del tiempo de $q_{mew,i}$ mediante $t_{50,F}$ respecto a $q_{mp,i}$ ($t_{50,P}$ no contribuye a la alineación del tiempo). La diferencia de tiempo entre q_{mew} y q_{mp} equivale, pues, a la diferencia entre sus tiempos de transformación determinados de acuerdo con lo dispuesto en el punto 9.4.6.6.

9.4.6.2. Especificaciones para la medición diferencial del caudal

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

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (83)$$

En ese caso, el error máximo de la diferencia será tal que la exactitud de q_{mp} sea de ± 5 % cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Este puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

Para obtener unas exactitudes admisibles de q_{mp} , podrá utilizarse cualquiera de los métodos siguientes:

- Las exactitudes absolutas de q_{mdew} y q_{mdw} son de $\pm 0,2$ %, lo que garantiza una exactitud de $q_{mp} \leq 5$ % con una relación de dilución de 15. No obstante, se producirán errores mayores si la relación de dilución es superior.

- b) La calibración de q_{mdw} en relación con q_{mdew} se realiza de manera que se obtengan las exactitudes de q_{mp} indicadas en la letra a). En el punto 9.4.6.2 se ofrecen los detalles al respecto.
- c) La exactitud de q_{mp} se determina indirectamente a partir de la exactitud de la relación de dilución determinada mediante un gas trazador, por ejemplo el CO_2 . Se requieren exactitudes de q_{mp} equivalentes a las del método de la letra a).
- d) La exactitud absoluta de q_{mdew} y de q_{mdw} es de $\pm 2\%$ del fondo de escala, el error máximo de la diferencia entre q_{mdew} y q_{mdw} no supera $0,2\%$ y el error de linealidad es de $\pm 0,2\%$ del valor más elevado de q_{mdew} que se observe durante el ensayo.

9.4.6.3. Calibración del sistema de medición diferencial del caudal

El caudalímetro o los instrumentos de medición de caudal se calibrarán siguiendo uno de los procedimientos que se describen a continuación, de modo que el caudal de la sonda de q_{mp} en el túnel cumpla los requisitos de exactitud del punto 9.4.6.2:

- a) El caudalímetro de q_{mdw} estará conectado en serie al caudalímetro de q_{mdew} , y se calibrará la diferencia entre ambos en al menos cinco puntos de reglaje con valores de caudal equidistantes entre el valor de q_{mdw} más bajo utilizado durante el ensayo y el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.
- b) Se conectará en serie un dispositivo de caudal calibrado al caudalímetro de q_{mdew} y se verificará su exactitud para el valor utilizado en el ensayo. El dispositivo de caudal calibrado se conectará en serie al caudalímetro de q_{mdw} y se verificará su precisión en al menos cinco posiciones de reglaje correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 50, en relación con el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo.
- c) Se desconectará del escape el tubo de transferencia (TT) y se conectará a este un dispositivo calibrado de medición de caudal con un intervalo adecuado para medir q_{mp} . El valor de q_{mdew} se ajustará al valor utilizado durante el ensayo y q_{mdw} se ajustará secuencialmente a un mínimo de 5 valores correspondientes a relaciones de dilución de entre 3 y 50. Otra posibilidad consiste en establecer un recorrido especial del caudal de calibración que circunvale el túnel, pero en el que el flujo del aire de dilución y el flujo del aire total pasen por los medidores correspondientes, como en el ensayo real.
- d) Se introducirá un gas trazador en el tubo de transferencia del escape TT. Dicho gas podrá ser un componente del gas de escape, por ejemplo, CO_2 o NO_x . Tras su dilución en el túnel se medirá el gas trazador. Esta operación se realizará para cinco tasas de dilución de entre 3 y 50. La exactitud del caudal de muestreo se determinará a partir de la tasa de dilución r_d :

$$q_{mp} = q_{mdew} - r_d \quad (84)$$

Se tendrán en cuenta las exactitudes de los analizadores de gas para garantizar la exactitud de q_{mp} .

9.4.6.4. Verificación del caudal de carbono

Es muy recomendable verificar el caudal de carbono utilizando el gas de escape real para detectar posibles problemas de medición y control y verificar el buen funcionamiento del sistema de flujo parcial. La verificación del caudal de carbono debería efectuarse al menos cada vez que se instale un motor nuevo o se introduzca un cambio significativo en la configuración de la celda de ensayo.

El motor se hará funcionar al par y régimen máximos o de cualquier otro modo en estado constante que genere al menos un 5% de CO_2 . El sistema de muestreo de flujo parcial funcionará con un factor de dilución de, aproximadamente, 15 a 1.

Si se efectúa una verificación del caudal de carbono, se aplicará el procedimiento previsto en el apéndice 5. Los caudales de carbono se calcularán de acuerdo con las ecuaciones 80 a 82 del apéndice 5. Todos los caudales de carbono deberán coincidir dentro de un margen del 3% .

9.4.6.5. Verificación previa al ensayo

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

La exactitud de los caudalímetros se verificará siguiendo el mismo método utilizado para la calibración (véase el punto 9.4.6.2) en al menos dos puntos, incluyendo los valores de q_{mdw} que correspondan a relaciones de dilución de entre 5 y 15 para el valor de q_{mdew} utilizado durante el ensayo.

Si puede demostrarse, mediante los registros del procedimiento de calibración descrito en el punto 9.4.6.2, que la calibración del caudalímetro se mantiene estable durante un periodo de tiempo más largo, podrá omitirse la verificación previa al ensayo.

9.4.6.6. Determinación del tiempo de transformación

Los reglajes del sistema para la evaluación del tiempo de transformación serán exactamente los mismos que durante la medición en el ensayo. El tiempo de transformación se determinará mediante el método siguiente.

Se instalará en serie, estrechamente acoplado a la sonda, un caudalímetro de referencia independiente con un intervalo de medición adecuado para el caudal de la sonda. Este caudalímetro tendrá un tiempo de transformación inferior a 100 ms para el nivel de caudal utilizado en la medición del tiempo de respuesta, con una restricción del caudal suficientemente baja para no afectar a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial y conforme a las buenas prácticas técnicas.

Se efectuará un cambio escalonado del caudal del gas de escape (o del caudal de aire si se calcula el caudal del gas escape) que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, desde un caudal bajo hasta un mínimo del 90 % del caudal de escape máximo. El detonante del cambio escalonado debería ser el mismo que el utilizado para iniciar el control anticipado en los ensayos reales. El estímulo escalonado del caudal de escape y la respuesta del caudalímetro se registrarán con una frecuencia de muestreo de al menos 10 Hz.

A partir de esos datos, se determinará el tiempo de transformación del sistema de dilución de flujo parcial, es decir, el tiempo que transcurre desde que se activa el estímulo escalonado hasta que se alcanza el punto correspondiente al 50 % de la respuesta del caudalímetro. De manera similar, se determinarán los tiempos de transformación de la señal del valor de q_{mp} del sistema de dilución de flujo parcial y de la señal del valor de $q_{mew,i}$ del caudalímetro de escape. Estas señales se utilizarán en las verificaciones de regresión que se realizan después de cada ensayo (véase el punto 9.4.6.1).

Se repetirá el cálculo para al menos cinco estímulos de subida y bajada y se calculará la media de los resultados. Se restará de este valor el tiempo de transformación interna (< 100 ms) del caudalímetro de referencia. Este será el valor anticipado del sistema de dilución de flujo parcial, que se aplicará de conformidad con lo dispuesto en el punto 9.4.6.1.

9.5. Calibración del sistema de muestreo de volumen constante (CVS)

9.5.1. Generalidades

El sistema de muestreo de volumen constante (CVS) se calibrará utilizando un caudalímetro preciso y un dispositivo limitador. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador, y los parámetros de control del sistema se medirán y se pondrán en relación con el caudal.

Podrán utilizarse varios tipos de caudalímetros, por ejemplo, un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbidímetro calibrado.

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

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán junto con los parámetros relacionados con el venturi de calibración conectado en serie a la bomba. El caudal calculado (en m^3/s en la entrada de la bomba, a una presión y una temperatura absolutas) se representará gráficamente respecto a una función de correlación que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función de correlación. Si se utiliza un CVS con múltiples regímenes, la calibración deberá efectuarse para cada intervalo utilizado.

La temperatura deberá mantenerse estable durante la calibración.

Las fugas en todas las conexiones y los conductos entre el venturi de calibración y la bomba del CVS serán inferiores al 0,3 % del caudal más bajo (restricción más elevada y régimen de la PDP más bajo).

9.5.2.1. Análisis de los datos

El caudal de aire (q_{vCVS}) para cada posición de limitación (mínimo 6 posiciones) se calculará en m^3/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación, el caudal de aire deberá convertirse en caudal de la bomba (V_0), en $m^3/rev.$, a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{q_{vCVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p} \quad (85)$$

donde:

- q_{vCVS} es el caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s
- T es la temperatura en la entrada de la bomba, en K
- p_p es la presión absoluta en la entrada de la bomba, en kPa
- n es el régimen de la bomba, en $rev./s$

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y el índice de deslizamiento de esta última, se calculará la función de correlación (X_0) entre el régimen de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (86)$$

donde:

- Δp_p es la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba, en kPa
- p_p es la presión absoluta en la salida de la bomba, en kPa

Se realizará un ajuste lineal por mínimos cuadrados para generar la ecuación de calibración siguiente:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (87)$$

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

Para un sistema CVS con múltiples regímenes, las curvas de calibración generadas para los distintos intervalos de caudal de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección (D_0) aumentarán a medida que disminuya el intervalo de caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación deberán encontrarse dentro de un margen de $\pm 0,5$ % respecto al valor medido de V_0 . Los valores de m variarán de una bomba a otra. Con el tiempo, el flujo de partículas acabará provocando una disminución del deslizamiento de la bomba, tal como lo refleja el descenso de los valores de m . En consecuencia, la calibración deberá efectuarse en el momento de la puesta en servicio de la bomba, después de una operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

9.5.3. Calibración del venturi de flujo crítico (CFV)

La calibración del CFV se basa en la ecuación del caudal para un venturi crítico. El caudal del gas es función de la presión y la temperatura de entrada del venturi.

Para determinar el intervalo del caudal crítico, K_v , se representará gráficamente como función de la presión en la entrada del venturi. Para el caudal crítico (estrangulado), K_v tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuya la presión (aumente el vacío), desaparece el estrangulamiento del venturi y K_v disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del intervalo admisible.

9.5.3.1. Análisis de los datos

El caudal de aire (q_{vCVS}) para cada posición de limitación (mínimo 8 posiciones) se calculará en m^3/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{p_p} \quad (88)$$

donde:

q_{vCVS} es el caudal de aire en condiciones estándar (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s

T es la temperatura en la entrada del venturi, en K

p_p es la presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

Se calcularán el K_v y la desviación típica. La desviación típica no deberá superar $\pm 0,3\%$ del K_v medio.

9.5.4. Calibración del venturi subsónico (SSV)

La calibración del SSV se basa en la ecuación del caudal para un venturi subsónico. El caudal del gas es función de la presión y la temperatura de entrada y de la caída de la presión entre la entrada y el cuello del SSV, como muestra la ecuación 43 (véase el punto 8.5.1.4)

9.5.4.1. Análisis de los datos

El caudal de aire (Q_{SSV}) para cada posición de limitación (con un mínimo de 16 posiciones) se calculará en m^3/s estándar a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times p_p \times \sqrt{\left[\frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (89)$$

donde:

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

T es la temperatura en la entrada del venturi, en K

d_v es el diámetro del cuello del SSV, en m

r_p es la relación del cuello del SSV con la presión estática absoluta de entrada = $1 - \frac{\Delta p}{p_p}$

r_D es la relación del diámetro del cuello del SSV, d_v , con el diámetro interior del tubo de entrada D .

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

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu} \quad (90)$$

con

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (91)$$

donde:

A_1 es 25,55152 en las unidades SI de $\left(\frac{1}{m^3}\right)\left(\frac{\text{min}}{s}\right)\left(\frac{\text{mm}}{m}\right)$

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

d_v es el diámetro del cuello del SSV, en m

μ es la viscosidad absoluta o dinámica del gas, en kg/ms

b es $1,458 \times 10^6$ (constante empírica), en $\text{kg/ms K}^{0,5}$

S es 110,4 (constante empírica), en K.

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

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

9.5.5. Verificación de todo el sistema

La exactitud total del sistema de muestro de volumen constante (CVS) y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras este funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de acuerdo con el punto 8.5.2.4, excepto en el caso del propano, para el que se utilizará un factor u de 0,000472 en lugar del factor 0,000480 utilizado para los demás hidrocarburos. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

9.5.5.1. Medición con un orificio de flujo crítico

Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de flujo crítico calibrado. Si la presión de entrada es suficientemente alta, el caudal, que se regula mediante el orificio de flujo crítico, es independiente de la presión de salida del orificio (flujo crítico). El sistema CVS deberá funcionar como en un ensayo de emisiones de escape normal durante 5 a 10 minutos aproximadamente. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración), y se calculará la masa del gas.

La masa determinada deberá encontrarse dentro de un margen de ± 3 % respecto a la masa conocida del gas inyectado.

9.5.5.2. Medición por medio de una técnica gravimétrica

Se determinará la masa de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de $\pm 0,01$ g. Durante 5 a 10 minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en un ensayo de emisiones de escape normal, mientras se inyecta monóxido de carbono o propano en el sistema. La cantidad de gas puro introducido se determinará mediante pesaje diferencial. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración), y se calculará la masa del gas.

La masa determinada deberá encontrarse dentro de un margen de ± 3 % respecto a la masa conocida del gas inyectado.

APÉNDICE 1

PROGRAMA DINAMOMÉTRICO DEL MOTOR DURANTE EL WHTC

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0,0	0,0	50	0,0	13,1	99	35,6	25,2
2	0,0	0,0	51	13,1	30,1	100	36,1	24,8
3	0,0	0,0	52	26,3	25,5	101	36,3	24,0
4	0,0	0,0	53	35,0	32,2	102	36,2	23,6
5	0,0	0,0	54	41,7	14,3	103	36,2	23,5
6	0,0	0,0	55	42,2	0,0	104	36,8	22,7
7	1,5	8,9	56	42,8	11,6	105	37,2	20,9
8	15,8	30,9	57	51,0	20,9	106	37,0	19,2
9	27,4	1,3	58	60,0	9,6	107	36,3	18,4
10	32,6	0,7	59	49,4	0,0	108	35,4	17,6
11	34,8	1,2	60	38,9	16,6	109	35,2	14,9
12	36,2	7,4	61	43,4	30,8	110	35,4	9,9
13	37,1	6,2	62	49,4	14,2	111	35,5	4,3
14	37,9	10,2	63	40,5	0,0	112	35,2	6,6
15	39,6	12,3	64	31,5	43,5	113	34,9	10,0
16	42,3	12,5	65	36,6	78,2	114	34,7	25,1
17	45,3	12,6	66	40,8	67,6	115	34,4	29,3
18	48,6	6,0	67	44,7	59,1	116	34,5	20,7
19	40,8	0,0	68	48,3	52,0	117	35,2	16,6
20	33,0	16,3	69	51,9	63,8	118	35,8	16,2
21	42,5	27,4	70	54,7	27,9	119	35,6	20,3
22	49,3	26,7	71	55,3	18,3	120	35,3	22,5
23	54,0	18,0	72	55,1	16,3	121	35,3	23,4
24	57,1	12,9	73	54,8	11,1	122	34,7	11,9
25	58,9	8,6	74	54,7	11,5	123	45,5	0,0
26	59,3	6,0	75	54,8	17,5	124	56,3	m
27	59,0	4,9	76	55,6	18,0	125	46,2	m
28	57,9	m	77	57,0	14,1	126	50,1	0,0
29	55,7	m	78	58,1	7,0	127	54,0	m
30	52,1	m	79	43,3	0,0	128	40,5	m
31	46,4	m	80	28,5	25,0	129	27,0	m
32	38,6	m	81	30,4	47,8	130	13,5	m
33	29,0	m	82	32,1	39,2	131	0,0	0,0
34	20,8	m	83	32,7	39,3	132	0,0	0,0
35	16,9	m	84	32,4	17,3	133	0,0	0,0
36	16,9	42,5	85	31,6	11,4	134	0,0	0,0
37	18,8	38,4	86	31,1	10,2	135	0,0	0,0
38	20,7	32,9	87	31,1	19,5	136	0,0	0,0
39	21,0	0,0	88	31,4	22,5	137	0,0	0,0
40	19,1	0,0	89	31,6	22,9	138	0,0	0,0
41	13,7	0,0	90	31,6	24,3	139	0,0	0,0
42	2,2	0,0	91	31,9	26,9	140	0,0	0,0
43	0,0	0,0	92	32,4	30,6	141	0,0	0,0
44	0,0	0,0	93	32,8	32,7	142	0,0	4,9
45	0,0	0,0	94	33,7	32,5	143	0,0	7,3
46	0,0	0,0	95	34,4	29,5	144	4,4	28,7
47	0,0	0,0	96	34,3	26,5	145	11,1	26,4
48	0,0	0,0	97	34,4	24,7	146	15,0	9,4
49	0,0	0,0	98	35,0	24,9	147	15,9	0,0

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
148	15,3	0,0	201	0,0	0,0	254	9,4	13,6
149	14,2	0,0	202	0,0	0,0	255	22,2	16,9
150	13,2	0,0	203	0,0	0,0	256	33,0	53,5
151	11,6	0,0	204	0,0	0,0	257	43,7	22,1
152	8,4	0,0	205	0,0	0,0	258	39,8	0,0
153	5,4	0,0	206	0,0	0,0	259	36,0	45,7
154	4,3	5,6	207	0,0	0,0	260	47,6	75,9
155	5,8	24,4	208	0,0	0,0	261	61,2	70,4
156	9,7	20,7	209	0,0	0,0	262	72,3	70,4
157	13,6	21,1	210	0,0	0,0	263	76,0	m
158	15,6	21,5	211	0,0	0,0	264	74,3	m
159	16,5	21,9	212	0,0	0,0	265	68,5	m
160	18,0	22,3	213	0,0	0,0	266	61,0	m
161	21,1	46,9	214	0,0	0,0	267	56,0	m
162	25,2	33,6	215	0,0	0,0	268	54,0	m
163	28,1	16,6	216	0,0	0,0	269	53,0	m
164	28,8	7,0	217	0,0	0,0	270	50,8	m
165	27,5	5,0	218	0,0	0,0	271	46,8	m
166	23,1	3,0	219	0,0	0,0	272	41,7	m
167	16,9	1,9	220	0,0	0,0	273	35,9	m
168	12,2	2,6	221	0,0	0,0	274	29,2	m
169	9,9	3,2	222	0,0	0,0	275	20,7	m
170	9,1	4,0	223	0,0	0,0	276	10,1	m
171	8,8	3,8	224	0,0	0,0	277	0,0	m
172	8,5	12,2	225	0,0	0,0	278	0,0	0,0
173	8,2	29,4	226	0,0	0,0	279	0,0	0,0
174	9,6	20,1	227	0,0	0,0	280	0,0	0,0
175	14,7	16,3	228	0,0	0,0	281	0,0	0,0
176	24,5	8,7	229	0,0	0,0	282	0,0	0,0
177	39,4	3,3	230	0,0	0,0	283	0,0	0,0
178	39,0	2,9	231	0,0	0,0	284	0,0	0,0
179	38,5	5,9	232	0,0	0,0	285	0,0	0,0
180	42,4	8,0	233	0,0	0,0	286	0,0	0,0
181	38,2	6,0	234	0,0	0,0	287	0,0	0,0
182	41,4	3,8	235	0,0	0,0	288	0,0	0,0
183	44,6	5,4	236	0,0	0,0	289	0,0	0,0
184	38,8	8,2	237	0,0	0,0	290	0,0	0,0
185	37,5	8,9	238	0,0	0,0	291	0,0	0,0
186	35,4	7,3	239	0,0	0,0	292	0,0	0,0
187	28,4	7,0	240	0,0	0,0	293	0,0	0,0
188	14,8	7,0	241	0,0	0,0	294	0,0	0,0
189	0,0	5,9	242	0,0	0,0	295	0,0	0,0
190	0,0	0,0	243	0,0	0,0	296	0,0	0,0
191	0,0	0,0	244	0,0	0,0	297	0,0	0,0
192	0,0	0,0	245	0,0	0,0	298	0,0	0,0
193	0,0	0,0	246	0,0	0,0	299	0,0	0,0
194	0,0	0,0	247	0,0	0,0	300	0,0	0,0
195	0,0	0,0	248	0,0	0,0	301	0,0	0,0
196	0,0	0,0	249	0,0	0,0	302	0,0	0,0
197	0,0	0,0	250	0,0	0,0	303	0,0	0,0
198	0,0	0,0	251	0,0	0,0	304	0,0	0,0
199	0,0	0,0	252	0,0	0,0	305	0,0	0,0
200	0,0	0,0	253	0,0	31,6	306	0,0	0,0

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
307	0,0	0,0	360	38,8	0,0	413	53,1	m
308	0,0	0,0	361	30,0	37,0	414	51,8	m
309	0,0	0,0	362	37,0	63,6	415	50,3	m
310	0,0	0,0	363	45,5	90,8	416	48,4	m
311	0,0	0,0	364	54,5	40,9	417	45,9	m
312	0,0	0,0	365	45,9	0,0	418	43,1	m
313	0,0	0,0	366	37,2	47,5	419	40,1	m
314	0,0	0,0	367	44,5	84,4	420	37,4	m
315	0,0	0,0	368	51,7	32,4	421	35,1	m
316	0,0	0,0	369	58,1	15,2	422	32,8	m
317	0,0	0,0	370	45,9	0,0	423	45,3	0,0
318	0,0	0,0	371	33,6	35,8	424	57,8	m
319	0,0	0,0	372	36,9	67,0	425	50,6	m
320	0,0	0,0	373	40,2	84,7	426	41,6	m
321	0,0	0,0	374	43,4	84,3	427	47,9	0,0
322	0,0	0,0	375	45,7	84,3	428	54,2	m
323	0,0	0,0	376	46,5	m	429	48,1	m
324	4,5	41,0	377	46,1	m	430	47,0	31,3
325	17,2	38,9	378	43,9	m	431	49,0	38,3
326	30,1	36,8	379	39,3	m	432	52,0	40,1
327	41,0	34,7	380	47,0	m	433	53,3	14,5
328	50,0	32,6	381	54,6	m	434	52,6	0,8
329	51,4	0,1	382	62,0	m	435	49,8	m
330	47,8	m	383	52,0	m	436	51,0	18,6
331	40,2	m	384	43,0	m	437	56,9	38,9
332	32,0	m	385	33,9	m	438	67,2	45,0
333	24,4	m	386	28,4	m	439	78,6	21,5
334	16,8	m	387	25,5	m	440	65,5	0,0
335	8,1	m	388	24,6	11,0	441	52,4	31,3
336	0,0	m	389	25,2	14,7	442	56,4	60,1
337	0,0	0,0	390	28,6	28,4	443	59,7	29,2
338	0,0	0,0	391	35,5	65,0	444	45,1	0,0
339	0,0	0,0	392	43,8	75,3	445	30,6	4,2
340	0,0	0,0	393	51,2	34,2	446	30,9	8,4
341	0,0	0,0	394	40,7	0,0	447	30,5	4,3
342	0,0	0,0	395	30,3	45,4	448	44,6	0,0
343	0,0	0,0	396	34,2	83,1	449	58,8	m
344	0,0	0,0	397	37,6	85,3	450	55,1	m
345	0,0	0,0	398	40,8	87,5	451	50,6	m
346	0,0	0,0	399	44,8	89,7	452	45,3	m
347	0,0	0,0	400	50,6	91,9	453	39,3	m
348	0,0	0,0	401	57,6	94,1	454	49,1	0,0
349	0,0	0,0	402	64,6	44,6	455	58,8	m
350	0,0	0,0	403	51,6	0,0	456	50,7	m
351	0,0	0,0	404	38,7	37,4	457	42,4	m
352	0,0	0,0	405	42,4	70,3	458	44,1	0,0
353	0,0	0,0	406	46,5	89,1	459	45,7	m
354	0,0	0,5	407	50,6	93,9	460	32,5	m
355	0,0	4,9	408	53,8	33,0	461	20,7	m
356	9,2	61,3	409	55,5	20,3	462	10,0	m
357	22,4	40,4	410	55,8	5,2	463	0,0	0,0
358	36,5	50,1	411	55,4	m	464	0,0	1,5
359	47,7	21,0	412	54,4	m	465	0,9	41,1

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
466	7,0	46,3	519	30,4	25,1	572	40,7	39,7
467	12,8	48,5	520	32,6	60,5	573	43,8	37,1
468	17,0	50,7	521	35,4	72,7	574	48,1	39,1
469	20,9	52,9	522	38,4	88,2	575	52,0	22,0
470	26,7	55,0	523	41,0	65,1	576	54,7	13,2
471	35,5	57,2	524	42,9	25,6	577	56,4	13,2
472	46,9	23,8	525	44,2	15,8	578	57,5	6,6
473	44,5	0,0	526	44,9	2,9	579	42,6	0,0
474	42,1	45,7	527	45,1	m	580	27,7	10,9
475	55,6	77,4	528	44,8	m	581	28,5	21,3
476	68,8	100,0	529	43,9	m	582	29,2	23,9
477	81,7	47,9	530	42,4	m	583	29,5	15,2
478	71,2	0,0	531	40,2	m	584	29,7	8,8
479	60,7	38,3	532	37,1	m	585	30,4	20,8
480	68,8	72,7	533	47,0	0,0	586	31,9	22,9
481	75,0	m	534	57,0	m	587	34,3	61,4
482	61,3	m	535	45,1	m	588	37,2	76,6
483	53,5	m	536	32,6	m	589	40,1	27,5
484	45,9	58,0	537	46,8	0,0	590	42,3	25,4
485	48,1	80,0	538	61,5	m	591	43,5	32,0
486	49,4	97,9	539	56,7	m	592	43,8	6,0
487	49,7	m	540	46,9	m	593	43,5	m
488	48,7	m	541	37,5	m	594	42,8	m
489	45,5	m	542	30,3	m	595	41,7	m
490	40,4	m	543	27,3	32,3	596	40,4	m
491	49,7	0,0	544	30,8	60,3	597	39,3	m
492	59,0	m	545	41,2	62,3	598	38,9	12,9
493	48,9	m	546	36,0	0,0	599	39,0	18,4
494	40,0	m	547	30,8	32,3	600	39,7	39,2
495	33,5	m	548	33,9	60,3	601	41,4	60,0
496	30,0	m	549	34,6	38,4	602	43,7	54,5
497	29,1	12,0	550	37,0	16,6	603	46,2	64,2
498	29,3	40,4	551	42,7	62,3	604	48,8	73,3
499	30,4	29,3	552	50,4	28,1	605	51,0	82,3
500	32,2	15,4	553	40,1	0,0	606	52,1	0,0
501	33,9	15,8	554	29,9	8,0	607	52,0	m
502	35,3	14,9	555	32,5	15,0	608	50,9	m
503	36,4	15,1	556	34,6	63,1	609	49,4	m
504	38,0	15,3	557	36,7	58,0	610	47,8	m
505	40,3	50,9	558	39,4	52,9	611	46,6	m
506	43,0	39,7	559	42,8	47,8	612	47,3	35,3
507	45,5	20,6	560	46,8	42,7	613	49,2	74,1
508	47,3	20,6	561	50,7	27,5	614	51,1	95,2
509	48,8	22,1	562	53,4	20,7	615	51,7	m
510	50,1	22,1	563	54,2	13,1	616	50,8	m
511	51,4	42,4	564	54,2	0,4	617	47,3	m
512	52,5	31,9	565	53,4	0,0	618	41,8	m
513	53,7	21,6	566	51,4	m	619	36,4	m
514	55,1	11,6	567	48,7	m	620	30,9	m
515	56,8	5,7	568	45,6	m	621	25,5	37,1
516	42,4	0,0	569	42,4	m	622	33,8	38,4
517	27,9	8,2	570	40,4	m	623	42,1	m
518	29,0	15,9	571	39,8	5,8	624	34,1	m

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
625	33,0	37,1	678	81,8	78,2	731	0,0	0,0
626	36,4	38,4	679	84,1	39,0	732	0,0	0,0
627	43,3	17,1	680	69,6	0,0	733	0,0	0,0
628	35,7	0,0	681	55,0	25,2	734	0,0	0,0
629	28,1	11,6	682	55,8	49,9	735	0,0	0,0
630	36,5	19,2	683	56,7	46,4	736	0,0	0,0
631	45,2	8,3	684	57,6	76,3	737	0,0	0,0
632	36,5	0,0	685	58,4	92,7	738	0,0	0,0
633	27,9	32,6	686	59,3	99,9	739	0,0	0,0
634	31,5	59,6	687	60,1	95,0	740	0,0	0,0
635	34,4	65,2	688	61,0	46,7	741	0,0	0,0
636	37,0	59,6	689	46,6	0,0	742	0,0	0,0
637	39,0	49,0	690	32,3	34,6	743	0,0	0,0
638	40,2	m	691	32,7	68,6	744	0,0	0,0
639	39,8	m	692	32,6	67,0	745	0,0	0,0
640	36,0	m	693	31,3	m	746	0,0	0,0
641	29,7	m	694	28,1	m	747	0,0	0,0
642	21,5	m	695	43,0	0,0	748	0,0	0,0
643	14,1	m	696	58,0	m	749	0,0	0,0
644	0,0	0,0	697	58,9	m	750	0,0	0,0
645	0,0	0,0	698	49,4	m	751	0,0	0,0
646	0,0	0,0	699	41,5	m	752	0,0	0,0
647	0,0	0,0	700	48,4	0,0	753	0,0	0,0
648	0,0	0,0	701	55,3	m	754	0,0	0,0
649	0,0	0,0	702	41,8	m	755	0,0	0,0
650	0,0	0,0	703	31,6	m	756	0,0	0,0
651	0,0	0,0	704	24,6	m	757	0,0	0,0
652	0,0	0,0	705	15,2	m	758	0,0	0,0
653	0,0	0,0	706	7,0	m	759	0,0	0,0
654	0,0	0,0	707	0,0	0,0	760	0,0	0,0
655	0,0	0,0	708	0,0	0,0	761	0,0	0,0
656	0,0	3,4	709	0,0	0,0	762	0,0	0,0
657	1,4	22,0	710	0,0	0,0	763	0,0	0,0
658	10,1	45,3	711	0,0	0,0	764	0,0	0,0
659	21,5	10,0	712	0,0	0,0	765	0,0	0,0
660	32,2	0,0	713	0,0	0,0	766	0,0	0,0
661	42,3	46,0	714	0,0	0,0	767	0,0	0,0
662	57,1	74,1	715	0,0	0,0	768	0,0	0,0
663	72,1	34,2	716	0,0	0,0	769	0,0	0,0
664	66,9	0,0	717	0,0	0,0	770	0,0	0,0
665	60,4	41,8	718	0,0	0,0	771	0,0	22,0
666	69,1	79,0	719	0,0	0,0	772	4,5	25,8
667	77,1	38,3	720	0,0	0,0	773	15,5	42,8
668	63,1	0,0	721	0,0	0,0	774	30,5	46,8
669	49,1	47,9	722	0,0	0,0	775	45,5	29,3
670	53,4	91,3	723	0,0	0,0	776	49,2	13,6
671	57,5	85,7	724	0,0	0,0	777	39,5	0,0
672	61,5	89,2	725	0,0	0,0	778	29,7	15,1
673	65,5	85,9	726	0,0	0,0	779	34,8	26,9
674	69,5	89,5	727	0,0	0,0	780	40,0	13,6
675	73,1	75,5	728	0,0	0,0	781	42,2	m
676	76,2	73,6	729	0,0	0,0	782	42,1	m
677	79,1	75,6	730	0,0	0,0	783	40,8	m

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
784	37,7	37,6	837	44,5	m	890	26,6	m
785	47,0	35,0	838	40,9	m	891	20,0	m
786	48,8	33,4	839	38,1	m	892	13,3	m
787	41,7	m	840	37,2	42,7	893	6,7	m
788	27,7	m	841	37,5	70,8	894	0,0	0,0
789	17,2	m	842	39,1	48,6	895	0,0	0,0
790	14,0	37,6	843	41,3	0,1	896	0,0	0,0
791	18,4	25,0	844	42,3	m	897	0,0	0,0
792	27,6	17,7	845	42,0	m	898	0,0	0,0
793	39,8	6,8	846	40,8	m	899	0,0	0,0
794	34,3	0,0	847	38,6	m	900	0,0	0,0
795	28,7	26,5	848	35,5	m	901	0,0	5,8
796	41,5	40,9	849	32,1	m	902	2,5	27,9
797	53,7	17,5	850	29,6	m	903	12,4	29,0
798	42,4	0,0	851	28,8	39,9	904	19,4	30,1
799	31,2	27,3	852	29,2	52,9	905	29,3	31,2
800	32,3	53,2	853	30,9	76,1	906	37,1	10,4
801	34,5	60,6	854	34,3	76,5	907	40,6	4,9
802	37,6	68,0	855	38,3	75,5	908	35,8	0,0
803	41,2	75,4	856	42,5	74,8	909	30,9	7,6
804	45,8	82,8	857	46,6	74,2	910	35,4	13,8
805	52,3	38,2	858	50,7	76,2	911	36,5	11,1
806	42,5	0,0	859	54,8	75,1	912	40,8	48,5
807	32,6	30,5	860	58,7	36,3	913	49,8	3,7
808	35,0	57,9	861	45,2	0,0	914	41,2	0,0
809	36,0	77,3	862	31,8	37,2	915	32,7	29,7
810	37,1	96,8	863	33,8	71,2	916	39,4	52,1
811	39,6	80,8	864	35,5	46,4	917	48,8	22,7
812	43,4	78,3	865	36,6	33,6	918	41,6	0,0
813	47,2	73,4	866	37,2	20,0	919	34,5	46,6
814	49,6	66,9	867	37,2	m	920	39,7	84,4
815	50,2	62,0	868	37,0	m	921	44,7	83,2
816	50,2	57,7	869	36,6	m	922	49,5	78,9
817	50,6	62,1	870	36,0	m	923	52,3	83,8
818	52,3	62,9	871	35,4	m	924	53,4	77,7
819	54,8	37,5	872	34,7	m	925	52,1	69,6
820	57,0	18,3	873	34,1	m	926	47,9	63,6
821	42,3	0,0	874	33,6	m	927	46,4	55,2
822	27,6	29,1	875	33,3	m	928	46,5	53,6
823	28,4	57,0	876	33,1	m	929	46,4	62,3
824	29,1	51,8	877	32,7	m	930	46,1	58,2
825	29,6	35,3	878	31,4	m	931	46,2	61,8
826	29,7	33,3	879	45,0	0,0	932	47,3	62,3
827	29,8	17,7	880	58,5	m	933	49,3	57,1
828	29,5	m	881	53,7	m	934	52,6	58,1
829	28,9	m	882	47,5	m	935	56,3	56,0
830	43,0	0,0	883	40,6	m	936	59,9	27,2
831	57,1	m	884	34,1	m	937	45,8	0,0
832	57,7	m	885	45,3	0,0	938	31,8	28,8
833	56,0	m	886	56,4	m	939	32,7	56,5
834	53,8	m	887	51,0	m	940	33,4	62,8
835	51,2	m	888	44,5	m	941	34,6	68,2
836	48,1	m	889	36,4	m	942	35,8	68,6

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
943	38,6	65,0	996	53,5	m	1049	28,2	15,7
944	42,3	61,9	997	47,8	m	1050	29,2	30,5
945	44,1	65,3	998	41,9	m	1051	31,1	52,6
946	45,3	63,2	999	35,9	m	1052	33,4	60,7
947	46,5	30,6	1000	44,3	0,0	1053	35,0	61,4
948	46,7	11,1	1001	52,6	m	1054	35,3	18,2
949	45,9	16,1	1002	43,4	m	1055	35,2	14,9
950	45,6	21,8	1003	50,6	0,0	1056	34,9	11,7
951	45,9	24,2	1004	57,8	m	1057	34,5	12,9
952	46,5	24,7	1005	51,6	m	1058	34,1	15,5
953	46,7	24,7	1006	44,8	m	1059	33,5	m
954	46,8	28,2	1007	48,6	0,0	1060	31,8	m
955	47,2	31,2	1008	52,4	m	1061	30,1	m
956	47,6	29,6	1009	45,4	m	1062	29,6	10,3
957	48,2	31,2	1010	37,2	m	1063	30,0	26,5
958	48,6	33,5	1011	26,3	m	1064	31,0	18,8
959	48,8	m	1012	17,9	m	1065	31,5	26,5
960	47,6	m	1013	16,2	1,9	1066	31,7	m
961	46,3	m	1014	17,8	7,5	1067	31,5	m
962	45,2	m	1015	25,2	18,0	1068	30,6	m
963	43,5	m	1016	39,7	6,5	1069	30,0	m
964	41,4	m	1017	38,6	0,0	1070	30,0	m
965	40,3	m	1018	37,4	5,4	1071	29,4	m
966	39,4	m	1019	43,4	9,7	1072	44,3	0,0
967	38,0	m	1020	46,9	15,7	1073	59,2	m
968	36,3	m	1021	52,5	13,1	1074	58,3	m
969	35,3	5,8	1022	56,2	6,3	1075	57,1	m
970	35,4	30,2	1023	44,0	0,0	1076	55,4	m
971	36,6	55,6	1024	31,8	20,9	1077	53,5	m
972	38,6	48,5	1025	38,7	36,3	1078	51,5	m
973	39,9	41,8	1026	47,7	47,5	1079	49,7	m
974	40,3	38,2	1027	54,5	22,0	1080	47,9	m
975	40,8	35,0	1028	41,3	0,0	1081	46,4	m
976	41,9	32,4	1029	28,1	26,8	1082	45,5	m
977	43,2	26,4	1030	31,6	49,2	1083	45,2	m
978	43,5	m	1031	34,5	39,5	1084	44,3	m
979	42,9	m	1032	36,4	24,0	1085	43,6	m
980	41,5	m	1033	36,7	m	1086	43,1	m
981	40,9	m	1034	35,5	m	1087	42,5	25,6
982	40,5	m	1035	33,8	m	1088	43,3	25,7
983	39,5	m	1036	33,7	19,8	1089	46,3	24,0
984	38,3	m	1037	35,3	35,1	1090	47,8	20,6
985	36,9	m	1038	38,0	33,9	1091	47,2	3,8
986	35,4	m	1039	40,1	34,5	1092	45,6	4,4
987	34,5	m	1040	42,2	40,4	1093	44,6	4,1
988	33,9	m	1041	45,2	44,0	1094	44,1	m
989	32,6	m	1042	48,3	35,9	1095	42,9	m
990	30,9	m	1043	50,1	29,6	1096	40,9	m
991	29,9	m	1044	52,3	38,5	1097	39,2	m
992	29,2	m	1045	55,3	57,7	1098	37,0	m
993	44,1	0,0	1046	57,0	50,7	1099	35,1	2,0
994	59,1	m	1047	57,7	25,2	1100	35,6	43,3
995	56,8	m	1048	42,9	0,0	1101	38,7	47,6

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1102	41,3	40,4	1155	0,0	0,0	1208	44,9	0,0
1103	42,6	45,7	1156	0,0	0,0	1209	34,9	47,4
1104	43,9	43,3	1157	0,0	0,0	1210	42,7	82,7
1105	46,9	41,2	1158	0,0	0,0	1211	52,0	81,2
1106	52,4	40,1	1159	0,0	0,0	1212	61,8	82,7
1107	56,3	39,3	1160	0,0	0,0	1213	71,3	39,1
1108	57,4	25,5	1161	0,0	0,0	1214	58,1	0,0
1109	57,2	25,4	1162	0,0	0,0	1215	44,9	42,5
1110	57,0	25,4	1163	0,0	0,0	1216	46,3	83,3
1111	56,8	25,3	1164	0,0	0,0	1217	46,8	74,1
1112	56,3	25,3	1165	0,0	0,0	1218	48,1	75,7
1113	55,6	25,2	1166	0,0	0,0	1219	50,5	75,8
1114	56,2	25,2	1167	0,0	0,0	1220	53,6	76,7
1115	58,0	12,4	1168	0,0	0,0	1221	56,9	77,1
1116	43,4	0,0	1169	0,0	0,0	1222	60,2	78,7
1117	28,8	26,2	1170	0,0	0,0	1223	63,7	78,0
1118	30,9	49,9	1171	0,0	0,0	1224	67,2	79,6
1119	32,3	40,5	1172	0,0	0,0	1225	70,7	80,9
1120	32,5	12,4	1173	0,0	0,0	1226	74,1	81,1
1121	32,4	12,2	1174	0,0	0,0	1227	77,5	83,6
1122	32,1	6,4	1175	0,0	0,0	1228	80,8	85,6
1123	31,0	12,4	1176	0,0	0,0	1229	84,1	81,6
1124	30,1	18,5	1177	0,0	0,0	1230	87,4	88,3
1125	30,4	35,6	1178	0,0	0,0	1231	90,5	91,9
1126	31,2	30,1	1179	0,0	0,0	1232	93,5	94,1
1127	31,5	30,8	1180	0,0	0,0	1233	96,8	96,6
1128	31,5	26,9	1181	0,0	0,0	1234	100,0	m
1129	31,7	33,9	1182	0,0	0,0	1235	96,0	m
1130	32,0	29,9	1183	0,0	0,0	1236	81,9	m
1131	32,1	m	1184	0,0	0,0	1237	68,1	m
1132	31,4	m	1185	0,0	0,0	1238	58,1	84,7
1133	30,3	m	1186	0,0	0,0	1239	58,5	85,4
1134	29,8	m	1187	0,0	0,0	1240	59,5	85,6
1135	44,3	0,0	1188	0,0	0,0	1241	61,0	86,6
1136	58,9	m	1189	0,0	0,0	1242	62,6	86,8
1137	52,1	m	1190	0,0	0,0	1243	64,1	87,6
1138	44,1	m	1191	0,0	0,0	1244	65,4	87,5
1139	51,7	0,0	1192	0,0	0,0	1245	66,7	87,8
1140	59,2	m	1193	0,0	0,0	1246	68,1	43,5
1141	47,2	m	1194	0,0	0,0	1247	55,2	0,0
1142	35,1	0,0	1195	0,0	0,0	1248	42,3	37,2
1143	23,1	m	1196	0,0	20,4	1249	43,0	73,6
1144	13,1	m	1197	12,6	41,2	1250	43,5	65,1
1145	5,0	m	1198	27,3	20,4	1251	43,8	53,1
1146	0,0	0,0	1199	40,4	7,6	1252	43,9	54,6
1147	0,0	0,0	1200	46,1	m	1253	43,9	41,2
1148	0,0	0,0	1201	44,6	m	1254	43,8	34,8
1149	0,0	0,0	1202	42,7	14,7	1255	43,6	30,3
1150	0,0	0,0	1203	42,9	7,3	1256	43,3	21,9
1151	0,0	0,0	1204	36,1	0,0	1257	42,8	19,9
1152	0,0	0,0	1205	29,3	15,0	1258	42,3	m
1153	0,0	0,0	1206	43,8	22,6	1259	41,4	m
1154	0,0	0,0	1207	54,9	9,9	1260	40,2	m

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1261	38,7	m	1314	51,0	100,0	1367	29,9	m
1262	37,1	m	1315	51,9	100,0	1368	28,7	m
1263	35,6	m	1316	52,6	100,0	1369	29,0	58,6
1264	34,2	m	1317	52,8	32,4	1370	29,7	88,5
1265	32,9	m	1318	47,7	0,0	1371	31,0	86,3
1266	31,8	m	1319	42,6	27,4	1372	31,8	43,4
1267	30,7	m	1320	42,1	53,5	1373	31,7	m
1268	29,6	m	1321	41,8	44,5	1374	29,9	m
1269	40,4	0,0	1322	41,4	41,1	1375	40,2	0,0
1270	51,2	m	1323	41,0	21,0	1376	50,4	m
1271	49,6	m	1324	40,3	0,0	1377	47,9	m
1272	48,0	m	1325	39,3	1,0	1378	45,0	m
1273	46,4	m	1326	38,3	15,2	1379	43,0	m
1274	45,0	m	1327	37,6	57,8	1380	40,6	m
1275	43,6	m	1328	37,3	73,2	1381	55,5	0,0
1276	42,3	m	1329	37,3	59,8	1382	70,4	41,7
1277	41,0	m	1330	37,4	52,2	1383	73,4	83,2
1278	39,6	m	1331	37,4	16,9	1384	74,0	83,7
1279	38,3	m	1332	37,1	34,3	1385	74,9	41,7
1280	37,1	m	1333	36,7	51,9	1386	60,0	0,0
1281	35,9	m	1334	36,2	25,3	1387	45,1	41,6
1282	34,6	m	1335	35,6	m	1388	47,7	84,2
1283	33,0	m	1336	34,6	m	1389	50,4	50,2
1284	31,1	m	1337	33,2	m	1390	53,0	26,1
1285	29,2	m	1338	31,6	m	1391	59,5	0,0
1286	43,3	0,0	1339	30,1	m	1392	66,2	38,4
1287	57,4	32,8	1340	28,8	m	1393	66,4	76,7
1288	59,9	65,4	1341	28,0	29,5	1394	67,6	100,0
1289	61,9	76,1	1342	28,6	100,0	1395	68,4	76,6
1290	65,6	73,7	1343	28,8	97,3	1396	68,2	47,2
1291	69,9	79,3	1344	28,8	73,4	1397	69,0	81,4
1292	74,1	81,3	1345	29,6	56,9	1398	69,7	40,6
1293	78,3	83,2	1346	30,3	91,7	1399	54,7	0,0
1294	82,6	86,0	1347	31,0	90,5	1400	39,8	19,9
1295	87,0	89,5	1348	31,8	81,7	1401	36,3	40,0
1296	91,2	90,8	1349	32,6	79,5	1402	36,7	59,4
1297	95,3	45,9	1350	33,5	86,9	1403	36,6	77,5
1298	81,0	0,0	1351	34,6	100,0	1404	36,8	94,3
1299	66,6	38,2	1352	35,6	78,7	1405	36,8	100,0
1300	67,9	75,5	1353	36,4	50,5	1406	36,4	100,0
1301	68,4	80,5	1354	37,0	57,0	1407	36,3	79,7
1302	69,0	85,5	1355	37,3	69,1	1408	36,7	49,5
1303	70,0	85,2	1356	37,6	49,5	1409	36,6	39,3
1304	71,6	85,9	1357	37,8	44,4	1410	37,3	62,8
1305	73,3	86,2	1358	37,8	43,4	1411	38,1	73,4
1306	74,8	86,5	1359	37,8	34,8	1412	39,0	72,9
1307	76,3	42,9	1360	37,6	24,0	1413	40,2	72,0
1308	63,3	0,0	1361	37,2	m	1414	41,5	71,2
1309	50,4	21,2	1362	36,3	m	1415	42,9	77,3
1310	50,6	42,3	1363	35,1	m	1416	44,4	76,6
1311	50,6	53,7	1364	33,7	m	1417	45,4	43,1
1312	50,4	90,1	1365	32,4	m	1418	45,3	53,9
1313	50,5	97,1	1366	31,1	m	1419	45,1	64,8

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1420	46,5	74,2	1473	50,4	83,4	1526	48,8	23,0
1421	47,7	75,2	1474	51,4	90,6	1527	49,1	67,9
1422	48,1	75,5	1475	52,3	93,8	1528	49,4	73,7
1423	48,6	75,8	1476	53,3	94,0	1529	49,8	75,0
1424	48,9	76,3	1477	54,2	94,1	1530	50,4	75,8
1425	49,9	75,5	1478	54,9	94,3	1531	51,4	73,9
1426	50,4	75,2	1479	55,7	94,6	1532	52,3	72,2
1427	51,1	74,6	1480	56,1	94,9	1533	53,3	71,2
1428	51,9	75,0	1481	56,3	86,2	1534	54,6	71,2
1429	52,7	37,2	1482	56,2	64,1	1535	55,4	68,7
1430	41,6	0,0	1483	56,0	46,1	1536	56,7	67,0
1431	30,4	36,6	1484	56,2	33,4	1537	57,2	64,6
1432	30,5	73,2	1485	56,5	23,6	1538	57,3	61,9
1433	30,3	81,6	1486	56,3	18,6	1539	57,0	59,5
1434	30,4	89,3	1487	55,7	16,2	1540	56,7	57,0
1435	31,5	90,4	1488	56,0	15,9	1541	56,7	69,8
1436	32,7	88,5	1489	55,9	21,8	1542	56,8	58,5
1437	33,7	97,2	1490	55,8	20,9	1543	56,8	47,2
1438	35,2	99,7	1491	55,4	18,4	1544	57,0	38,5
1439	36,3	98,8	1492	55,7	25,1	1545	57,0	32,8
1440	37,7	100,0	1493	56,0	27,7	1546	56,8	30,2
1441	39,2	100,0	1494	55,8	22,4	1547	57,0	27,0
1442	40,9	100,0	1495	56,1	20,0	1548	56,9	26,2
1443	42,4	99,5	1496	55,7	17,4	1549	56,7	26,2
1444	43,8	98,7	1497	55,9	20,9	1550	57,0	26,6
1445	45,4	97,3	1498	56,0	22,9	1551	56,7	27,8
1446	47,0	96,6	1499	56,0	21,1	1552	56,7	29,7
1447	47,8	96,2	1500	55,1	19,2	1553	56,8	32,1
1448	48,8	96,3	1501	55,6	24,2	1554	56,5	34,9
1449	50,5	95,1	1502	55,4	25,6	1555	56,6	34,9
1450	51,0	95,9	1503	55,7	24,7	1556	56,3	35,8
1451	52,0	94,3	1504	55,9	24,0	1557	56,6	36,6
1452	52,6	94,6	1505	55,4	23,5	1558	56,2	37,6
1453	53,0	65,5	1506	55,7	30,9	1559	56,6	38,2
1454	53,2	0,0	1507	55,4	42,5	1560	56,2	37,9
1455	53,2	m	1508	55,3	25,8	1561	56,6	37,5
1456	52,6	m	1509	55,4	1,3	1562	56,4	36,7
1457	52,1	m	1510	55,0	m	1563	56,5	34,8
1458	51,8	m	1511	54,4	m	1564	56,5	35,8
1459	51,3	m	1512	54,2	m	1565	56,5	36,2
1460	50,7	m	1513	53,5	m	1566	56,5	36,7
1461	50,7	m	1514	52,4	m	1567	56,7	37,8
1462	49,8	m	1515	51,8	m	1568	56,7	37,8
1463	49,4	m	1516	50,7	m	1569	56,6	36,6
1464	49,3	m	1517	49,9	m	1570	56,8	36,1
1465	49,1	m	1518	49,1	m	1571	56,5	36,8
1466	49,1	m	1519	47,7	m	1572	56,9	35,9
1467	49,1	8,3	1520	47,3	m	1573	56,7	35,0
1468	48,9	16,8	1521	46,9	m	1574	56,5	36,0
1469	48,8	21,3	1522	46,9	m	1575	56,4	36,5
1470	49,1	22,1	1523	47,2	m	1576	56,5	38,0
1471	49,4	26,3	1524	47,8	m	1577	56,5	39,9
1472	49,8	39,2	1525	48,2	0,0	1578	56,4	42,1

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1579	56,5	47,0	1632	56,7	44,9	1685	57,5	25,9
1580	56,4	48,0	1633	56,6	45,2	1686	57,5	20,7
1581	56,1	49,1	1634	56,8	46,0	1687	57,6	16,4
1582	56,4	48,9	1635	56,5	46,6	1688	57,6	12,4
1583	56,4	48,2	1636	56,6	48,3	1689	57,6	8,9
1584	56,5	48,3	1637	56,4	48,6	1690	57,5	8,0
1585	56,5	47,9	1638	56,6	50,3	1691	57,5	5,8
1586	56,6	46,8	1639	56,3	51,9	1692	57,3	5,8
1587	56,6	46,2	1640	56,5	54,1	1693	57,6	5,5
1588	56,5	44,4	1641	56,3	54,9	1694	57,3	4,5
1589	56,8	42,9	1642	56,4	55,0	1695	57,2	3,2
1590	56,5	42,8	1643	56,4	56,2	1696	57,2	3,1
1591	56,7	43,2	1644	56,2	58,6	1697	57,3	4,9
1592	56,5	42,8	1645	56,2	59,1	1698	57,3	4,2
1593	56,9	42,2	1646	56,2	62,5	1699	56,9	5,5
1594	56,5	43,1	1647	56,4	62,8	1700	57,1	5,1
1595	56,5	42,9	1648	56,0	64,7	1701	57,0	5,2
1596	56,7	42,7	1649	56,4	65,6	1702	56,9	5,5
1597	56,6	41,5	1650	56,2	67,7	1703	56,6	5,4
1598	56,9	41,8	1651	55,9	68,9	1704	57,1	6,1
1599	56,6	41,9	1652	56,1	68,9	1705	56,7	5,7
1600	56,7	42,6	1653	55,8	69,5	1706	56,8	5,8
1601	56,7	42,6	1654	56,0	69,8	1707	57,0	6,1
1602	56,7	41,5	1655	56,2	69,3	1708	56,7	5,9
1603	56,7	42,2	1656	56,2	69,8	1709	57,0	6,6
1604	56,5	42,2	1657	56,4	69,2	1710	56,9	6,4
1605	56,8	41,9	1658	56,3	68,7	1711	56,7	6,7
1606	56,5	42,0	1659	56,2	69,4	1712	56,9	6,9
1607	56,7	42,1	1660	56,2	69,5	1713	56,8	5,6
1608	56,4	41,9	1661	56,2	70,0	1714	56,6	5,1
1609	56,7	42,9	1662	56,4	69,7	1715	56,6	6,5
1610	56,7	41,8	1663	56,2	70,2	1716	56,5	10,0
1611	56,7	41,9	1664	56,4	70,5	1717	56,6	12,4
1612	56,8	42,0	1665	56,1	70,5	1718	56,5	14,5
1613	56,7	41,5	1666	56,5	69,7	1719	56,6	16,3
1614	56,6	41,9	1667	56,2	69,3	1720	56,3	18,1
1615	56,8	41,6	1668	56,5	70,9	1721	56,6	20,7
1616	56,6	41,6	1669	56,4	70,8	1722	56,1	22,6
1617	56,9	42,0	1670	56,3	71,1	1723	56,3	25,8
1618	56,7	40,7	1671	56,4	71,0	1724	56,4	27,7
1619	56,7	39,3	1672	56,7	68,6	1725	56,0	29,7
1620	56,5	41,4	1673	56,8	68,6	1726	56,1	32,6
1621	56,4	44,9	1674	56,6	68,0	1727	55,9	34,9
1622	56,8	45,2	1675	56,8	65,1	1728	55,9	36,4
1623	56,6	43,6	1676	56,9	60,9	1729	56,0	39,2
1624	56,8	42,2	1677	57,1	57,4	1730	55,9	41,4
1625	56,5	42,3	1678	57,1	54,3	1731	55,5	44,2
1626	56,5	44,4	1679	57,0	48,6	1732	55,9	46,4
1627	56,9	45,1	1680	57,4	44,1	1733	55,8	48,3
1628	56,4	45,0	1681	57,4	40,2	1734	55,6	49,1
1629	56,7	46,3	1682	57,6	36,9	1735	55,8	49,3
1630	56,7	45,5	1683	57,5	34,2	1736	55,9	47,7
1631	56,8	45,0	1684	57,4	31,1	1737	55,9	47,4

Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.	Tiempo	Régimen. normaliz.	Par normaliz.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1738	55,8	46,9	1759	46,8	m	1780	44,0	m
1739	56,1	46,8	1760	45,7	m	1781	37,6	m
1740	56,1	45,8	1761	44,8	m	1782	47,2	0,0
1741	56,2	46,0	1762	43,9	m	1783	56,8	m
1742	56,3	45,9	1763	42,9	m	1784	47,5	m
1743	56,3	45,9	1764	41,5	m	1785	42,9	m
1744	56,2	44,6	1765	39,5	m	1786	31,6	m
1745	56,2	46,0	1766	36,7	m	1787	25,8	m
1746	56,4	46,2	1767	33,8	m	1788	19,9	m
1747	55,8	m	1768	31,0	m	1789	14,0	m
1748	55,5	m	1769	40,0	0,0	1790	8,1	m
1749	55,0	m	1770	49,1	m	1791	2,2	m
1750	54,1	m	1771	46,2	m	1792	0,0	0,0
1751	54,0	m	1772	43,1	m	1793	0,0	0,0
1752	53,3	m	1773	39,9	m	1794	0,0	0,0
1753	52,6	m	1774	36,6	m	1795	0,0	0,0
1754	51,8	m	1775	33,6	m	1796	0,0	0,0
1755	50,7	m	1776	30,5	m	1797	0,0	0,0
1756	49,9	m	1777	42,8	0,0	1798	0,0	0,0
1757	49,1	m	1778	55,2	m	1799	0,0	0,0
1758	47,7	m	1779	49,9	m	1800	0,0	0,0

m = punto motriz.

APÉNDICE 2

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA GASÓLEO

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de ensayo ⁽⁵⁾
		Mínimo	Máximo	
Índice de cetano		52	54	ISO 5165
Densidad a 15 °C	kg/m ³	833	837	ISO 3675
Destilación:				
— 50 % en volumen	°C	245		ISO 3405
— 95 % en volumen	°C	345	350	
— punto de ebullición final	°C		370	
Punto de inflamación	°C	55		ISO 2719
Punto de obstrucción del filtro en frío	°C		- 5	EN 116
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	2,0	6,0	EN 12916
Residuo de carbono Conradson (10 % de residuo destilado)	% m/m		0,2	ISO 10370
Contenido de cenizas	% m/m		0,01	EN-ISO 6245
Contenido de agua	% m/m		0,02	EN-ISO 12937
Contenido de azufre	mg/kg		10	EN-ISO 14596
Corrosión del cobre a 50 °C			1	EN-ISO 2160
Lubricidad (HFRR a 60 °C)	µm		400	CEC F-06-A-96
Número de neutralización	mg KOH/g		0,02	
Estabilidad a la oxidación a 110 °C ⁽²⁾ ⁽³⁾	h	20		EN 14112
FAME ⁽⁴⁾	% v/v	4,5	5,5	EN 14078

⁽¹⁾ Los valores indicados en la especificación son "valores reales". Para determinar sus valores límite, se ha recurrido a la norma ISO 4259: "Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación con los métodos de ensayo". Para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero; para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad).

A pesar de esta medida, que es necesaria por razones estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R, y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximo y mínimo. Si fuera necesario clarificar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, se aplicarían los términos de la norma ISO 4259.

⁽²⁾ Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Se consultará al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

⁽³⁾ La estabilidad a la oxidación puede demostrarse mediante las normas EN-ISO 12205 o EN 14112. Dicho requisito se revisará sobre la base de las evaluaciones de la estabilidad oxidativa y los límites de ensayo de CEN/TC19.

⁽⁴⁾ Calidad FAME con arreglo a EN 14214 (ASTM D 6751).

⁽⁵⁾ Se aplicará la última versión del método de ensayo correspondiente.

APÉNDICE 3

EQUIPO DE MEDICIÓN

A.3.1. Este apéndice contiene los requisitos básicos y las descripciones generales de los sistemas de muestreo y análisis para la medición de las emisiones de gases y partículas. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en las figuras del presente apéndice. Podrán utilizarse elementos tales como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas, dispositivos relacionados con el caudal e interruptores para obtener información adicional y coordinar las funciones de los sistemas de los elementos. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

A.3.1.1. Sistema de análisis

A.3.1.2. Descripción del sistema de análisis

El sistema de análisis para determinar las emisiones gaseosas en el gas de escape bruto (figura 9) o diluido (figura 10) se describe en función de la utilización de:

- un analizador HFID o FID para la medición de los hidrocarburos;
- analizadores NDIR para la medición del monóxido de carbono y el dióxido de carbono;
- un analizador HCLD o CLD para la medición de los óxidos de nitrógeno.

La muestra de todos los componentes podrá tomarse con una sonda de muestreo dividida internamente en función de los diferentes analizadores. Se podrán utilizar también dos sondas de muestreo situadas muy cerca la una de la otra. Deberá procurarse que no se produzca una condensación involuntaria de los componentes de escape (incluidos el agua y el ácido sulfúrico) en ningún punto del sistema de análisis.

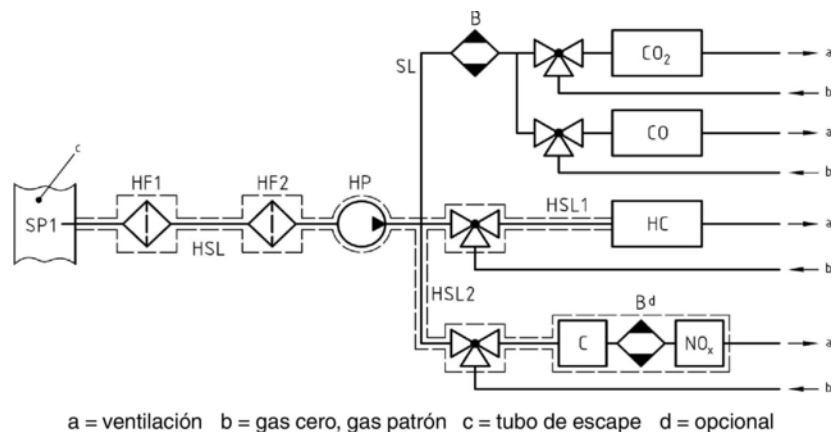


Figura 9

Diagrama esquemático del sistema de flujo del gas de escape bruto para CO, CO₂, NO_x e HC

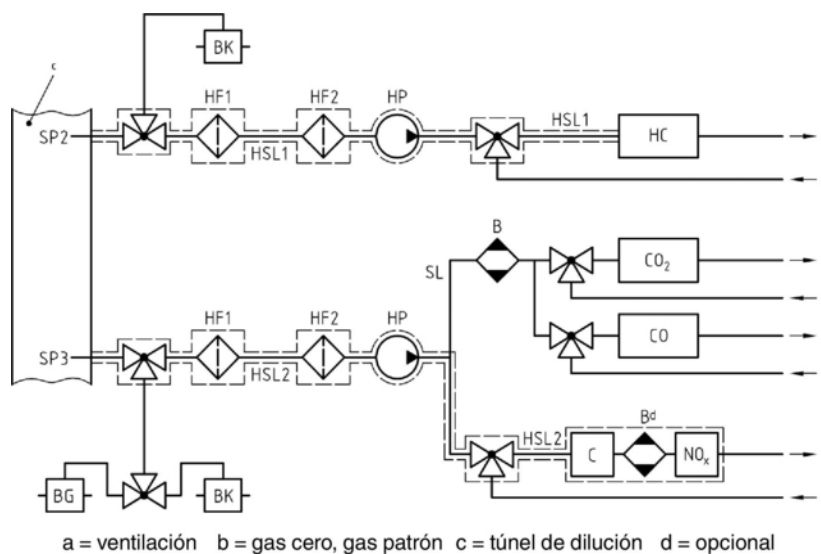


Figura 10

Diagrama esquemático del sistema de flujo del gas de escape diluido para CO, CO₂, NO_x e HC

A.3.1.3. Elementos de las figuras 9 y 10

EP Tubo de escape

SP Sonda de muestreo del gas de escape bruto (solo la figura 9)

Se recomienda utilizar una sonda recta de acero inoxidable cerrada en su extremidad y con múltiples agujeros. El diámetro interior no será mayor que el diámetro interior del conducto de muestreo. El grosor de la pared de la sonda no será superior a 1 mm. Deberá haber un mínimo de tres orificios en tres planos radiales diferentes dimensionados para muestrear aproximadamente el mismo caudal. La sonda ocupará al menos un 80 % del diámetro del tubo de escape. Podrán utilizarse una o dos sondas de muestreo.

SP2 Sonda de muestreo del gas de escape diluido para HC (solo la figura 10)

La sonda:

- se definirá como los primeros 254 mm a 762 mm del conducto de muestreo calentado (HSL1);
- tendrá un diámetro interior mínimo de 5 mm;
- se instalará en el túnel de dilución (DT) (véase la figura 15) en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente (es decir, aproximadamente a diez veces el diámetro del túnel después del punto en que el gas de escape penetra en el túnel de dilución);
- se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea afectada por ninguna estela o turbulencia;
- se calentará para aumentar la temperatura del flujo de gas hasta $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) en la salida de la sonda, o hasta $385 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($112 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) para los motores de encendido por chispa;
- no se calentará en caso de medición con un FID (frío).

SP3 Sonda de muestreo del gas de escape diluido para CO, CO₂ y NO_x (solo la figura 10)

La sonda:

- a) estará en el mismo plano que la sonda SP 2;
- b) se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea afectada por ninguna estela o turbulencia;
- c) estará calentada y aislada en toda su longitud a una temperatura mínima de 328 K (55 °C) para evitar la condensación de agua.

HF1 Filtro previo calentado (opcional)

Deberá mantenerse a la misma temperatura que el conducto de muestreo calentado HSL1.

HF2 Filtro calentado

El filtro deberá extraer todas las partículas sólidas de la muestra de gas antes del analizador. Deberá mantenerse a la misma temperatura que el conducto de muestreo calentado HSL1. Deberá cambiarse el filtro cuando sea necesario.

HSL1 Conducto de muestreo calentado

El conducto de muestreo permite transportar una muestra de gas desde una única sonda hasta el punto o los puntos de separación y el analizador de hidrocarburos.

El conducto de muestreo:

- a) tendrá un diámetro interior mínimo de 4 mm y máximo de 13,5 mm;
- b) deberá ser de acero inoxidable o de PTFE;
- c) mantendrá una temperatura de pared de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) medida en cada sección calentada y controlada por separado, si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es igual o inferior a 463 K (190 °C);
- d) mantendrá una temperatura de pared superior a 453 K (180 °C), si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es superior a 463 K (190 °C);
- e) mantendrá una temperatura del gas de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) inmediatamente antes del filtro calentado HF2 y del detector HFID.

HSL2 Conducto de muestreo de NO_x calentado

El conducto de muestreo:

- a) se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C) hasta el convertidor en caso de medición en base seca, y hasta el analizador en caso de medición en base húmeda;
- b) deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.

HP Bomba de muestreo calentada

La bomba se calentará a la misma temperatura que el HSL.

SL Conducto de muestreo para CO y CO_2

El conducto deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá estar calentado o no.

HC Analizador HFID

Detector de ionización de llama calentado (HFID) o detector de ionización de llama (FID) para determinar los hidrocarburos. La temperatura del HFID se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C a 200 °C).

CO y CO₂ Analizador NDIR

Analizador NDIR para determinar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono (opcional para determinar la relación de dilución para la medición de partículas).

NO_x Analizador CLD o NDUV

Analizador CLD, HCLD o NDUV para determinar los óxidos de nitrógeno. Si se utiliza un analizador HCLD, se mantendrá a una temperatura de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C).

B Secador de muestras (opcional para la medición de NO)

Para refrigerar y condensar el agua de la muestra de escape. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias de vapor de agua, tal como se indica en el punto 9.3.9.2.2. Si se elimina el agua por condensación, se controlará la temperatura o punto de condensación de la muestra de gas, ya sea en el interior del colector de agua o en otro lugar después de este. 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.

BK Bolsa de fondo (opcional; figura 10 únicamente)

Para la medición de las concentraciones de fondo únicamente.

BG Bolsa de muestreo (opcional; figura 10 únicamente)

Para la medición de las concentraciones de la muestra.

A.3.1.4. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

El separador oxida todos los hidrocarburos, excepto el CH₄, en CO₂ y H₂O, de manera que al hacer pasar la muestra por el NMC, el HFID detecta únicamente el CH₄. Además del tren de muestreo de hidrocarburos habitual (véanse las figuras 9 y 10), se instalará un segundo tren de muestreo de hidrocarburos dotado de un separador, tal como se indica en la figura 11. Ello permitirá una medición simultánea del total de HC, CH₄ y NMHC.

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 CH₄ y el C₂H₆, con valores de H₂O representativos de las condiciones del flujo de escape. Deberán conocerse el punto de condensación y el nivel de O₂ del flujo de gas de escape muestreado. La respuesta relativa del FID al CH₄ y el C₂H₆ se determinará de conformidad con lo dispuesto en el punto 9.3.8.

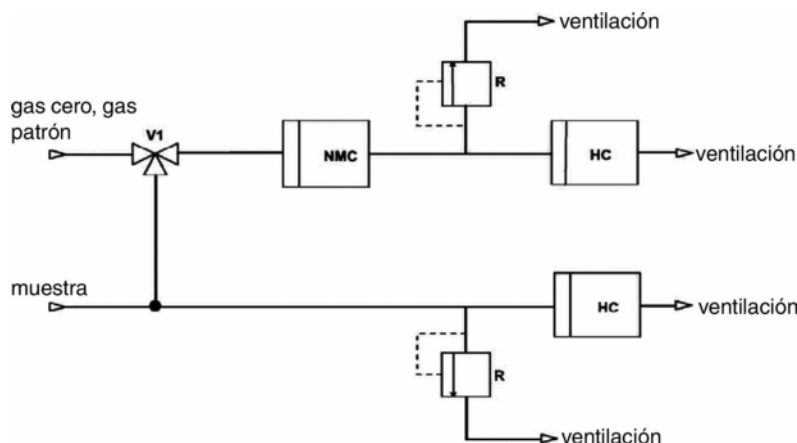


Figura 11

Diagrama esquemático del análisis del flujo de metano con el NMC

A.3.1.5. Elementos de la figura 11

NMC Separador de hidrocarburos no metánicos

Para oxidar todos los hidrocarburos excepto el metano.

HC

Detector de ionización de llama calentado (HFID) o detector de ionización de llama (FID) para medir las concentraciones de HC y de CH₄. La temperatura del HFID se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C a 200 °C).

V1 Válvula selectora

Para seleccionar el gas cero y el gas patrón.

R Regulador de presión

Para controlar la presión en el conducto de muestreo y el caudal del detector HFID.

A.3.2. Sistema de dilución y muestreo de partículas

A.3.2.1. Descripción del sistema de flujo parcial

Se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte del flujo de gas de escape. La división del flujo de gas de escape y el posterior proceso de dilución pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la posterior recogida de las partículas, la totalidad o solo una parte del gas de escape diluido se hará pasar por el sistema de muestreo de partículas. El primer método se denominará tipo de muestreo total y el segundo, tipo de muestreo fraccionado. El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado.

Con el sistema de muestreo total ilustrado en la figura 12, el gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. El flujo total que circula por el túnel se regula con el regulador de caudal FC2 y la bomba de muestreo P del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 16). El flujo de aire de dilución se controla mediante el regulador de caudal FC1, que puede utilizar q_{mew} o q_{maw} y q_{mf} como señales de mando, para conseguir la división deseada del gas de escape. El caudal de muestreo que entra en el túnel de dilución es la diferencia entre el caudal total y el caudal del aire de dilución. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1, y el caudal total, con el dispositivo de medición de caudal FM3 del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 16). La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

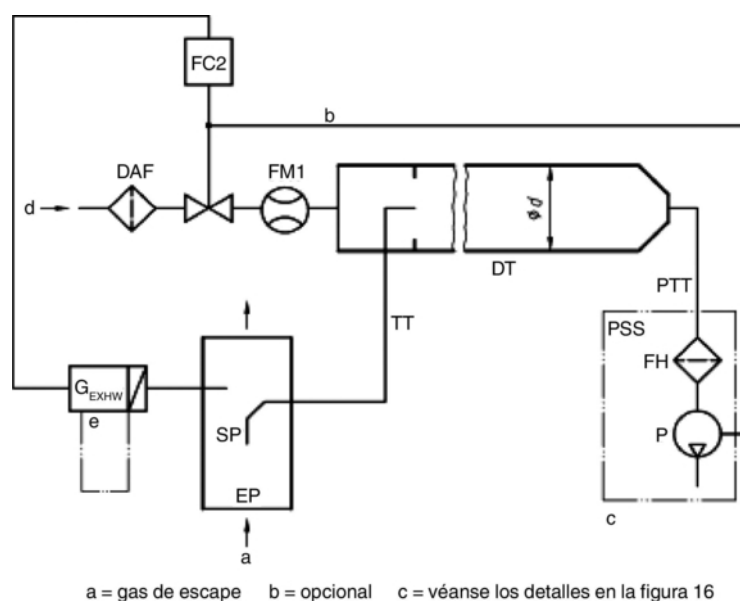


Figura 12

Esquema del sistema de dilución de flujo parcial (muestreo total)

Con el sistema de muestreo fraccionado ilustrado en la figura 13, el gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. El caudal total que pasa por el túnel se ajusta al caudal del regulador FC1 conectado bien al flujo de aire de dilución o al aspirador para el caudal total del túnel. El regulador de caudal FC1 puede utilizar q_{mew} o q_{maw} y q_{mf} como señales de mando de la división deseada del gas de escape. El caudal de muestreo que entra en el túnel de dilución es la diferencia entre el caudal total y el caudal del aire de dilución. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1, y el caudal total, con el dispositivo de medición de caudal FM2. La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales. A partir del túnel de dilución, se toma una muestra de partículas con el sistema de muestreo de partículas (véase la figura 16).

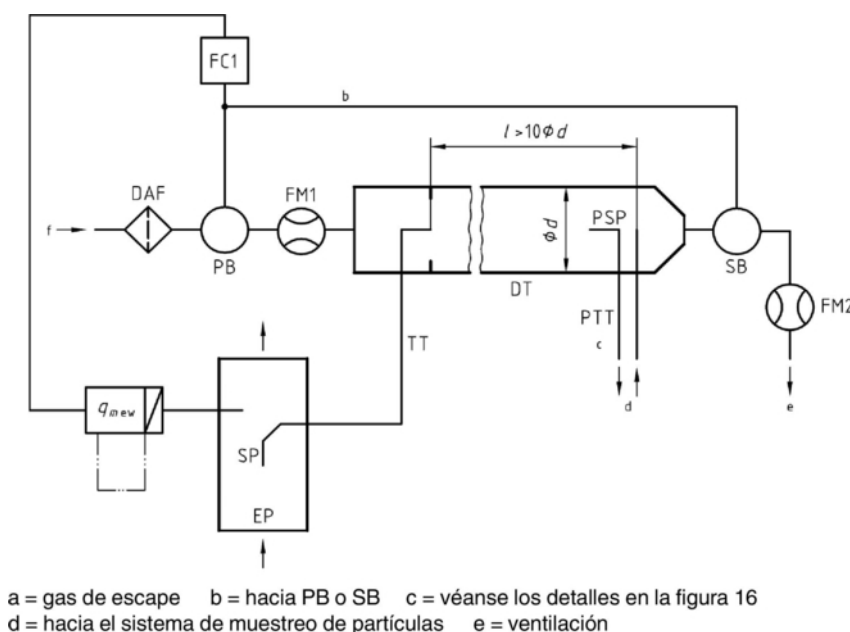


Figura 13

Esquema del sistema de dilución de flujo parcial (muestreo fraccionado)

A.3.2.2. Elementos de las figuras 12 y 13

EP Tubo de escape

El tubo de escape podrá estar aislado. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12. Se limitará al mínimo el número de codos a fin de reducir la deposición inercial. Si el sistema incluye un silenciador del banco de pruebas, también podrá aislarse el silenciador. Se recomienda utilizar un tubo recto de una longitud equivalente a seis veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y a tres veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad.

SP Sonda de muestreo

Se utilizará uno de los tipos de sonda siguientes:

- tubo abierto orientado a contracorriente en la línea central del tubo de escape;
- tubo abierto orientado en dirección de la corriente en la línea central del tubo de escape;

- c) sonda con múltiples agujeros, tal como se describe en el punto A.3.1.3;
- d) sonda cubierta orientada a contracorriente en el eje central del tubo de escape tal como se ilustra en la figura 14.

El diámetro interior mínimo de la extremidad de la sonda será de 4 mm. La relación diametral mínima entre el tubo de escape y la sonda será de 4.

Si se utiliza una sonda de tipo a), podrá instalarse un preclasificador inercial (ciclón o impactor) con un punto de corte del 50 % entre 2,5 y 10 μm inmediatamente antes del portafiltras.

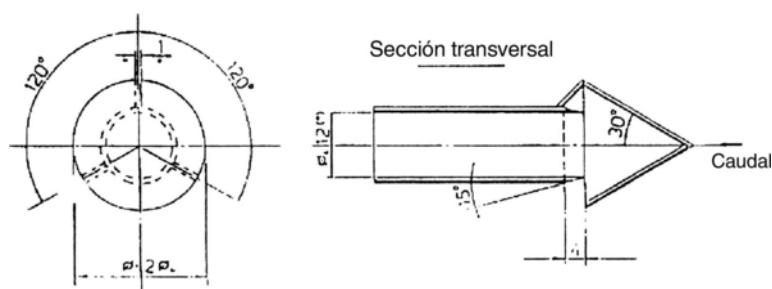


Figura 14

Esquema de la sonda cubierta

TT Tubo de transferencia del gas de escape

El tubo de transferencia será lo más corto posible, pero:

- a) su longitud no será superior a 0,26 m si está aislado en el 80 % de la longitud total, medida entre el extremo de la sonda y la fase de dilución,
- o
- b) su longitud no será superior a 1 m si es calentado por encima de 150 °C en el 90 % de la longitud total, medida entre el extremo de la sonda y la fase de dilución.

Debe tener un diámetro igual o superior al de la sonda, pero no debe superar los 25 mm, y su salida debe situarse en el eje central del túnel de dilución y debe estar orientado a favor de la corriente.

Con respecto a la letra a), el aislamiento se efectuará con un material que posea una conductividad térmica máxima de 0,05 W/mK y un grosor radial del aislante equivalente al diámetro de la sonda.

FC1 Regulador de caudal

Podrá utilizarse un regulador de caudal para controlar el caudal del aire de dilución que pasa por el ventilador centrífugo PB o el aspirador SB. El regulador podrá conectarse a las señales del sensor del caudal de escape especificadas en el punto 8.4.1. Podrá instalarse antes o después del ventilador respectivo. Si se utiliza un sistema de suministro de aire presurizado, el FC1 controlará directamente el caudal de aire.

FM1 Dispositivo de medición del caudal

Caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del aire de dilución. El FM1 es opcional si el ventilador centrífugo PB se calibra para medir el caudal.

DAF Filtro del diluyente

El diluyente (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de gran eficiencia (HEPA), cuya capacidad de recogida inicial sea como mínimo del 99,97 % con arreglo a la norma EN 1822-1 (clase de filtro H14 o superior), ASTM F 1471-93 o a una norma equivalente.

FM2 Dispositivo de medición del caudal (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

Caudalímetro de gas u otro instrumento utilizado para medir el caudal del gas de escape diluido. El FM2 es opcional si el aspirador SB se ha calibrado para medir el caudal.

PB Ventilador centrífugo (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

Para controlar el caudal del aire de dilución, podrá conectarse un ventilador centrífugo a los reguladores de caudal FC1 o FC2. El ventilador centrífugo no es necesario si se utiliza una válvula de mariposa. Si está calibrado, el ventilador centrífugo puede utilizarse para medir el caudal del aire de dilución.

SB Aspirador (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

Si está calibrado, el aspirador podrá utilizarse para medir el caudal de gas de escape diluido.

DT Túnel de dilución (flujo parcial)

El túnel de dilución:

- a) tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen por completo en condiciones de flujo con turbulencias (número de Reynolds, Re , superior a 4 000, donde Re está basado en el diámetro interior del túnel de dilución) para un sistema de muestreo fraccionado; no es necesaria una mezcla completa para un sistema de muestreo total;
- b) será de acero inoxidable;
- c) podrá calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- d) podrá estar aislado.

PSP Sonda de muestreo de partículas (muestreo fraccionado, figura 13 únicamente)

La sonda de muestreo de partículas constituye la sección inicial del tubo de transferencia de partículas PTT (véase el punto A.3.2.6) y:

- a) se situará a contracorriente, en un punto donde el diluyente y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en el eje central del túnel de dilución DT a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- b) tendrá un diámetro interior mínimo de 8 mm;
- c) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calentamiento directo o precalentamiento del diluyente, a condición de que la temperatura del diluyente no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- d) podrá estar aislado.

A.3.2.3. Descripción del sistema de flujo total

Un sistema de dilución se describe en función de la cantidad total de gas de escape bruto en el túnel de dilución DT aplicando el concepto de muestreo de volumen constante (CVS), tal como se muestra en la figura 15.

El caudal de gas de escape diluido se medirá con una bomba de desplazamiento positivo (PDP), un venturi de flujo crítico (CFV) o un venturi subsónico (SSV). Para el muestreo proporcional de partículas y la determinación del caudal podrá utilizarse un intercambiador de calor (HE) o un compensador electrónico de caudal (EFC). Dado que la determinación de la masa de partículas se basa en el caudal total de gas de escape diluido, no es necesario calcular la relación de dilución.

Para la posterior recogida de partículas, se transfiere una muestra del gas de escape diluido al sistema de muestreo de partículas de doble dilución (figura 17). Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de muestreo de partículas, dado que comparte la mayoría de los elementos de un sistema de muestreo de partículas típico.

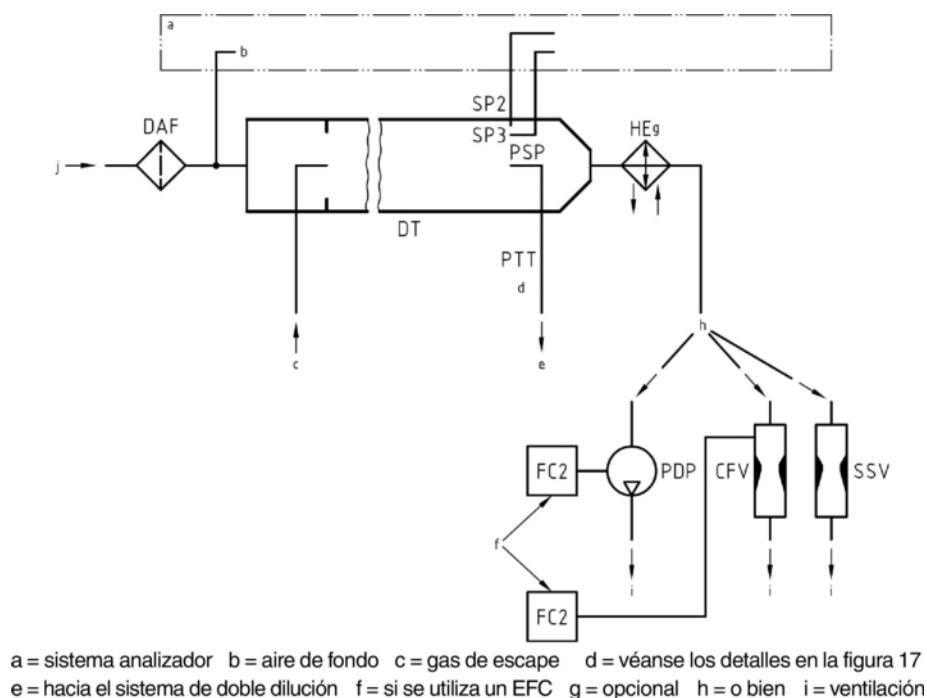


Figura 15

Esquema del sistema de dilución de flujo total

A.3.2.4. Elementos de la figura 15

EP Tubo de escape

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no deberá ser superior a 10 m. Si la longitud del sistema es superior a 4 m, deberá aislarse toda la longitud del tubo que exceda de 4 m, salvo el medidor de humo en línea, si se utiliza. El grosor radial del aislante deberá ser de 25 mm como mínimo y la conductividad térmica del material aislante deberá tener un valor máximo de 0,1 W/mK medido a 673 K. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12.

PDP Bomba de desplazamiento positivo

La bomba de desplazamiento positivo mide el caudal total del gas de escape diluido a partir del número de revoluciones y del desplazamiento de la bomba. La bomba o el sistema de admisión de diluyente no deberán reducir artificialmente la contrapresión del sistema de escape. La contrapresión estática del escape medida con el sistema de la bomba de desplazamiento positivo en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de $\pm 1,5$ kPa respecto al valor de la presión estática medido sin conexión con la PDP a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del PDP deberá encontrarse dentro de un margen ± 6 K respecto a la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo cuando no se utilice compensación de flujo (EFC). La compensación de caudal solo podrá utilizarse si la temperatura en la entrada de la PDP no supera 323 K (50 °C).

CFV Venturi de caudal crítico

El venturi de caudal crítico mide el caudal total del gas de escape diluido con el flujo estrangulado (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el sistema de CFV en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de $\pm 1,5$ kPa respecto al valor de la presión estática medido sin conexión con el CFV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del CFV deberá encontrarse dentro de un margen ± 11 K respecto a la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo cuando no se utilice compensación de flujo (EFC).

SSV Venturi subsónico

El venturi subsónico mide el caudal total del gas de escape diluido mediante la función de caudal de gas de un venturi subsónico en función de la presión y la temperatura de entrada y la caída de presión entre la entrada y el cuello del venturi. La contrapresión estática del escape medida con el sistema de SSV en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen de $\pm 1,5$ kPa respecto al valor de la presión estática medido sin conexión con el SSV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del SSV deberá encontrarse dentro de un margen ± 11 K respecto a la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo cuando no se utilice compensación de flujo (EFC).

HE Intercambiador de calor (opcional)

El intercambiador de calor deberá tener una capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites indicados anteriormente. Si se aplica la compensación de flujo electrónica no es necesario un intercambiador de calor.

EFC Compensación de flujo electrónica (opcional)

Si la temperatura en la entrada de la PDP, del CFV o del SSV no se mantiene dentro de los límites indicados anteriormente, deberá utilizarse un compensador de caudal para medir continuamente el caudal y controlar el muestreo proporcional en el sistema de doble dilución. A tal fin, las señales del caudal medidas de manera continua se utilizarán para mantener la proporcionalidad del caudal de muestreo de los filtros de partículas del sistema de doble dilución (véase la figura 17) dentro de un margen de $\pm 2,5$ %.

DT Túnel de dilución (flujo total)

El túnel de dilución:

- a) tendrá un diámetro suficientemente pequeño para provocar un flujo turbulento (número de Reynolds, Re , superior a 4 000, donde Re está basado en el diámetro interior del túnel de dilución) y tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y diluyente se mezclen completamente;
- b) podrá estar aislado;
- c) podrá calentarse hasta una temperatura de pared suficiente para eliminar la condensación acuosa.

El gas de escape del motor se llevará al punto de introducción en el túnel de dilución y se mezclará adecuadamente. Podrá utilizarse un orificio de mezcla.

Para el sistema de doble dilución, se transferirá una muestra del túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se seguirá diluyendo, y se pasará a continuación por los filtros de muestreo (punto 17). El sistema de dilución secundario deberá suministrar suficiente diluyente secundario para mantener el flujo de gas de escape doblemente diluido a una temperatura comprendida entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) inmediatamente antes del filtro de partículas.

DAF Filtro del diluyente

El diluyente (aire ambiente, aire sintético o nitrógeno) se filtrará con un filtro de gran eficiencia (HEPA), cuya capacidad de recogida inicial sea como mínimo del 99,97 % con arreglo a la norma EN 1822-1 (clase de filtro H14 o superior), ASTM F 1471-93 o a una norma equivalente.

PSP Sonda de muestreo de partículas

La sonda es la sección inicial del tubo de transferencia de partículas y:

- a) se instalará a contracorriente, en un punto donde el diluyente y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en el eje central del túnel de dilución DT a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- b) tendrá un diámetro interior mínimo de 8 mm;
- c) podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calentamiento directo o precalentamiento del diluyente, a condición de que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- d) podrá estar aislado.

A.3.2.5. Descripción del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas es necesario para recoger las partículas en el filtro de partículas, tal como se muestra en las figuras 16 y 17. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial con muestreo total, que consiste en hacer pasar por los filtros la totalidad de la muestra de gas de escape diluido, los sistemas de dilución y muestreo suelen formar una unidad integral (véase la figura 12). En el caso del sistema de dilución de flujo parcial o flujo total con muestreo fraccionado, que consiste en hacer pasar por los filtros solo una porción del gas de escape diluido, los sistemas de dilución y de muestreo suelen constituir unidades diferentes.

Para un sistema de dilución de flujo parcial, se toma una muestra de gas de escape diluido en el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT mediante la bomba de muestreo P, tal como se indica en la figura 16. La muestra se hace pasar por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal de muestreo se controlará con el regulador de caudal FC3.

Para un sistema de dilución de flujo total, se utilizará un sistema de muestreo de partículas de doble dilución, tal como se indica en la figura 17. A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, se transfiere una muestra del gas de escape diluido desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo total hasta el túnel de dilución secundario SDT, donde se vuelve a diluir. A continuación, la muestra se hace pasar por los portafiltros FH que contienen los filtros de muestreo de partículas. El caudal del aire de dilución suele ser constante, mientras que el caudal de muestreo se regula con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 15), el flujo total de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

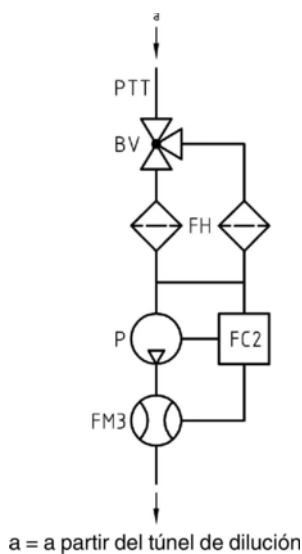


Figura 16

Esquema del sistema de muestreo de partículas

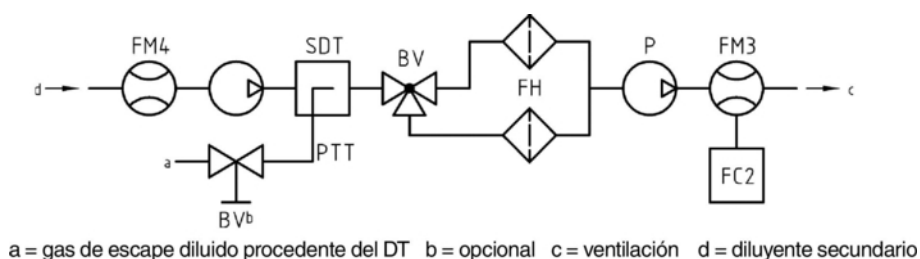


Figura 17

Esquema del sistema de muestreo de partículas de doble dilución

A.3.2.6. Elementos de las figuras 16 (solo sistema de flujo parcial) y 17 (solamente sistema de flujo total)

PTT Tubo de transferencia de partículas

El tubo de transferencia:

- será inerte con respecto a las partículas;
- podrá calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- podrá estar aislado.

SDT Túnel de dilución secundario (figura 17 únicamente)

El túnel de dilución secundario:

- tendrá una longitud y un diámetro suficientes para cumplir los requisitos relativos al tiempo de estancia previstos en el punto 9.4.2.f);
- podrá calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- podrá estar aislado.

FH Portafiltros

El portafiltros:

- a) formará un cono divergente de $12,5^\circ$ (a partir del centro) en la superficie de transición entre el diámetro del tubo de transferencia y el diámetro expuesto de la cara del filtro;
- b) podrá calentarse hasta una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C);
- c) podrá estar aislado.

Se admiten los cambiadores de filtros múltiples en la medida en que no se produzcan interacciones entre los filtros de muestreo.

Los filtros con membrana de PTFE se instalarán en un recipiente específico dentro del portafiltros.

Podrá instalarse un preclasificador inercial con un punto de corte del 50 % entre $2,5 \mu\text{m}$ y $10 \mu\text{m}$ inmediatamente antes del portafiltros, si se utiliza una sonda de muestreo consistente en un tubo abierto orientado a contracorriente.

P Bomba de muestreo**FC2** Regulador de caudal

Se utilizará un regulador de caudal para controlar el caudal de muestreo de partículas.

FM3 Dispositivo de medición del caudal

Caudalímetro de gas o instrumental para determinar el caudal de muestreo de partículas que pasa por el filtro de partículas. Podrá instalarse antes o después de la bomba de muestreo P.

FM4 Dispositivo de medición del caudal

Caudalímetro de gas o instrumental para determinar el caudal de aire de dilución secundario que pasa por el filtro de partículas.

BV Válvula de bola (opcional)

La válvula de bola deberá tener un diámetro interior no inferior al diámetro interior del tubo de transferencia de partículas PTT y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 s.

APÉNDICE 4

ESTADÍSTICA

A.4.1. Valor medio y desviación típica

La media aritmética se calculará de la manera siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (92)$$

La desviación típica se calculará como se indica a continuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (93)$$

A.4.2. Análisis de regresión

La pendiente de la regresión se calculará de la manera siguiente:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \times (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (94)$$

La ordenada y en el origen de la regresión se calculará como sigue:

$$a_0 = \bar{y} - (a_1 \times \bar{x}) \quad (95)$$

El error típico de estimación (SEE) se calculará de la manera siguiente:

$$SEE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}}{n - 2} \quad (96)$$

El coeficiente de determinación se calculará como se indica a continuación:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (97)$$

A.4.3. Determinación de la equivalencia de sistema

La determinación de la equivalencia de sistema con arreglo al punto 5.1.1 se basará en un estudio correlacional de 7 pares de muestras (o más) del sistema candidato y uno de los sistemas de referencia aceptados del presente anexo utilizando los ciclos de ensayo adecuados. Los criterios de equivalencia que se aplicarán serán el ensayo F y el ensayo t de Student bilateral.

Este método estadístico examina la hipótesis de que la desviación típica de la muestra y el valor medio de la muestra de una emisión medida con el sistema candidato no difieran de la desviación típica de la muestra y el valor medio de la muestra de dicha emisión medida con el sistema de referencia. La hipótesis se someterá a ensayo basándose en un nivel de significancia del 10 % de los valores F y t . En el cuadro 9 se ofrecen los valores críticos F y t para 7 a 10 pares de muestras. Si los valores F y t , calculados conforme a la fórmula que figura más abajo, son mayores que los valores críticos F y t , el sistema candidato no es equivalente.

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

a) Realizar un mínimo de 7 ensayos con el sistema candidato y el sistema de referencia funcionando en paralelo. El número de ensayos se indicará como n_R y n_C .

b) Calcular las medias \bar{x}_R y \bar{x}_C y las desviaciones típicas s_R y s_C .

c) Calcular el valor F de la manera siguiente:

$$F = \frac{s_{\text{mayor}}^2}{s_{\text{menor}}^2} \quad (98)$$

(la mayor de las dos desviaciones típicas, s_R o s_C , deberá estar en el numerador).

d) Calcular el valor de t como se indica a continuación:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{s_C^2/n_C + s_R^2/n_R}} \quad (99)$$

e) Comparar los valores calculados F y t con los valores críticos F y t correspondientes al número respectivo de ensayos indicados en el cuadro 9. Si se seleccionan muestras mayores, consúltense las tablas estadísticas correspondientes a una significancia del 10 % (confianza del 90 %).

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

$$\text{para el ensayo } F: \quad df1 = n_R - 1, \quad df2 = n_C - 1 \quad (100)$$

$$\text{para el ensayo } t: \quad df = (n_C + n_R - 2) / 2 \quad (101)$$

g) Determinar la equivalencia del modo siguiente:

i) si $F < F_{\text{crit}}$ y $t < t_{\text{crit}}$, el sistema candidato es equivalente al sistema de referencia del presente anexo,

ii) si $F \geq F_{\text{crit}}$ o $t \geq t_{\text{crit}}$, el sistema candidato es distinto del sistema de referencia del presente anexo.

Cuadro 9

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

Tamaño de la muestra	Ensayo F		Ensayo t	
	df	F_{crit}	df	t_{crit}
7	6,6	3,055	6	1,943
8	7,7	2,785	7	1,895
9	8,8	2,589	8	1,860
10	9,9	2,440	9	1,833

APÉNDICE 5

VERIFICACIÓN DEL CAUDAL DE CARBONO

A.5.1. Introducción

Todo el carbono presente en el gas de escape, salvo una parte mínima, procede del combustible, y casi todo está en forma de CO₂. Por ello, el control de la verificación del sistema se basa en las mediciones de CO₂.

El caudal de carbono que entra en los sistemas de medición del gas de escape se determina a partir del caudal de combustible. El caudal de carbono en distintos puntos de muestreo de los sistemas de muestreo de emisiones y de partículas se determina a partir de las concentraciones de CO₂ y de los caudales de gas en dichos puntos.

En este sentido, el motor genera un caudal de carbono conocido, y la constatación de que el caudal de carbono es idéntico en el tubo de escape y en la salida del sistema de muestreo de partículas de flujo parcial permite confirmar la ausencia de fugas y la exactitud de la medición del caudal. Esta verificación tiene la ventaja de que los componentes actúan en condiciones de ensayo del motor reales por lo que respecta a la temperatura y al caudal.

La figura 18 muestra los puntos de muestreo en los que deberán comprobarse los caudales de carbono. Más abajo aparecen las ecuaciones específicas para los caudales de carbono en cada uno de los puntos de muestreo.

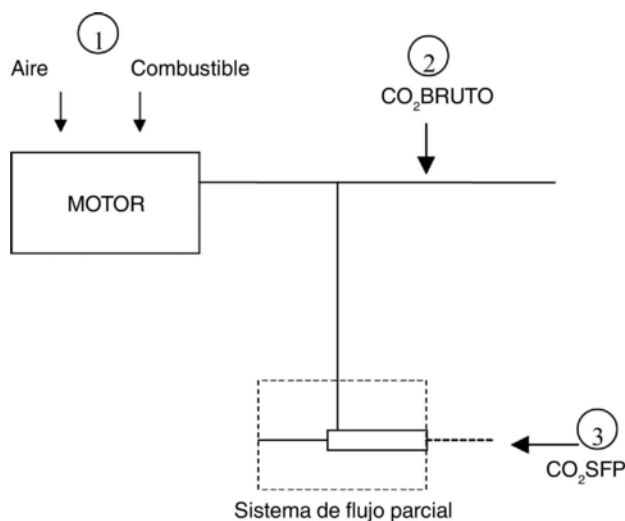


Figura 18

Puntos de medición para verificar el caudal de carbono

A.5.2. Caudal de carbono que entra en el motor (posición 1)

El caudal másico de carbono que entra en el motor en el caso de un combustible CH_aO_ε se calcula de la manera siguiente:

$$q_{mCf} = \frac{12\beta}{12\beta + \alpha + 16\varepsilon} \times q_{mf} \quad (102)$$

donde:

q_{mf} es el caudal másico del combustible, en kg/s

A.5.3. Caudal de carbono en el gas de escape bruto (posición 2)

El caudal másico de carbono en el tubo de escape del motor se determinará a partir de la concentración de CO₂ bruto y del caudal másico del gas de escape:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_e} \quad (103)$$

donde:

$c_{CO_2,r}$ es la concentración de CO₂ en base húmeda en el gas de escape bruto, en %

$c_{CO_2,a}$ es la concentración de CO₂ en base húmeda en el aire ambiente, en %

q_{mew} es el caudal másico de gas de escape en base húmeda, en kg/s

M_e es la masa molar del gas de escape, en g/mol

Si el CO₂ se mide en base seca, el valor obtenido deberá calcularse en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.1.

A.5.4. Caudal de carbono en el sistema de dilución (posición 3)

Para el sistema de dilución de flujo parcial, debe tomarse también en consideración la relación de división. El caudal de carbono se determinará a partir de la concentración de CO₂ diluido, el caudal másico de gas de escape y el caudal de muestreo:

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO_2,d} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}} \quad (104)$$

donde:

$c_{CO_2,d}$ es la concentración de CO₂ en base húmeda en el gas de escape diluido en la salida del túnel de dilución, en %

$c_{CO_2,a}$ es la concentración de CO₂ en base húmeda en el aire ambiente, en %

q_{mew} es el caudal másico de gas de escape en base húmeda, en kg/s

q_{mp} es el caudal de muestreo del gas de escape dentro del sistema de dilución de flujo parcial, en kg/s

M_e es la masa molar del gas de escape, en g/mol

Si el CO₂ se mide en base seca, el valor obtenido deberá calcularse en base húmeda de conformidad con lo dispuesto en el punto 8.1.

A.5.5. Cálculo de la masa molar del gas de escape

La masa molar del gas de escape se calculará con la ecuación 41 (véase el punto 8.4.2.4).

Como alternativa, pueden utilizarse las siguientes masas molares del gas de escape:

M_e (gasóleo) = 28,9 g/mol

M_e (GLP) = 28,6 g/mol

M_e (GN) = 28,3 g/mol

APÉNDICE 6

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

A.6.1. Procedimiento de desnormalización de la velocidad y del par

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

Porcentaje de régimen = 43 %

Porcentaje de par = 82 %

Teniendo en cuenta los valores siguientes:

n_{lo} = 1 015 min⁻¹

n_{hi} = 2 200 min⁻¹

n_{pref} = 1 300 min⁻¹

n_{idle} = 600 min⁻¹

se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{régimen efectivo} &= \frac{43 \times (0,45 \times 1015 + 0,45 \times 1300 + 0,1 \times 2200 - 600) \times 2,0327}{100} + 600 \\ &= 1\,178 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

donde el par máximo de 700 Nm observado a partir de la curva gráfica es de 1 178 min⁻¹

$$\text{Par efectivo} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

A.6.2. Datos básicos para cálculos estequiométricos

Masa atómica del hidrógeno	1,00794 g/átomo
Masa atómica del carbono	12,011 g/átomo
Masa atómica del azufre	32,065 g/átomo
Masa atómica del nitrógeno	14,0067 g/átomo
Masa atómica del oxígeno	15,9994 g/átomo
Masa atómica del argón	39,9 g/átomo
Masa molar del agua	18,01534 g/mol
Masa molar del dióxido de carbono	44,01 g/mol
Masa molar del monóxido de carbono	28,011 g/mol
Masa molar del oxígeno	31,9988 g/mol
Masa molar del nitrógeno	28,011 g/mol
Masa molar del óxido nítrico	30,008 g/mol
Masa molar del dióxido de nitrógeno	46,01 g/mol
Masa molar del dióxido de azufre	64,066 g/mol
Masa molar del aire seco	28,965 g/mol

Teniendo en cuenta los efectos de la compresibilidad, todos los gases implicados en el proceso de admisión/combustión/escape pueden considerarse ideales y, por lo tanto, cualquier cálculo volumétrico estará basado en un volumen molar de 22,414 l/mol, de acuerdo con la hipótesis de Avogadro.

A.6.3. Emisiones gaseosas (diésel)

Los datos de medición de un punto individual del ciclo de ensayo (frecuencia de muestreo de datos de 1 Hz) para el cálculo de las emisiones máscas instantáneas se indican a continuación. En el presente ejemplo, el CO y los NO_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 los demás puntos del ciclo.

Para ilustrarlo mejor, el ejemplo de cálculo muestra los resultados intermedios redondeados de las diferentes etapas. Cabe señalar que para el cálculo real no se permite el redondeo de los resultados intermedios (véase el punto 8).

T _{a,i} (K)	H _{a,i} (g/kg)	W _{act} kWh	q _{mew,i} (kg/s)	q _{maw,i} (kg/s)	q _{mf,i} (kg/s)	c _{HC,i} (ppm)	c _{CO,i} (ppm)	c _{NOx,i} (ppm)
295	8,0	40	0,155	0,150	0,005	10	40	500

Se considerará la composición de combustible siguiente:

Componente	Relación molar	Porcentaje de masa
H	α = 1,8529	w _{ALF} = 13,45
C	β = 1,0000	w _{BET} = 86,50
S	γ = 0,0002	w _{GAM} = 0,050
N	δ = 0,0000	w _{DEL} = 0,000
O	ε = 0,0000	w _{EPS} = 0,000

Etapas 1: Corrección base seca/base húmeda (punto 8.1)

$$\text{Ecuación (16): } k_f = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$$

$$\text{Ecuación (13): } k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (12): } c_{\text{CO},i} (\text{húmeda}) &= 40 \times 0,9331 &&= 37,3 \text{ ppm} \\ c_{\text{NOx},i} (\text{húmeda}) &= 500 \times 0,9331 &&= 466,6 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Etapas 2: Corrección de NO_x en función de la humedad y la temperatura (punto 8.2.1)

$$\text{Ecuación (23): } k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1000} + 0,832 = 0,9576$$

Etapas 3: Cálculo de las emisiones instantáneas de cada punto del ciclo (punto 8.4.2.3):

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (36): } m_{\text{HC},i} &= 10 \times 3 \times 0,155 &&= 4,650 \\ m_{\text{CO},i} &= 37,3 \times 0,155 &&= 5,782 \\ m_{\text{NOx},i} &= 466,6 \times 0,9576 \times 0,155 &&= 69,26 \end{aligned}$$

Etapas 4: Cálculo de la emisión máscas durante el ciclo mediante integración de los valores de emisión máscas instantánea y de los valores u del cuadro 5 (punto 8.4.2.3)

Se considera el cálculo siguiente para el ciclo WHTC (1 800 s) y la misma emisión en cada punto del ciclo.

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (36): } m_{\text{HC}} &= 0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650 &&= 4,01 \text{ g/ensayo} \\ m_{\text{CO}} &= 0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782 &&= 10,05 \text{ g/ensayo} \\ m_{\text{NOx}} &= 0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26 &&= 197,72 \text{ g/ensayo} \end{aligned}$$

Etapa 5: Cálculo de las emisiones específicas (punto 8.6.3)

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (69): } e_{\text{HC}} &= 4,01 / 40 &&= 0,10 \text{ g/kWh} \\ e_{\text{CO}} &= 10,05 / 40 &&= 0,25 \text{ g/kWh} \\ e_{\text{NOx}} &= 197,72 / 40 &&= 4,94 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

A.6.4. Emisiones de partículas (diésel)

$P_{b,b}$ (kPa)	$P_{b,a}$ (kPa)	W_{act} (kWh)	$q_{\text{mew},i}$ (kg/s)	$q_{\text{mf},i}$ (kg/s)	$q_{\text{mdw},i}$ (kg/s)	$q_{\text{mdew},i}$ (kg/s)	$m_{\text{uncor},b}$ (mg)	$m_{\text{uncor},a}$ (mg)	m_{sep} (kg)
99	100	40	0,155	0,005	0,0015	0,0020	90,0000	91,7000	1,515

Etapa 1: Cálculo de m_{edf} (punto 8.4.3.2.2)

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (48): } r_{d,i} &= \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)} &&= 4 \\ \text{Ecuación (47): } q_{\text{medf},i} &= 0,155 \times 4 &&= 0,620 \text{ kg/s} \\ \text{Ecuación (46): } m_{\text{edf}} &= \sum_{i=1}^{1800} 0,620 &&= 1\,116 \text{ kg/ensayo} \end{aligned}$$

Etapa 2: Corrección de flotabilidad de la masa de partículas (punto 8.3)

Antes del ensayo:

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (26): } \rho_{a,b} &= \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295} &&= 1,164 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Ecuación (25): } m_{f,T} &= 90,0000 \times \frac{(1 - 1,164 / 8000)}{(1 - 1,164 / 2300)} &&= 90,0325 \text{ mg} \end{aligned}$$

Después del ensayo:

$$\begin{aligned} \text{Ecuación (26): } \rho_{a,a} &= \frac{100 \times 28,836}{8,3144 \times 295} &&= 1,176 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Ecuación (25): } m_{f,G} &= 91,7000 \times \frac{(1 - 1,176 / 8000)}{(1 - 1,176 / 2300)} &&= 91,7334 \text{ mg} \\ \text{Ecuación (27): } m_p &= 91,7334 \text{ mg} - 90,0325 \text{ mg} &&= 1,7009 \text{ mg} \end{aligned}$$

Etapa 3: Cálculo de la emisión másica de partículas (punto 8.4.3.2.2)

$$\text{Ecuación (45): } m_{\text{PM}} = \frac{1,7009 \times 1116}{1,515 \times 1000} = 1,253 \text{ g/ensayo}$$

Etapa 4: Cálculo de las emisiones específicas (punto 8.6.3)

$$\text{Ecuación (69): } e_{\text{PM}} = 1,253 / 40 = 0,031 \text{ g/kWh}$$

APÉNDICE 7

INSTALACIÓN DE ACCESORIOS Y EQUIPO PARA LOS ENSAYOS DE EMISIONES

Número	Accesorios	Instalados para el ensayo de emisiones
1	Sistema de admisión Colector de admisión Sistema de control de las emisiones del cárter Dispositivos de control para el sistema de colector de admisión doble a inducción Flujómetro de aire Conducto de admisión de aire Filtro de aire Silenciador de admisión Limitador de velocidad	Sí Sí Sí Sí Sí, o equipo de la celda de ensayo Sí, o equipo de la celda de ensayo Sí, o equipo de la celda de ensayo Sí
2	Calentador por inducción del colector de admisión	Sí, a ser posible se regulará en la posición más favorable
3	Sistema de escape Colector de escape Tubos de conexión Silenciador Tubo de salida Ralentizador de escape Dispositivo de sobrealimentación	Sí Sí Sí Sí No, o totalmente abierto Sí
4	Bomba de alimentación de combustible	Sí
5	Equipo para motores de gas Sistema de control electrónico, flujómetro de aire, etc. Reductor de presión Evaporador Mezclador	Sí Sí Sí Sí Sí
6	Equipo de inyección de combustible Prefiltro Filtro Bomba Tubo de alta presión Inyector Válvula de admisión de aire Sistema de control electrónico, sensores, etc. Regulador/sistema de control Tope automático de plena carga de la cremallera de control en función de las condiciones atmosféricas	Sí Sí Sí Sí Sí Sí Sí Sí Sí
7	Equipamiento de refrigeración por líquido Radiador Ventilador Carenado del ventilador Bomba de agua Termostato	No No No Sí Sí, puede dejarse en posición totalmente abierta

Número	Accesorios	Instalados para el ensayo de emisiones
8	Refrigeración por aire Carenado Ventilador o soplante Dispositivo termorregulador	No No No
9	Equipo eléctrico Generador Bobina o bobinas Cableado Sistema de control electrónico	No Sí Sí Sí
10	Equipo de sobrealimentación Compresor accionado directamente por el motor o los gases de escape Refrigerador del aire de sobrealimentación Bomba del refrigerante o ventilador (accionados por el motor) Dispositivo regulador del caudal de refrigerante	Sí Sí, o sistema de la celda de ensayo No Sí
11	Dispositivo anticontaminación (sistema de postratamiento del gas de escape)	Sí
12	Equipamiento de arranque	Sí, o sistema de la celda de ensayo
13	Bomba del aceite lubricante	Sí»

Se modifica el anexo 9B.

El título queda modificado como sigue:

«REQUISITOS TÉCNICOS DE LOS SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO A BORDO (OBD)»

El punto 1 queda modificado como sigue:

«1. APLICABILIDAD

El presente anexo es aplicable a los motores diésel o alimentados por gas (GN o GLP) destinados a su instalación en vehículos de carretera, pero no es aplicable a los motores de combustible dual o bicomcombustible.

Nota: Se aplicará el anexo 9B en lugar del anexo 9A cuando así lo decidan las partes contratantes, a condición de que también se aplique el anexo 4B. Sin embargo, cuando una parte contratante decida aplicar el presente anexo, algunos requisitos del anexo 9A podrán seguir siendo aplicables si así lo solicita explícitamente dicha parte contratante, siempre que dichos requisitos no contradigan las especificaciones del presente anexo.».

El punto 3.35 queda modificado como sigue:

«3.35. “Ciclo de calentamiento”: el tiempo de funcionamiento del motor suficiente para que la temperatura del refrigerante aumente al menos 22 K (22 °C / 40 °F) desde la puesta en marcha del motor y alcance un valor mínimo de 333 K (60 °C / 140 °F) (2).».

El punto 3.36 queda modificado como sigue:

«3.36. Abreviaturas

CV	Ventilación del cárter
DOC	Catalizador de oxidación diésel
DPF	Filtro o trampa de partículas diésel, incluidos el DPF catalizado y las trampas de regeneración continua (CRT)
DTC	Código de problema de diagnóstico
EGR	Recirculación del gas de escape
HC	Hidrocarburos
LNT	Trampa de NO _x pobre (o absorbedor de NO _x)
GLP	Gas licuado de petróleo
MECS	Estrategia de control de mal funcionamiento relacionado con las emisiones
GN	Gas natural
NO _x	Óxidos de nitrógeno
OTL	Umbrales del sistema OBD
PM	Partículas
SCR	Reducción catalítica selectiva
SW	Limpiaparabrisas
TFF	Supervisión de fallo funcional total
VGT	Turbina de geometría variable
VVT	Regulación de válvula variable».

El punto 4.3 queda modificado como sigue:

«4.3. Requisitos del registro de la información del sistema OBD

Cuando se detecte un mal funcionamiento [...]

Cuando el sistema deje de detectar un mal funcionamiento confirmado y activo durante una secuencia de funcionamiento completa, este se catalogará como “activo” al inicio de la siguiente secuencia de funcionamiento y mantendrá dicha categoría hasta que la información del OBD asociada con dicho mal funcionamiento sea borrada por una herramienta de exploración o sea borrada de la memoria del ordenador con arreglo al punto 4.4.»

En el punto 4.7.1.2., letra l), en la versión inglesa «active DTCs Class B1» se sustituye por «active DTCs for Class B1» (esta modificación no afecta a la versión española).

El punto 5.2.3 queda modificado como sigue:

«5.2.3. Nivel de combustible bajo

Los fabricantes podrán solicitar la autorización de desactivar los sistemas de supervisión afectados por un nivel de combustible/de presión bajo o cuyo combustible se agote (por ejemplo, diagnóstico de un mal funcionamiento del sistema de alimentación de combustible o fallo de encendido) como se indica a continuación:

	Diésel	Gas	
		GN	GLP
a) El nivel bajo de combustible considerado para dicha desactivación no excederá de 100 litros, o 20 % de la capacidad nominal del depósito (el valor que sea inferior).	X		X
b) El nivel bajo de presión en el depósito considerado para dicha desactivación no excederá del 20 % de la presión nominal del combustible en el depósito.		X»	

Se añade el punto 5.2.8 siguiente:

«5.2.8. Repostar combustible

Una vez repostado el combustible, el fabricante de un vehículo alimentado por gas podrá desactivar temporalmente el sistema OBD cuando el sistema tenga que adaptarse al reconocimiento por la unidad de control electrónico de un cambio en la calidad y composición del combustible.

El sistema OBD se reactivará en cuanto se haya reconocido el nuevo combustible y los parámetros del motor se hayan reajustado. Esta desactivación estará limitada a un máximo de 10 minutos.».

Se añade la letra d) al punto 6, que queda modificado como sigue:

«6. REQUISITOS DE DEMOSTRACIÓN

[...]

d) Procedimiento para seleccionar el combustible de referencia en el caso de un motor alimentado por gas.».

En el punto 6.1.1, letra a), en la versión inglesa se corrige «mission» por «emission» (no afecta a la versión española).

El punto 6.3 queda modificado como sigue:

«6.3. Procedimientos para demostrar el funcionamiento del sistema OBD

El fabricante [...]

En los párrafos siguientes se enumeran los requisitos para demostrar el funcionamiento del sistema OBD, con inclusión de los requisitos de ensayo. El número de ensayos será de cuatro veces el número de familias de motores consideradas dentro de la familia de sistemas OBD y, en todo caso, no será inferior a 8.

Los monitores seleccionados reflejarán equitativamente los distintos tipos de monitores mencionados en el punto 4.2 (a saber, supervisión del umbral de emisiones, de las prestaciones, del fallo funcional total y de los componentes). Los monitores seleccionados también reflejarán equitativamente los distintos elementos enumerados en el apéndice 3.»

El punto 6.3.2 queda modificado como sigue (y se corrige su nota 10):

«6.3.2. Procedimientos para aceptar un componente (o sistema) deteriorado

El presente punto se aplica a los casos en que el mal funcionamiento seleccionando para un ensayo de demostración del sistema OBD se supervise respecto a las emisiones del tubo de escape ⁽¹⁰⁾ (supervisión del límite de emisiones, véase el punto 4.2) y se requiera que el fabricante demuestre, mediante un ensayo de emisiones, la validez del componente deteriorado.

⁽¹⁰⁾ Este punto se extenderá posteriormente a otros monitores distintos del relativo al límite de emisiones.»

Se añade el punto 6.5 siguiente:

«6.5. Procedimiento para seleccionar el combustible de referencia en el caso de un motor alimentado por gas

Para demostrar el funcionamiento del OBD y justificar la clasificación del mal funcionamiento se utilizará uno de los combustibles de referencia mencionados en el anexo 5 con los que el motor esté diseñado para funcionar.

La selección de dicho combustible de referencia será efectuada por el organismo de homologación de tipo, que proporcionará al laboratorio de ensayo tiempo suficiente para que proporcione el combustible de referencia seleccionado.»

El punto 7.2 queda modificado como sigue:

«7.2. Ensayos aplicables

En el contexto del presente anexo:

- a) el ciclo de ensayo de emisiones es el ciclo de ensayo utilizado para medir las emisiones reglamentadas al aceptar un componente o sistema deteriorado;
- b) el ciclo de ensayo del sistema OBD es el ciclo de ensayo utilizado para demostrar la capacidad de los monitores del sistema OBD de detectar casos de mal funcionamiento.»

El punto 7.2.2 queda modificado como sigue (se suprime el término «mundial armonizado»):

«7.2.2. Ciclo de ensayo del sistema OBD

El ciclo de ensayo del sistema OBD considerado en el presente anexo constituye la parte caliente del ciclo WHTC descrito en el anexo 4B.

A petición del fabricante, y previa aprobación del organismo de homologación de tipo, podrá utilizarse un ciclo alternativo de ensayo del sistema OBD (por ejemplo, la parte fría del ciclo WHTC) para un monitor específico. La solicitud incluirá documentación (consideraciones técnicas, simulación, resultados de ensayo, etc.) que demuestre:

- a) que el ciclo de ensayo solicitado para demostrar la supervisión se produce en condiciones de circulación real, y
- b) que la parte caliente del ciclo WHTC parece ser menos adecuada para la supervisión considerada (por ejemplo, la supervisión del consumo de fluido).»

El punto 8.1.3 se modifica como se indica a continuación:

«8.1.3. Documentación asociada a la familia de sistemas OBD en relación con las emisiones

[...]

Además, el fabricante proporcionará una lista de todas las entradas y salidas electrónicas y la identificación del protocolo de comunicación utilizado por cada familia de sistemas OBD en relación con las emisiones.».

En el apéndice 2 (anexo 9B), el párrafo primero queda modificado como sigue:

«El presente apéndice tiene por objeto ilustrar los requisitos establecidos en los puntos 4.3 y 4.6.5 del presente anexo.».

El apéndice 3 (anexo 9B) queda modificado como sigue (asimismo, se le añade el punto 15):

«REQUISITOS DE SUPERVISIÓN

En los puntos del presente apéndice se enumeran los sistemas o componentes que debe supervisar el sistema OBD, con arreglo al punto 4.2. Salvo disposición en contrario, los requisitos se aplicarán tanto a los motores diésel como a los de gas.

PUNTO 1

COMPONENTES DE SUPERVISIÓN ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS

Los componentes eléctricos/electrónicos utilizados para controlar o supervisar los sistemas de control de emisiones descritos en el presente apéndice estarán sujetos a una supervisión de componentes con arreglo a las disposiciones del punto 4.2 del presente anexo. Ello incluye, entre otras cosas, los sensores de presión, los sensores de temperatura, los sensores del gas de escape, los sensores de oxígeno cuando existan, los sensores de detonación, los inyectores de combustible en el escape o de reactivo, los elementos quemadores o calentadores en el escape, las bujías de calentamiento y los calentadores del aire de admisión.

Si existe un bucle de control de retroinformación, el sistema OBD supervisará la capacidad del sistema de mantener el control de retroinformación como ha sido diseñado (por ejemplo, para introducir el control de retroinformación en el plazo de tiempo establecido por el fabricante, o si el sistema no puede mantener el control de retroinformación o el control de retroinformación ha agotado todos los ajustes permitidos por el fabricante) — supervisión de componentes.

Nota: Estas disposiciones se aplican a todos los componentes eléctricos o electrónicos, incluso si pertenecen a alguno de los monitores descritos en otros puntos del presente apéndice.

PUNTO 2

SISTEMA DPF

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema DPF en los motores equipados con ellos:

- a) sustrato del DPF: la presencia del sustrato del filtro de partículas diésel — supervisión de fallo funcional total;
- b) funcionamiento del DPF: obturación — supervisión de fallo funcional total;
- c) funcionamiento del DPF: procesos de filtrado y regeneración (por ejemplo, acumulación de partículas durante el proceso de filtrado y retirada de las partículas durante un proceso de regeneración forzada) — supervisión del funcionamiento (por ejemplo, evaluación de las propiedades medibles del DPF, tales como la contrapresión o la presión diferencial, que podría no detectar todos los modos de fallo que reduzcan la eficacia de filtrado).

PUNTO 3

SUPERVISIÓN DE LA REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA (SCR)

A efectos del presente punto, SCR significa reducción catalítica selectiva u otro dispositivo catalítico de NO_x pobre. El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema SCR en los motores equipados con ellos:

- a) Sistema de inyección de reactivo activo/intrusivo: la capacidad del sistema de regular adecuadamente el suministro de reactivo, mediante una inyección en el escape o una inyección en el cilindro — supervisión del funcionamiento.
- b) Reactivo activo/intrusivo: la disponibilidad a bordo de reactivo, el consumo adecuado del reactivo si se utiliza uno distinto del combustible (por ejemplo, urea) — supervisión del funcionamiento.
- c) Reactivo activo/intrusivo: en la medida de lo posible, la calidad del reactivo si se utiliza uno distinto del combustible (por ejemplo, urea) — supervisión del funcionamiento.
- d) Eficacia de la transformación del catalizador SCR: la capacidad del catalizador SCR de transformar NO_x — supervisión del umbral de emisiones.

PUNTO 4

TRAMPA DE NO_x POBRE (LNT, O ADSORBENTES DE NO_x)

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema LNT en los motores equipados con ellos:

- a) Capacidad del sistema LNT: la capacidad del sistema LNT de adsorber/almacenar y transformar NO_x — supervisión del funcionamiento.
- b) Sistema LNT de inyección de reactivo activo/intrusivo: la capacidad del sistema de regular adecuadamente el suministro de reactivo, mediante una inyección en el escape o una inyección en el cilindro — supervisión del funcionamiento.

PUNTO 5

SUPERVISIÓN DE LOS CATALIZADORES DE OXIDACIÓN (INCLUIDOS LOS CATALIZADORES DE OXIDACIÓN DEL DIÉSEL, DOC)

El presente punto se aplica a los catalizadores de oxidación que están separados de otros sistemas de postratamiento. Los que están incluidos en el cuerpo de un sistema de postratamiento se tratan en el punto correspondiente del presente apéndice.

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes de los catalizadores de oxidación en los motores equipados con ellos:

- a) Eficacia de la transformación de los hidrocarburos: la capacidad de los catalizadores de oxidación de transformar los hidrocarburos antes de otros dispositivos de postratamiento — supervisión del fallo funcional total.
- b) Eficacia de la transformación de los hidrocarburos: la capacidad de los catalizadores de oxidación de transformar los hidrocarburos después de otros dispositivos de postratamiento — supervisión del fallo funcional total.

PUNTO 6

SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DEL GAS DE ESCAPE (EGR)

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema EGR en los motores equipados con ellos:

	Diésel	Gas
a1) Caudal alto/bajo de la EGR: la capacidad del sistema EGR para mantener el caudal de recirculación del gas de escape pedido, detectando tanto el "caudal demasiado bajo" como el "caudal demasiado alto" — supervisión del umbral de emisiones.	X	
a2) Caudal alto/bajo de la EGR: la capacidad del sistema EGR para mantener el caudal de recirculación del gas de escape pedido, detectando tanto el "caudal demasiado bajo" como el "caudal demasiado alto" — supervisión del funcionamiento (requisito de supervisión que se discutirá con más detalle).		X
b) Respuesta lenta del actuador de la EGR: la capacidad del sistema EGR de alcanzar el caudal pedido en el plazo de tiempo especificado por el fabricante después del comando — supervisión del funcionamiento.	X	X
c) Enfriamiento del refrigerador de la EGR: la capacidad del sistema refrigerador de la EGR de lograr el nivel de enfriamiento especificado por el fabricante — supervisión del funcionamiento.	X	X

PUNTO 7

SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de alimentación de combustible en los motores equipados con ellos:

	Diésel	Gas
a) Control de la presión del sistema de alimentación de combustible: la capacidad del sistema de alcanzar la presión de alimentación de combustible pedida en un control de bucle cerrado — supervisión del funcionamiento.	X	
b) Control de la presión del sistema de alimentación de combustible: la capacidad del sistema de alimentación de combustible de alcanzar la presión pedida en un control de bucle cerrado cuando el sistema está construido de manera que la presión pueda controlarse independientemente de otros parámetros — supervisión del funcionamiento.	X	
c) Regulación de la inyección de combustible: la capacidad del sistema de alimentación de combustible de alcanzar la regulación de alimentación pedida durante al menos una de las fases de inyección cuando el motor está equipado con los sensores apropiados — supervisión del funcionamiento.	X	
d) Sistema de inyección de combustible: la capacidad de mantener la relación aire-combustible deseada (incluidas, entre otras, las funciones de autoadaptación) — supervisión del funcionamiento.		X

PUNTO 8

SISTEMA DE CONTROL DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y DE LA PRESIÓN DEL TURBOCOMPRESOR/SOBREALIMENTADOR

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de control del acondicionamiento de aire y de la presión del turbocompresor/sobrealimentador en los motores equipados con ellos:

	Diésel	Gas
a1) Turbocompresión insuficiente/excesiva: la capacidad del sistema de turbocompresión de mantener la presión pedida, detectando tanto las situaciones tanto de "turbocompresión insuficiente" como de "turbocompresión excesiva" — supervisión del umbral de emisiones.	X	
a2) Turbocompresión insuficiente/excesiva: la capacidad del sistema de turbocompresión de mantener la presión pedida, detectando tanto las situaciones tanto de "turbocompresión insuficiente" como de "turbocompresión excesiva" — supervisión del funcionamiento; (requisito de supervisión que se tratará con más detalle).		X
b) Respuesta lenta del turbo de geometría variable: la capacidad del turbo de geometría variable de alcanzar la geometría pedida en el plazo de tiempo especificado por el fabricante — supervisión del funcionamiento.	X	X
c) Refrigeración del aire de sobrealimentación: la eficacia del sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación — fallo funcional total.	X	X

PUNTO 9

SISTEMA DE REGULACIÓN VARIABLE DE LAS VÁLVULAS

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de regulación variable de las válvulas en los motores equipados con ellos:

- a) Error de objetivo de la regulación variable de las válvulas: la capacidad del sistema de regulación variable de las válvulas de alcanzar la regulación de las válvulas pedida — supervisión del funcionamiento.
- b) Respuesta lenta de la regulación variable de las válvulas: la capacidad del sistema de regulación variable de las válvulas de alcanzar la regulación de las válvulas en el plazo de tiempo especificado por el fabricante — supervisión del funcionamiento.

PUNTO 10

SUPERVISIÓN DEL FALLO DE ENCENDIDO

	Diésel	Gas
a) Ninguna prescripción.	X	
b) Fallo de encendido que puede dañar el catalizador (por ejemplo, supervisando un determinado porcentaje de fallos de encendido en un período de tiempo concreto) — supervisión del funcionamiento; (requisito de supervisión que se tratará con más detalle junto con los puntos 6 y 8).		X

PUNTO 11

SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL CÁRTER

Ninguna prescripción.

PUNTO 12

SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento de los elementos siguientes del sistema de refrigeración del motor:

- a) Temperatura del refrigerante del motor (termostato): Termostato que se ha quedado abierto. Los fabricantes no necesitan supervisar el termostato si el fallo no desactiva ningún otro monitor del sistema OBD — fallo funcional total.

Los fabricantes no necesitan supervisar la temperatura del refrigerante del motor o el sensor de temperatura de dicho refrigerante si no se utilizan para el control del bucle cerrado/de la retroinformación de ningún sistema de control de emisiones o no desactivarán ningún otro monitor.

Los fabricantes podrán suspender o retrasar el monitor hasta alcanzar la temperatura de activación del bucle cerrado si el motor está sometido a condiciones que pudieran dar lugar a un falso diagnóstico (por ejemplo, el funcionamiento del vehículo durante más del 50 % al 75 % del tiempo de calentamiento).

PUNTO 13

SUPERVISIÓN DE LOS SENSORES DE OXÍGENO Y DEL GAS DE ESCAPE

El sistema OBD supervisará los elementos siguientes:

	Diésel	Gas
a) Los elementos eléctricos de los sensores del gas de escape en los motores equipados con ellos con arreglo al punto 1 del presente apéndice — supervisión de los componentes.	X	X
b) Los sensores de oxígeno primarios y secundarios (control del combustible). Estos sensores son considerados sensores del gas de escape, que han de supervisarse con arreglo al punto 1 del presente apéndice — supervisión de los componentes.		X

PUNTO 14

SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL RÉGIMEN DE RALENTÍ

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento, con arreglo al punto 1 del presente apéndice, de los elementos eléctricos de los sistemas de control del régimen de ralentí en los motores equipados con ellos.

PUNTO 15

CATALIZADOR DE TRES VÍAS

El sistema OBD supervisará el buen funcionamiento del catalizador de tres vías en los motores equipados con ellos:

	Diésel	Gas
a) Eficacia de la transformación del catalizador de tres vías: la capacidad del catalizador de transformar NO _x y CO — supervisión del funcionamiento.		X»

El apéndice 4 (anexo 9B) queda modificado como sigue:

«Informe de conformidad técnica

Este informe [...]

INFORME DE CONFORMIDAD FINAL

El expediente documental y el sistema OBD/familia de sistemas OBD sobre emisiones que se describe cumplen los requisitos establecidos en el Reglamento siguiente:

Reglamento ... / versión ... / fecha de aplicación ... / tipo de combustible

[...]».

En el anexo 9B, apéndice 4, punto 4, apartado 1.1, en la línea «Información sobre el ensayo:» del cuadro, se sustituye «Combustible del ensayo:» por «Combustible de referencia:».

En el anexo 9B, apéndice 5, el cuadro 3 queda modificado como sigue:

«Cuadro 3

Información opcional, si es utilizada por el sistema de emisiones o el sistema OBD para habilitar o inhabilitar cualquier información del sistema OBD

	Imagen fija	Flujo de datos
Nivel de combustible o de presión del combustible en el depósito (según proceda)	X	X
Temperatura del aceite del motor	X	X
Velocidad del vehículo	X	X
Estado del sistema de adaptación a la calidad del combustible (activo/no activo) en caso de motores de gas		X
Tensión del sistema informático de control del motor (para el chip de control principal)	X	X»

En el anexo 9B, apéndice 5, el cuadro 4 queda modificado como a continuación se indica:

«Cuadro 4

Información optativa, si el motor está equipado para ello, detecta la información o la calcula

	Imagen fija	Flujo de datos
Posición absoluta de la válvula ...	X	X
...		
Salida del sensor de oxígeno		X
Salida del sensor de oxígeno secundario (si se ha instalado)		X
Salida del sensor de NO _x		X»

Se añade el anexo 9C siguiente:

«ANEXO 9C

Requisitos técnicos para la evaluación del funcionamiento en servicio de los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)

1. APLICABILIDAD

En su versión actual, el presente anexo solo es aplicable a los vehículos de carretera equipados con un motor diésel.

2. (Reservado)

3. DEFINICIONES

3.1. “Relación del funcionamiento en servicio”

La relación del funcionamiento en servicio (IUPR) de un monitor específico m del sistema OBD es:
 $IUPR_m = \text{Numerador}_m / \text{Denominador}_m$

3.2. “Numerador”

El numerador de un monitor específico m (Numerador_m) es un contador que indica el número de veces en que un vehículo ha funcionado reuniendo todas las condiciones de supervisión necesarias para que dicho monitor detecte un mal funcionamiento.

3.3. “Denominador”

El denominador de un monitor específico m (Denominador_m) es un contador que indica el número de sucesos de conducción del vehículo, teniendo en cuenta las condiciones específicas de dicho monitor en concreto.

3.4. “Denominador general”

El denominador general es un contador que indica el número de veces en que un vehículo ha funcionado, teniendo en cuenta las condiciones generales.

3.5. “Contador del ciclo de encendido”

El contador del ciclo de encendido es un contador que indica el número de arranques del motor que el vehículo ha experimentado.

3.6. “Arranque del motor”

Un arranque del motor consta de tres fases (encendido en “on”, giro del motor por medio del motor de arranque e inicio de la combustión) y termina cuando el régimen del motor alcanza 150 min^{-1} por debajo del régimen de ralentí normal en caliente.

3.7. “Ciclo de conducción”

Un ciclo de conducción es una secuencia que consta de un arranque del motor, un período de funcionamiento, una parada del motor y el período hasta el siguiente arranque del motor.

3.8. Abreviaturas

IUPR Relación del funcionamiento en servicio

$IUPR_m$ Relación del funcionamiento en servicio de un monitor específico m .

4. REQUISITOS GENERALES

El sistema OBD será capaz de efectuar un seguimiento y de registrar los datos del funcionamiento en servicio (punto 6) de los monitores especificados en el presente punto, de almacenar dichos datos en una memoria informática y de comunicarlos al exterior cuando así se requiera (punto 7).

Los datos del funcionamiento en servicio de un monitor consisten en el numerador y el denominador que permiten el cálculo de la IUPR.

4.1. Monitores de la IUPR

4.1.1. Grupos de monitores

Los fabricantes implementarán algoritmos de software en el sistema OBD para efectuar un seguimiento y comunicar, de forma individualizada, los datos del funcionamiento en servicio de los grupos de monitores mencionados en el apéndice 1 del presente anexo.

No será necesario que los fabricantes implementen algoritmos de software en el sistema OBD para efectuar un seguimiento y comunicar, de manera individualizada, los datos del funcionamiento en servicio de los monitores que funcionen continuamente, definidos en el punto 4.2.3 del anexo 9B, si estos ya forman parte de uno de los grupos de monitores mencionados en el apéndice 1 del presente anexo.

Los datos del funcionamiento en servicio de los monitores asociados a distintas líneas de escape o a distintos conjuntos de motores dentro de un grupo de monitores serán seguidos y registrados por separado conforme a lo dispuesto en el punto 6 y serán comunicados con arreglo a lo dispuesto en el punto 7.

4.1.2. Varios monitores

Para cada grupo de monitores de los que sea necesario informar, conforme al punto 4.1.1, el sistema OBD efectuará un seguimiento por separado de los datos del funcionamiento en servicio, con arreglo al punto 6, correspondientes a cada monitor específico perteneciente a dicho grupo.

4.2. Limitación del uso de los datos del funcionamiento en servicio

Los datos del funcionamiento en servicio de un único vehículo se utilizarán para la evaluación estadística del funcionamiento en servicio del sistema OBD de un grupo más amplio de vehículos.

A diferencia de otros datos OBD, los datos del funcionamiento en servicio no se utilizarán para obtener conclusiones sobre la aptitud para circular de un vehículo concreto.

5. REQUISITOS PARA EL CÁLCULO DE LAS RELACIONES DEL FUNCIONAMIENTO EN SERVICIO

5.1. Cálculo de la relación del funcionamiento en servicio

La relación del funcionamiento en servicio para cada monitor m considerado en el presente anexo se calcula con la fórmula siguiente:

$$IUPR_m = \text{Numerador}_m / \text{Denominador}_m$$

donde el Numerador_m y el Denominador_m son aumentados con arreglo a lo dispuesto en el presente punto.

5.1.1. Requisitos relativos a la relación cuando sea calculada y almacenada por el sistema

Cada $IUPR_m$ tendrá un valor mínimo de cero y un valor máximo de 7,99527, con una resolución de 0,000122 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Este valor se corresponde con un valor máximo hexadecimal de 0xFFFF con una resolución de 0x1.

Se considerará que la relación relativa a un componente específico es cero cuando el numerador correspondiente sea igual a cero y el denominador correspondiente no sea cero.

Se considerará que la relación relativa a un componente específico es el valor máximo de 7,99527 si el denominador correspondiente es cero o si el valor real del numerador dividido por el denominador es mayor que el valor máximo de 7,99527.

5.2. Requisitos aplicables al aumento del numerador

El numerador no se aumentará más de una vez por ciclo de conducción.

El numerador correspondiente a un monitor específico será aumentado en los 10 segundos solo en el caso de que se cumplan los criterios siguientes en un solo ciclo de conducción:

- a) Se han cumplido todas las condiciones de supervisión necesarias para el monitor del componente específico a fin de detectar un mal funcionamiento y almacenar un posible DTC, entre las que figuran los criterios de activación, la presencia o ausencia de DTC relacionados, la duración suficiente de la supervisión y el orden de prioridad de los diagnósticos (por ejemplo, el diagnóstico "A" debe ejecutarse antes que el diagnóstico "B").

Nota: A efectos de aumentar el numerador de un motor específico, puede que no baste con cumplir todas las condiciones de supervisión necesarias para dicho monitor a fin de determinar la ausencia de mal funcionamiento.

- b) En el caso de monitores que requieran múltiples fases o sucesos en un solo ciclo de conducción para detectar un mal funcionamiento, se cumplirán todas las condiciones de supervisión necesarias para la realización completa de todos los sucesos.
- c) En el caso de monitores que se utilicen para la identificación de fallos y que solo funcionen una vez almacenado un DTC potencial, el numerador y el denominador serán los mismos que en el caso del monitor que detecte el mal funcionamiento original.
- d) En cuanto a los monitores que requieran un funcionamiento intrusivo para investigar con más detalle la presencia de un mal funcionamiento, el fabricante podrá presentar al organismo de homologación de tipo otra forma de aumentar el numerador. Esta alternativa deberá ser equivalente a la que habría permitido aumentar el numerador si se hubiese producido un mal funcionamiento.

En el caso de los monitores que funcionen o que su funcionamiento termine durante una operación con el motor apagado, el numerador se aumentará en los 10 segundos siguientes al término de la supervisión durante una operación con el motor apagado o durante los 10 primeros segundos del arranque del motor en el ciclo de conducción siguiente.

5.3. Requisitos aplicables al aumento del denominador

5.3.1. Normas generales relativas al aumento

El denominador será aumentado una vez por ciclo de conducción si, durante este:

- a) el denominador general es aumentado conforme a lo dispuesto en el punto 5.4;
- b) el denominador no está desactivado de acuerdo con el punto 5.6, y
- c) cuando proceda, se cumplen las normas suplementarias del punto 5.3.2.

5.3.2. Normas suplementarias en materia de aumento que son específicas para un monitor

5.3.2.1. Denominador específico para el sistema de evaporación (reservado)

5.3.2.2. Denominador específico para los sistemas de aire secundario (reservado)

5.3.2.3. Denominador específico para los componentes/sistemas que funcionan solo al arranque del motor

Además de los requisitos del punto 5.3.1, letras a) y b), los denominadores correspondientes a los monitores de los componentes o sistemas que funcionen solo al arranque del motor serán aumentados si el componente o estrategia es encendido (puesto en "on") durante un mínimo de 10 segundos.

A los efectos de determinar este período de encendido, el sistema OBD podrá no registrar tiempo alguno durante el funcionamiento intrusivo del cualquiera de los componentes o estrategias en un momento posterior del mismo ciclo de conducción con fines exclusivos de supervisión.

5.3.2.4. Denominador específico para los componentes o sistemas que no son puestos en funcionamiento de manera continua

Además de los requisitos del punto 5.3.1, letras a) y b), los denominadores correspondientes a los monitores de los componentes o sistemas que no sean puestos en funcionamiento de manera continua (por ejemplo, los sistemas de regulación variable de las válvulas — VVT — o las válvulas EGR) serán aumentados si el componente o sistema es puesto en funcionamiento (p.ej., puesto en "on", abierto, cerrado o bloqueado) en dos o más ocasiones durante el ciclo de conducción o durante un total de 10 segundos como mínimo, lo que antes suceda.

5.3.2.5. Denominador específico para el filtro de partículas

Además de los requisitos del punto 5.3.1, letras a) y b), en al menos un ciclo de conducción los denominadores correspondientes a los DPF serán aumentados si el vehículo ha recorrido al menos un total de 800 km o bien el motor ha funcionado un mínimo de 750 minutos desde el último aumento del denominador.

5.3.2.6. Denominador específico para los catalizadores de oxidación

Además de los requisitos del punto 5.3.1, letras a) y b), en al menos un ciclo de ensayo los denominadores correspondientes a los monitores de los catalizadores de oxidación utilizados para la regeneración activa del DPF serán aumentados si se produce una regeneración durante un mínimo de 10 segundos.

5.3.2.7. Denominador específico para los híbridos (reservado)

5.4. Requisitos aplicables al aumento del denominador general

El denominador general será aumentado en los 10 segundos solo en el caso de que se cumplan todos los criterios siguientes en un solo ciclo de conducción:

- a) El tiempo total desde el inicio del ciclo de conducción es mayor o igual a 600 segundos:
 - i) a una altitud inferior a 2 500 metros sobre el nivel del mar,
 - ii) a una temperatura ambiente superior o igual a 266 K ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}$),
 - iii) a una temperatura ambiente inferior o igual a 308 K ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- b) El total del funcionamiento del motor a $1\ 150\ \text{min}^{-1}$ o más es superior o igual a 300 segundos en las condiciones especificadas en la letra a) anterior; en lugar del criterio de $1\ 150^{-1}$, el fabricante podrá utilizar un funcionamiento del motor al 15 % o más de la carga calculada o un funcionamiento del vehículo a una velocidad igual o superior a 40 km/h.
- c) El funcionamiento continuo del motor al ralentí (por ejemplo, el conductor ha levantado el pie del pedal del acelerador y la velocidad del vehículo es inferior o igual a 1,6 km/h o bien el régimen del motor es inferior o igual a $200\ \text{min}^{-1}$ por encima del ralentí normal con el motor calentado) es superior o igual a 30 segundos en las condiciones especificadas en la letra a) anterior.

5.5. Requisitos aplicables al aumento del contador del ciclo de encendido

El contador del ciclo de encendido será aumentado solo una vez por cada arranque del motor.

5.6. Desactivación del aumento de los numeradores, los denominadores y el denominador general

5.6.1. En los 10 segundos siguientes a la detección de un mal funcionamiento (es decir, se almacena un DTC potencial o un DTC confirmado y activo) que desactive un monitor, el sistema OBD desactivará el aumento posterior del numerador y denominador correspondiente de cada monitor desactivado.

Cuando deje de detectarse el mal funcionamiento (por ejemplo, el DTC potencial es borrado por auto-limpieza o mediante una orden de la herramienta de exploración), el aumento de todos los numeradores y denominadores correspondientes se reanudará en 10 segundos.

5.6.2. En los 10 segundos siguientes al inicio del funcionamiento de una unidad de toma de fuerza (PTO) que desactive un monitor, tal como se autoriza en el punto 5.2.5 del anexo 9B, el sistema OBD desactivará el aumento posterior del numerador y denominador correspondiente de cada monitor desactivado.

Cuando la PTO deje de funcionar, el aumento de todos los numeradores y denominadores correspondientes se reanudará en 10 segundos.

5.6.3. En el caso de un mal funcionamiento (es decir, se ha almacenado un DTC potencial o un DTC confirmado y activo) que impida determinar si se cumplen los criterios correspondientes al denominador_m de un monitor m mencionados en el punto 5.3 ⁽¹⁾, el sistema OBD desactivará el aumento posterior del numerador_m y del denominador_m en 10 segundos.

El aumento del numerador_m y del denominador_m se reanudará en 10 segundos cuando haya desaparecido el mal funcionamiento (por ejemplo, el código pendiente es borrado por autolimpieza o mediante una orden de la herramienta de exploración).

5.6.4. En el caso de un mal funcionamiento (es decir, se ha almacenado un DTC potencial o un DTC confirmado y activo) que impida determinar si se cumplen los criterios correspondientes al denominador general mencionados en el punto 5.4 ⁽²⁾, el sistema OBD desactivará el aumento posterior del numerador general en 10 segundos.

El aumento del denominador general se reanudará en 10 segundos cuando haya desaparecido el mal funcionamiento (por ejemplo, el código pendiente es borrado por autolimpieza o mediante una orden de la herramienta de exploración).

El aumento del denominador general no podrá desactivarse en otras condiciones.

6. REQUISITOS PARA EL SEGUIMIENTO Y REGISTRO DE LOS DATOS DEL FUNCIONAMIENTO EN SERVICIO

Para cada grupo de monitores enumerados en el apéndice 1 del presente anexo, el sistema OBD efectuará un seguimiento por separado de los numeradores y denominadores correspondientes a cada monitor específico recogido en el apéndice 3 del anexo 9B y que pertenezca a dicho grupo.

Solo comunicará el numerador y denominador correspondiente del monitor específico que tenga la relación numérica más baja.

Si dos o más monitores específicos tienen relaciones idénticas, en el caso del grupo específico de monitores se comunicarán el numerador y el denominador correspondiente del monitor específico que tenga el denominador más elevado

⁽¹⁾ Por ejemplo, la velocidad del vehículo, el régimen del motor, la carga calculada, la temperatura ambiente, la altitud, el funcionamiento al ralentí o el tiempo de funcionamiento.

⁽²⁾ El fabricante puede utilizar un modo de visualización adicional del diagnóstico a bordo, como la instalación de un dispositivo de videopantalla en el salpicadero, para acceder a los datos del funcionamiento en servicio. Este dispositivo adicional no estará sujeto a los requisitos del presente anexo.

Para determinar objetivamente la relación más baja de un grupo, solo se tendrán en cuenta los monitores mencionados explícitamente en dicho grupo (por ejemplo, cuando un sensor de NO_x se utilice para realizar una de las supervisiones recogidas en el anexo 9B, apéndice 3, punto 3 “SCR”, será tenido en cuenta en el grupo de monitores “sensores del gas de escape” y no en el grupo de monitores “SCR”).

El sistema OBD también realizará un seguimiento del denominador general y del contador del ciclo de encendido y los comunicará.

Nota: conforme al punto 4.1.1, no será necesario que los fabricantes implementen algoritmos de software en el sistema OBD para efectuar un seguimiento y comunicar, de manera individualizada, los numeradores y denominadores de los monitores que funcionen continuamente.

7. REQUISITOS PARA EL ALMACENAMIENTO Y LA COMUNICACIÓN DE LOS DATOS DEL FUNCIONAMIENTO EN SERVICIO

La comunicación de los datos del funcionamiento en servicio constituye un nuevo caso de utilización y no está incluido en los tres casos existentes, dedicados a la presencia de posibles casos de mal funcionamiento.

7.1. Información sobre los datos del funcionamiento en servicio

La información sobre los datos del funcionamiento en servicio registrada por el sistema OBD estará disponible cuando la solicite un ordenador externo con arreglo a lo dispuesto en el punto 7.2.

Esta información proporcionará a los organismos de homologación de tipo datos del funcionamiento en servicio.

El sistema OBD facilitará toda la información necesaria (de acuerdo con la norma aplicable establecida en el apéndice 6) para que el equipo externo de ensayo de la IUPR asimile los datos y ofrezca al inspector la información siguiente:

- a) el número de identificación del vehículo (VIN);
- b) el numerador y el denominador correspondientes a cada grupo de monitores registrados por el sistema conforme al punto 6;
- c) el denominador general;
- d) el valor del contador del ciclo de encendido;
- e) el total de horas de funcionamiento del motor.

Esta información estará disponible a través de un acceso que solo permita la lectura (“read-only”) (es decir, no podrá borrarse).

7.2. Acceso a los datos del funcionamiento en servicio

El acceso a los datos del funcionamiento en servicio se dará únicamente de acuerdo con las normas mencionadas en el apéndice 6 del anexo 9B y en los apartados siguientes ⁽¹⁾)

El acceso a los datos del funcionamiento en servicio no estará sujeto a ningún tipo de contraseña, dispositivo o método que solo puedan facilitar el fabricante o sus proveedores. La interpretación de los datos del funcionamiento en servicio no precisará de ninguna información de decodificación especial, salvo que dicha información esté a disposición del público.

El método de acceso (es decir, el punto/nodo) a los datos del funcionamiento en servicio será el mismo que el utilizado para recuperar la información del sistema OBD. Este método permitirá acceder a todos los datos del funcionamiento en servicio requeridos en virtud del presente anexo.

⁽¹⁾ El fabricante puede utilizar un modo de visualización adicional del diagnóstico a bordo, como la instalación de un dispositivo de videopantalla en el salpicadero, para acceder a los datos del funcionamiento en servicio. Este dispositivo adicional no estará sujeto a los requisitos del presente anexo.

7.3. Puesta a cero de los datos del funcionamiento en servicio

7.3.1. Puesta a cero

Cada número será puesto a cero solo cuando se produzca una puesta a cero de la memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM) (por ejemplo, una reprogramación). Los números no podrán ser puestos a cero en ninguna otra circunstancia, incluso cuando una herramienta de exploración emita la orden de borrar los códigos de fallo.

7.3.2. Puesta a cero en caso de desbordamiento de la memoria

Para evitar problemas de desbordamiento, cuando el numerador o el denominador correspondiente a un monitor específico alcance $65\,535 \pm 2$, se dividirán ambos números por 2 antes de que ninguno de ambos aumente de nuevo.

Si el contador del ciclo de encendido alcanza el valor máximo de $65\,535 \pm 2$, dicho contador podrá renovarse y aumentar a cero en el próximo ciclo de encendido para evitar problemas de desbordamiento.

Si el denominador general alcanza el valor máximo de $65\,535 \pm 2$, dicho denominador podrá renovarse y aumentar a cero en el próximo ciclo de conducción que responda a la definición del denominador general a fin de evitar problemas de desbordamiento.

APÉNDICE 1

GRUPOS DE MONITORES

Los grupos de monitores que se tienen en cuenta en el presente anexo son los siguientes:

A. Catalizadores de oxidación

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 5 del apéndice 3 del anexo 9B.

B. Sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR)

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 3 del apéndice 3 del anexo 9B.

C. Sensores del gas de escape y del oxígeno

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 13 del apéndice 3 del anexo 9B.

D. Sistemas de EGR y VVT

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en los puntos 6 y 9 del apéndice 3 del anexo 9B.

E. Sistemas del DPF

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 2 del apéndice 3 del anexo 9B.

F. Sistema de control del sobrealimentador

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 8 del apéndice 3 del anexo 9B.

G. Adsorbente de NO_x

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 4 del apéndice 3 del anexo 9B.

H. Catalizador de tres vías

Los monitores específicos de dicho grupo son los enumerados en el punto 15 del apéndice 3 del anexo 9B.

I. Sistemas de evaporación (reservado)

J. Sistema de aire secundario (reservado)

Un monitor específico pertenecerá solo a uno de estos grupos.»

Se añade el anexo 10 siguiente:

«ANEXO 10

REQUISITOS TÉCNICOS RELATIVOS A LAS EMISIONES FUERA DE CICLO (OCE)

1. APLICABILIDAD

En el presente anexo se establecen requisitos relativos a las emisiones fuera de ciclo basados en el funcionamiento y se prohíben las estrategias de manipulación para los motores de gran potencia y los vehículos pesados a fin de conseguir un control efectivo de las emisiones bajo una gran variedad de condiciones de funcionamiento de los motores y ambientales experimentadas durante el funcionamiento normal del vehículo.

2. Reservado ⁽¹⁾

3. DEFINICIONES

3.1. “Estrategia auxiliar de emisiones (AES)”: estrategia en materia de emisiones que se activa y que sustituye o que modifica una estrategia básica de emisiones para uno o varios fines concretos en respuesta a un conjunto específico de condiciones ambientales o de funcionamiento, y que solo permanece operativa mientras existan dichas condiciones.

3.2. “Estrategia básica de emisiones (BES)”: estrategia en materia de emisiones activa en los distintos intervalos del régimen y de la carga del motor, excepto cuando se haya activado una AES.

3.3. “Estrategia de manipulación”: estrategia de emisiones que no cumple los requisitos de funcionamiento correspondientes a una estrategia básica o auxiliar de emisiones que se especifican en el presente anexo.

3.4. “Elemento de diseño” es:

- a) el sistema del motor;
- b) cualquier sistema de control, como por ejemplo: el software informático, los sistemas electrónicos de control y la lógica del ordenador;
- c) cualquier calibración del sistema de control, o
- d) los resultados de las interacciones de los sistemas.

3.5. “Estrategia de emisiones”: elemento o conjunto de elementos de diseño que se incorporen al diseño general de un sistema de motor o de un vehículo y que se usen para controlar las emisiones.

3.6. “Sistema de control de las emisiones”: elementos de diseño y estrategias de emisiones que se han desarrollado o calibrado para controlar las emisiones.

3.7. “Familia de motores”: conjunto de motores definido por el fabricante, según se define en el Reglamento técnico mundial (RTM) n° 4 ⁽²⁾.

3.8. “Arranque del motor”: proceso que empieza al iniciarse el giro del motor por medio del motor de arranque y que termina cuando el régimen del motor alcanza 150 min^{-1} por debajo del régimen de ralentí normal en caliente (determinado en la posición de conducción en los vehículos con transmisión automática).

⁽¹⁾ La numeración del presente anexo es coherente con la del Reglamento técnico mundial sobre las OCE. No obstante, algunos puntos de este último no son necesarios en el presente anexo.

⁽²⁾ Procedimiento de ensayo de motores de encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) con respecto a la emisión de contaminantes (inscrito en el Registro mundial el 15 de noviembre de 2006). Las referencias al RTM n° 4 remiten al documento registrado el 15 de noviembre de 2006. Deberá evaluarse si los cambios posteriores al RTM relativo a la WHDC pueden aplicarse al presente anexo.

- 3.9. “Sistema del motor”: el motor, el sistema de control de emisiones y la interfaz de comunicación (hardware y mensajes) entre las unidades de control electrónico y cualquier otra unidad de control del grupo motopropulsor o del vehículo.
- 3.10. “Calentamiento del motor”: el tiempo de funcionamiento del motor suficiente para que la temperatura del refrigerante alcance al menos los 70 °C.
- 3.11. “Regeneración periódica”: proceso de regeneración de un dispositivo de un sistema de postratamiento del gas de escape que se produce periódicamente, generalmente en menos de 100 horas de funcionamiento normal del motor.
- 3.12. “Régimen nominal”: régimen máximo del motor a plena carga que permita el regulador, tal como lo especifique el fabricante en los documentos de venta y de mantenimiento, o, en caso de que no haya regulador, el régimen al que se obtiene la potencia máxima del motor, tal como lo especifique el fabricante en los documentos de venta y de mantenimiento.
- 3.13. “Emisiones reguladas”: se refiere a los “gases contaminantes”, a saber, monóxido de carbono, hidrocarburos o hidrocarburos no metánicos (suponiendo una relación de $\text{CH}_{1,85}$ para el gasóleo, $\text{CH}_{2,525}$ para el GLP y $\text{CH}_{2,93}$ para el GN y una supuesta molécula $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$ para los motores diésel alimentados con etanol), metano (suponiendo una relación de CH_4 para el GN) y óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalente de dióxido de nitrógeno (NO_2); y también se refiere a las “partículas” (PM), a saber, cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir el gas de escape con un gas diluyente limpio y filtrado a una temperatura situada entre 315 °K (42 °C) y 325 °K (52 °C), medida en un punto inmediatamente anterior al filtro; se trata principalmente de carbono, hidrocarburos condensados y sulfatos con agua asociada.

4. REQUISITOS GENERALES

Los sistemas del motor y los elementos de diseño que pueden afectar a la emisión de contaminantes regulados se diseñarán, fabricarán, montarán e instalarán de manera que el motor y el vehículo cumplan las disposiciones del presente Reglamento.

4.1. Prohibición de las estrategias de manipulación

Los sistemas del motor y los vehículos no contarán con estrategias de manipulación.

4.2. Requisitos relativos a los límites de emisiones armonizados mundialmente

En virtud del presente anexo, los sistemas del motor y los vehículos respetarán los límites de emisiones armonizados mundialmente descritos en el punto 5.2. En cuanto a los ensayos en laboratorio conforme al punto 7.4, los resultados de los ensayos no superarán los límites de emisiones especificados en el punto 5.2.

5. REQUISITOS EN MATERIA DE FUNCIONAMIENTO

5.1. Estrategias de emisiones

Las estrategias de emisiones se diseñarán de manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla las disposiciones del presente anexo. Las condiciones normales de uso no se limitan a las especificadas en el punto 6.

5.1.1. Requisitos relativos a las estrategias básicas de control de emisiones (BES)

Las BES no se aplicarán de distinta manera dependiendo de que el funcionamiento se produzca o no en un ensayo de homologación de tipo o de certificación aplicable, ni proporcionarán un menor control de las emisiones en condiciones no incluidas de manera sustancial en los ensayos de homologación de tipo o de certificación aplicables.

5.1.2. Requisitos relativos a las estrategias auxiliares de control de emisiones (AES)

Las AES no reducirán la eficacia del control de emisiones respecto a la BES en condiciones que pueda suponerse razonablemente que se producirán durante la conducción y utilización normales del vehículo, excepto cuando las AES cumplan una de las excepciones específicas siguientes:

- a) Su funcionamiento está incluido sustancialmente en los ensayos de homologación de tipo o de certificación aplicables, incluidas las disposiciones sobre los límites máximos de emisiones armonizados mundialmente del punto 7.
- b) Se activan para proteger el motor o el vehículo de daños o de un accidente.
- c) Solo se activan durante el arranque del motor o el calentamiento del mismo con arreglo a la definición de los mismos en el presente anexo.
- d) Se utilizan para compensar el control de un tipo de emisiones reguladas a fin de mantener el control de otro tipo de emisiones reguladas en condiciones ambientales o de funcionamiento específicas no incluidas sustancialmente en los ensayos de homologación de tipo o de certificación. Los efectos globales de este tipo de AES consistirán en compensar los efectos de condiciones ambientales extremas de una forma que ofrezca un control aceptable de todas las emisiones reguladas.

5.2. Límites de las emisiones de gases de escape y de partículas armonizados mundialmente

5.2.1. Las emisiones de escape no superarán los límites de emisiones armonizados mundialmente (límites de emisiones WNTE) especificados en el punto 5.2.2 cuando el motor funcione conforme a las condiciones y los procedimientos establecidos en los puntos 6 y 7.

5.2.2. Los límites de emisiones WNTE aplicables se determinan de la siguiente manera:

Límite de emisiones WNTE = límite de emisiones WHTC + componente WNTE

donde:

“Límite de emisiones WHTC” es el límite de emisiones (EL) para el cual el motor está certificado con arreglo al RTM relativo a la WHDC, y

“Componente WNTE” viene determinado por las ecuaciones 1 a 4 del punto 5.2.3.

5.2.3. Los componentes WNTE aplicables se determinarán mediante las ecuaciones siguientes, cuando los EL se expresen en g/kWh:

$$\text{Para los NO}_x: \text{ componente WNTE} = 0,25 \times \text{EL} + 0,1 \quad (1)$$

$$\text{Para los HC: componente WNTE} = 0,15 \times \text{EL} + 0,07 \quad (2)$$

$$\text{Para el CO: componente WNTE} = 0,20 \times \text{EL} + 0,2 \quad (3)$$

$$\text{Para las PM: componente WNTE} = 0,25 \times \text{EL} + 0,003 \quad (4)$$

Cuando los EL aplicables se expresen en unidades distintas del g/kWh, las constantes aditivas de las ecuaciones se convertirán de g/kWh a las unidades adecuadas.

El componente WNTE se redondeará a la posición situada a la derecha de la coma indicada por el EL aplicable con arreglo al método de redondeo de la norma ASTM E 29-06.

6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DE FUNCIONAMIENTO APLICABLES

Los límites de emisiones WNTÉ se aplicarán a:

- a) todas las presiones atmosféricas superiores o iguales a 82,5 kPa;
- b) todas las temperaturas inferiores o iguales a la temperatura determinada por la ecuación 5 a la presión atmosférica especificada:

$$T = -0,4514 \times (101,3 - p_b) + 311 \quad (5)$$

donde:

T es la temperatura del aire ambiente, en K

p_b es la presión atmosférica, en kPa;

- c) toda temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

En la figura 1 aparecen las condiciones ambientales aplicables relativas a la presión atmosférica y a la temperatura.

Presión atmosférica e intervalo de temperaturas WNTÉ

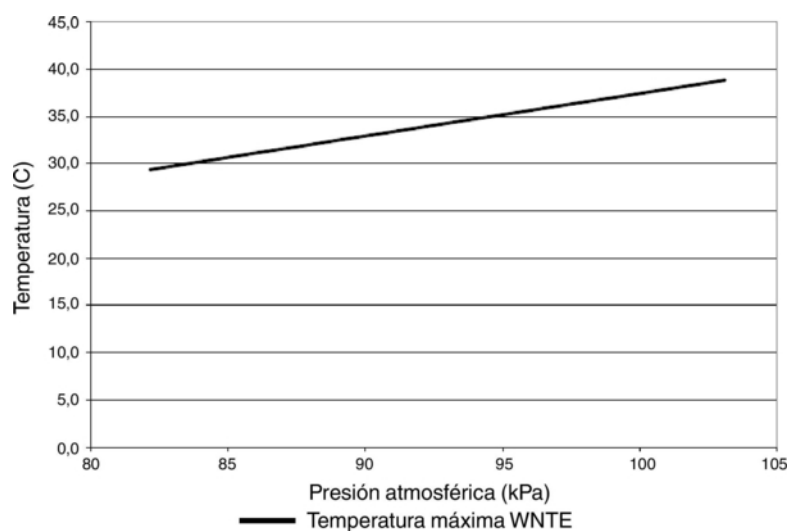


Figura 1

Ilustración de las condiciones de presión atmosférica y temperatura

7. MÉTODO MUNDIAL ARMONIZADO DE ENSAYO DE RESPETO DE LOS LÍMITES DE EMISIONES

7.1. Zona de control WNTÉ

La zona de control WNTÉ está formada por el régimen del motor y los puntos de carga definidos en los puntos 7.1.1 a 7.1.6. La figura 2 ilustra la zona de control WNTÉ.

7.1.1. Intervalo de regímenes del motor

La zona de control WNTÉ incluirá todos los regímenes de funcionamiento entre la distribución acumulativa de los regímenes de la 30ª centila a lo largo de un ciclo de ensayo WHTC, incluido el ralentí, (n_{30}) y el régimen más alto al que se produzca el 70 % de la potencia máxima (n_{hi}). La figura 3 ilustra la distribución acumulativa de las frecuencias de los regímenes de un motor específico.

7.1.2. Intervalo de pares del motor

La zona de control WNTÉ incluirá todos los puntos de carga del motor con un par superior o igual al 30 % del par máximo producido por el motor.

7.1.3. Intervalo de potencias del motor

No obstante lo dispuesto en los puntos 7.1.1 y 7.1.2, el régimen y los puntos de carga inferiores correspondientes a menos de un 30 % de la potencia máxima producida por el motor se excluirán de la zona de control WNTÉ para todas las emisiones.

7.1.4. Aplicación del concepto de familia de motores

En principio, un motor de una familia con una única curva par/potencia tendrá su propia zona de control WNTÉ. Para los ensayos en servicio, se aplicará la zona de control WNTÉ propia del motor correspondiente. Para los ensayos de homologación de tipo (certificación) en el marco del concepto de familia del RTM WHDC, el fabricante podrá utilizar una única zona de control WNTÉ para la familia de motores con arreglo a las disposiciones siguientes:

- Podrá utilizarse un único intervalo de regímenes de motor de la zona de control WNTÉ si los regímenes del motor medidos n_{30} y n_{hi} se sitúan a $\pm 3\%$ de los regímenes del motor declarados por el fabricante. Si se rebasa el margen de tolerancia de cualquiera de los regímenes del motor, se utilizarán los regímenes medidos para determinar la zona de control WNTÉ.
- Podrá utilizarse un único intervalo de pares/potencias de la zona de control WNTÉ si abarca el intervalo completo, desde la potencia más alta hasta la más baja de la familia. Como alternativa, se permite agrupar las potencias del motor en distintas zonas de control WNTÉ.

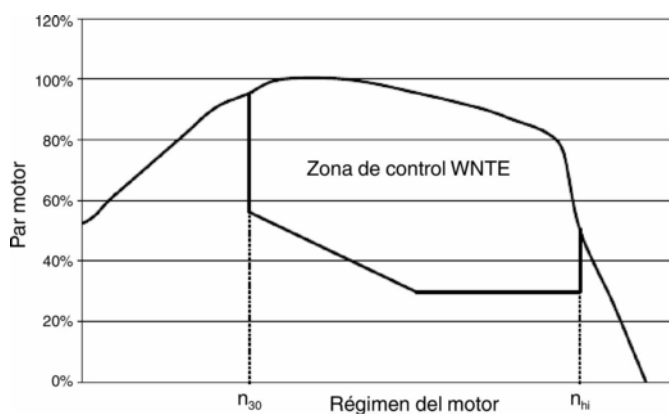


Figura 2

Ejemplo de zona de control WNTÉ

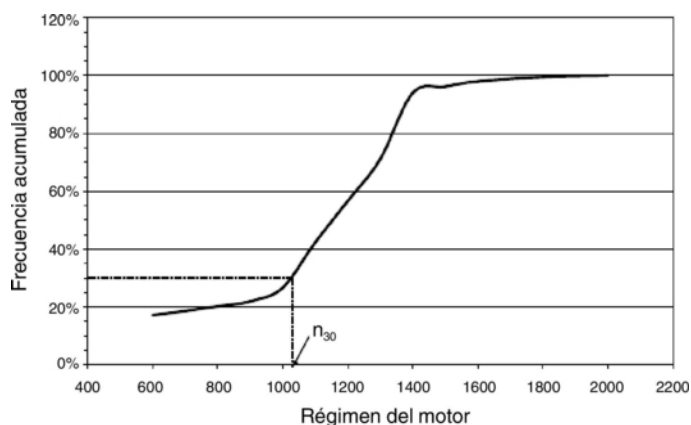


Figura 3

Ejemplo de distribución acumulativa WNTÉ de las frecuencias de los regímenes

7.1.5. Exclusión de la conformidad de determinados puntos de funcionamiento WNTÉ

Durante el proceso de homologación de tipo / certificación, el fabricante podrá solicitar al organismo de homologación que excluya puntos de funcionamiento de la zona de control WNTÉ definida en los puntos 7.1.1 a 7.1.4. El organismo de homologación podrá conceder la exclusión si el fabricante puede demostrar que el motor no puede funcionar nunca en tales puntos, sea cual fuere la combinación de vehículos que pueda utilizarse.

7.2. Duración mínima de un suceso de respeto de los límites de emisiones armonizados mundialmente y frecuencia de muestreo de los datos

7.2.1. Para determinar la conformidad con los límites de emisiones WNTÉ especificados en el punto 5.2, el motor funcionará dentro de la zona de control WNTÉ definida en el punto 7.1 y sus emisiones se medirán y se integrarán durante un mínimo de 30 segundos. Un suceso WNTÉ se define como un único conjunto de emisiones integradas durante el período de tiempo. Por ejemplo, si el motor funciona durante 65 segundos consecutivos dentro de la zona de control WNTÉ y de las condiciones ambientales, ello constituiría un único suceso WNTÉ y se promediarían las emisiones a lo largo de la totalidad del período de 65 segundos. En caso de ensayos en laboratorio, se aplicará el período de integración de 7,5 segundos.

7.2.2. En el caso de motores con controles de las emisiones que incluyan regeneraciones periódicas, si se produce un proceso de regeneración durante el ensayo WNTÉ, el período para el cálculo de la media será, como mínimo, tan largo como el tiempo transcurrido entre los procesos de regeneración multiplicado por el número de regeneraciones completas ocurridas dentro del período de muestreo. Este requisito solo se aplica a los motores que emiten una señal electrónica que advierte del inicio del proceso de regeneración.

7.2.3. Un suceso WNTÉ es una secuencia de datos recogidos a una frecuencia, como mínimo, de 1 Hz mientras que el motor funciona en la zona de control WNTÉ durante la duración mínima del suceso o más. Los datos de las emisiones medidas se promediarán con la duración de cada suceso WNTÉ.

7.3. Ensayo en servicio de respeto de los límites de emisiones armonizados mundialmente

Cuando lo dispuesto en el presente anexo se utilice como base para los ensayos en servicio, el motor funcionará en condiciones reales de servicio. Para determinar la conformidad con los límites de emisiones WNTÉ especificados en el punto 5.2., se utilizarán los resultados de ensayo procedentes del conjunto completo de datos que cumplan con lo dispuesto en los puntos 6, 7.1 y 7.2. Se entiende que no cabe esperar que las emisiones cumplan los límites WNTÉ durante algunos sucesos WNTÉ. Por tanto, deben definirse y aplicarse métodos estadísticos para determinar la conformidad que sean coherentes con lo dispuesto en los puntos 7.2 y 7.3.

7.4. Requisitos relativos a los ensayos en laboratorio relativos a los límites de emisiones armonizados mundialmente

En aquellos casos en que lo dispuesto en el presente anexo sea utilizado como base para los ensayos en laboratorio, se aplicarán las disposiciones siguientes:

7.4.1. Las emisiones másicas específicas de los contaminantes regulados se determinarán con arreglo a puntos de ensayo definidos aleatoriamente y distribuidos por la zona de control WNTÉ. Todos los puntos de ensayo se situarán en 3 cuadros de cuadrícula elegidos aleatoriamente y puestos sobre la zona de control. La cuadrícula constará de 9 cuadros en el caso de los motores con un régimen nominal inferior a $3\,000\text{ min}^{-1}$ y de 12 cuadros para los motores con un régimen nominal igual o superior a $3\,000\text{ min}^{-1}$. Las cuadrículas se definen del siguiente modo:

- a) los límites exteriores de la cuadrícula coinciden con los de la zona de control WNTÉ;
- b) para las cuadrículas de 9 cuadros, 2 líneas verticales situadas a igual distancia entre los regímenes de motor n_{30} y n_{hi} , o en el caso de las cuadrículas de 12 cuadros, 3 líneas verticales situadas a igual distancia entre los regímenes de motor n_{30} y n_{hi} , y
- c) 2 líneas situadas a igual distancia del par del motor (1/3) en cada línea vertical dentro de la zona de control WNTÉ.

En las figuras 5 y 6 se muestran ejemplos de cuadrículas aplicadas a motores concretos.

- 7.4.2. Cada uno de los 3 cuadros seleccionados incluirá 5 puntos de ensayo aleatorios, de forma que se ensayará un total de 15 puntos aleatorios dentro de la zona de control WNTÉ. Los ensayos se realizarán sucesivamente en cada cuadro; por tanto, se ensayará la totalidad de los 5 puntos antes de pasar al cuadro siguiente. Los puntos de ensayo se combinarán para formar un único ciclo de ensayo en estado continuo con aumentos.
- 7.4.3. Se determinará aleatoriamente el orden en que los cuadros serán sometidos a ensayo, así como el orden de ensayo de los puntos situados dentro de los mismos. El organismo de homologación de tipo o de certificación seleccionará, mediante métodos estadísticos de aleatorización reconocidos, los 3 cuadros que vayan a ensayarse, los 15 puntos de ensayo, el orden de ensayo de los cuadros y el orden de los puntos situados en el interior de un cuadro.
- 7.4.4. La media de las emisiones másicas específicas de los gases contaminantes regulados no superará los límites WNTÉ especificados en el punto 5.2 al medirse a lo largo de cualquiera de los ciclos en un cuadro con 5 puntos de ensayo.
- 7.4.5. La media de las emisiones másicas específicas de las partículas reguladas no superará los límites WNTÉ especificados en el punto 5.2 al medirse a lo largo de la totalidad del ciclo de 15 puntos de ensayo.
- 7.5. Procedimiento de ensayo en laboratorio
- 7.5.1. Una vez completado el ciclo WHSC, el motor se precondicionará en la fase 9 del WHSC durante 3 minutos. La secuencia de ensayo se iniciará inmediatamente tras la finalización de la fase de precondicionamiento.
- 7.5.2. Se hará funcionar el motor durante 2 minutos en cada punto de ensayo aleatorio. Este tiempo incluye el aumento anterior a partir del punto de estado continuo anterior. En el caso del régimen y la carga, las transiciones entre los puntos de ensayo serán lineales y durarán 20 ± 1 segundos.
- 7.5.3. El tiempo de ensayo total, desde el inicio hasta el final, será de 30 minutos. El ensayo de cada conjunto de 5 puntos elegidos aleatoriamente de un cuadro durará 10 minutos, medidos desde el inicio del aumento de acceso al primer punto hasta el final de la medición del estado continuo en el quinto punto. La figura 5 ilustra la secuencia del procedimiento de ensayo.
- 7.5.4. El ensayo WNTÉ en laboratorio respetará las estadísticas de validación del punto 7.7.2 del RTM relativo al WHDC.
- 7.5.5. Las emisiones se medirán de acuerdo con lo indicado en el punto 7.8 del RTM relativo al WHDC.
- 7.5.6. Los resultados de los ensayos se calcularán conforme a lo dispuesto en el punto 8 del RTM relativo al WHDC.

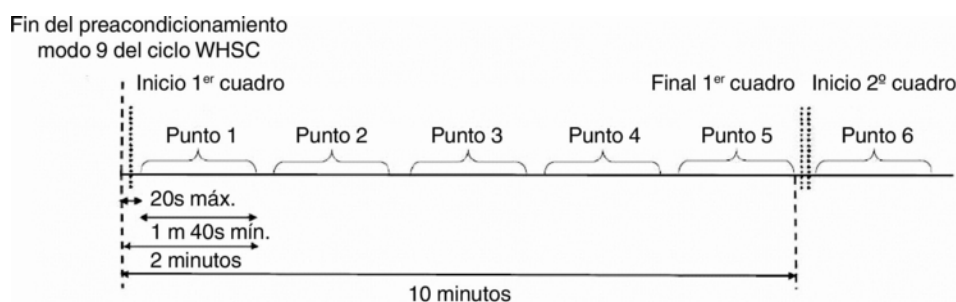
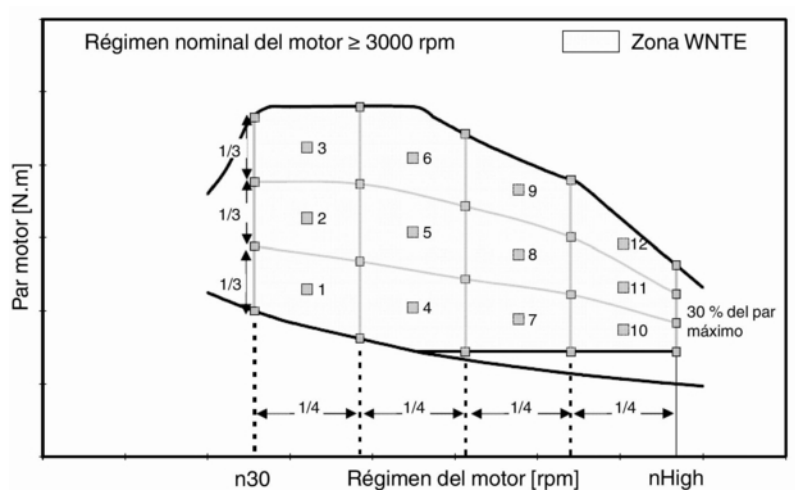
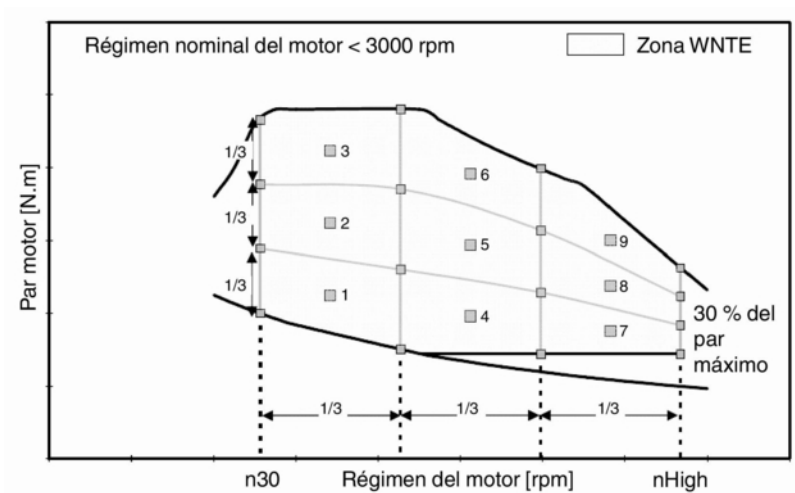


Figura 4

Ejemplo esquemático del inicio del ciclo de ensayo WNTÉ



Figuras 5 y 6

Cuadrículas del ciclo de ensayo WNTE

7.6. Redondeo

El resultado final de cada ensayo se redondeará una sola vez a la posición situada a la derecha de la coma indicada en la norma sobre emisiones WHDC aplicable, más una cifra significativa, de acuerdo con la norma ASTM E 29-06. No está permitido el redondeo de los valores intermedios utilizados para calcular el resultado final de las emisiones específicas del freno.

8. DEFICIENCIAS RELATIVAS AL ENSAYO DE RESPETO DE LOS LÍMITES DE EMISIONES ARMONIZADOS MUNDIALMENTE

El concepto de deficiencia permite certificar que un motor o un vehículo es conforme con un reglamento aún cuando no se respeten íntegramente algunos requisitos específicos de alcance limitado. Una cláusula de deficiencia WNTE permitiría a un fabricante solicitar la exención de los requisitos WNTE en materia de emisiones bajo condiciones limitadas, como unas temperaturas ambiente extremas o condiciones de funcionamiento severas, en las que los vehículos no acumulan un número significativo de kilómetros.

9. EXENCIONES RELATIVAS A LOS LÍMITES DE EMISIONES ARMONIZADOS MUNDIALMENTE

El concepto de exención WNTE es un conjunto de condiciones técnicas en las que no se aplicarían los límites de emisiones WNTE establecidos en el presente anexo. Las exenciones WNTE se aplicarán a todos los fabricantes de motores y vehículos.

Puede decidirse prever una exención WNTÉ, en particular al introducir límites de emisiones más severos. Por ejemplo, una exención WNTÉ puede ser necesaria si el organismo de homologación determina que un funcionamiento determinado del motor o del vehículo dentro de la zona de control WNTÉ no puede respetar los límites de emisiones WNTÉ. En tal caso, el organismo de homologación podrá estimar que no es necesario que los fabricantes de motores soliciten la aplicación de una cláusula de deficiencia WNTÉ para dicho funcionamiento, y que procede conceder una exención WNTÉ. El organismo de autorización puede determinar el alcance de la exención con respecto a los requisitos WNTÉ y el período de aplicación de la exención.

10. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD CON RESPECTO A LAS EMISIONES FUERA DE CICLO

En la solicitud de certificación o de homologación de tipo, el fabricante declarará que la familia de motores o el vehículo cumple los requisitos del presente anexo. Además de la declaración, se verificará el respecto de los límites WNTÉ mediante ensayos y procedimientos de ensayo y de certificación adicionales definidos por las partes contratantes.

10.1. Ejemplo de declaración de conformidad con respecto a las emisiones fuera de ciclo

A continuación se muestra un ejemplo de declaración de conformidad:

“(Nombre del fabricante) declara que los motores de esta familia cumplen todos los requisitos del presente anexo. (Nombre del fabricante) realiza esta declaración de buena fe, una vez realizada una evaluación técnica adecuada de las emisiones de los motores de la familia en el conjunto pertinente de condiciones de funcionamiento y ambientales”.

10.2. Fundamento de la declaración de conformidad con respecto a las emisiones fuera de ciclo

El fabricante mantendrá registros en sus locales que contengan todos los datos relativos a los ensayos, los análisis técnicos, y otra información que constituya la base de la declaración de conformidad con respecto a las OCE. Si el organismo de certificación o de homologación de tipo lo solicita, el fabricante le proporcionará dicha información.

11. DOCUMENTACIÓN

El organismo de homologación podrá exigir que el fabricante proporcione un expediente documental. En este se describirá cualquier elemento de diseño y estrategia de control de emisiones del sistema del motor, así como los medios mediante los que controla sus variables de salida, independientemente de que dicho control sea directo o indirecto.

La información podrá incluir una descripción completa de la estrategia de control de emisiones. Además, también puede contener datos sobre el funcionamiento de todas las AES y BES, incluida una descripción de los parámetros modificados por cualquier AES y las condiciones límite en que funciona la AES, e indicar qué AES y BES probablemente se activarán en las condiciones de los procedimientos de ensayo del presente anexo.»
