



Bruselas, 20.3.2023
C(2023) 1796 final

RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN

de 20.3.2023

**relativa a la medición del número de partículas para la inspección técnica periódica de
vehículos equipados con motores de encendido por compresión**

RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN

de 20.3.2023

relativa a la medición del número de partículas para la inspección técnica periódica de vehículos equipados con motores de encendido por compresión

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, y en particular su artículo 292,

Considerando lo siguiente:

- (1) En interés de la salud pública, la protección del medioambiente y la competencia leal, conviene garantizar que los vehículos en servicio se mantengan e inspeccionen debidamente, para que su rendimiento se mantenga según lo garantizado por la homologación de tipo, sin degradación excesiva, a lo largo de su vida útil.
- (2) Los métodos de ensayo exigidos por la Directiva 2014/45/UE del Parlamento Europeo y del Consejo¹ relativa a las emisiones de escape de los vehículos de motor, en particular los ensayos de opacidad que se aplican a los motores de encendido por compresión, no se han adaptado a los vehículos más recientes equipados con filtros de partículas. Las pruebas de laboratorio indican que incluso los vehículos con filtros de partículas diésel defectuosos o manipulados pueden superar los ensayos de opacidad sin que se detecte su mal funcionamiento.
- (3) Para poder detectar los vehículos con filtros de partículas diésel defectuosos, algunos Estados miembros han introducido o introducirán próximamente métodos de medición del número de partículas como parte de su inspección técnica periódica de los vehículos equipados con motores de encendido por compresión. Si bien estos métodos son similares, difieren en algunos aspectos. En lugar de introducir varios métodos de medición diferentes en la Unión, es necesario introducir un conjunto común de requisitos mínimos para la medición del número de partículas basados en unas directrices.
- (4) Al elaborar dichas directrices se han tenido debidamente en cuenta los métodos vigentes desarrollados por algunos Estados miembros, los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas por el Centro Común de Investigación de la Comisión², así como los resultados de la consulta al grupo de expertos sobre la inspección técnica.

¹ Directiva 2014/45/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de abril de 2014, relativa a las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos de motor y de sus remolques, y por la que se deroga la Directiva 2009/40/CE (DO L 127 de 29.4.2014, p. 51).

² *Comparisons of Laboratory and On-Road Type-Approval Cycles with Idling Emissions. Implications for Periodical Technical Inspection (PTI) Sensors* [«Comparaciones de los ciclos de homologación en laboratorio y en carretera con las emisiones al ralentí. Implicaciones para los sensores de la inspección técnica periódica», documento en inglés (doi:10.3390/s20205790)] y *Evaluation of Measurement Procedures for Solid Particle Number (SPN) Measurements during the Periodic Technical Inspection (PTI) of Vehicles* [«Evaluación de los procedimientos de medición para las mediciones del número de partículas sólidas durante la inspección técnica periódica de los vehículos», documento en inglés (doi:10.3390/ijerph19137602)].

- (5) Dado que la aplicabilidad de dichas directrices no se ha sometido a ensayo en el caso de los vehículos equipados con motores de encendido por chispa, el ámbito de aplicación de las directrices debe limitarse a aquellos que estén equipados con motores de encendido por compresión y cuyo número de partículas sólidas esté limitado en su homologación de tipo; es decir, los vehículos diésel ligeros matriculados por primera vez a partir del 1 de enero de 2013 (Euro 5b y más recientes)³ y los vehículos pesados diésel matriculados por primera vez a partir del 1 de enero de 2014 (Euro VI y más recientes)⁴. Tan pronto como se alcance el mismo grado de confianza en un método de medición del número de partículas aplicable a los vehículos equipados con motor de encendido por chispa, deben elaborarse las directrices correspondientes.
- (6) Para que sean eficaces, las directrices deben incluir requisitos relacionados con el equipo de medición, los controles metrológicos, el procedimiento de medición, los requisitos metrológicos y técnicos, así como un límite de aptitud / no aptitud.
- (7) La presente Recomendación constituye un primer paso hacia la armonización de la medición del número de partículas durante las inspecciones técnicas en la Unión.

HA ADOPTADO LA PRESENTE RECOMENDACIÓN:

Los Estados miembros deben aplicar la medición del número de partículas durante la inspección técnica periódica de los vehículos equipados con motores de encendido por compresión y filtros de partículas diésel con arreglo a las directrices establecidas en el anexo.

Hecho en Bruselas, el 20.3.2023

Por la Comisión

Miembro de la Comisión

³ Reglamento (CE) n.º 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2007, sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos (DO L 171 de 29.6.2007, p. 1).

⁴ De conformidad con el Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2009, relativo a la homologación de los vehículos de motor y los motores en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y al acceso a la información sobre reparación y mantenimiento de vehículos y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 715/2007 y la Directiva 2007/46/CE y se derogan las Directivas 80/1269/CEE, 2005/55/CE y 2005/78/CE (DO L 188 de 18.7.2009, p. 1).



Bruselas, 20.3.2023
C(2023) 1796 final

ANNEX

ANEXO

de la

Recomendación de la Comisión

**relativa a la medición del número de partículas para la inspección técnica periódica de
vehículos equipados con motores de encendido por compresión**

ANEXO

Índice

1.	Ámbito de aplicación	3
2.	Términos y definiciones	3
3.	Descripción del instrumento e inscripción	5
3.1.	Descripción del instrumento de medición del NP-ITP	5
3.2.	Inscripción.....	6
3.3.	Instrucciones de funcionamiento.....	7
4.	Requisitos metrológicos	7
4.1.	Indicación del resultado de medida.....	7
4.2.	Rango de medida.....	7
4.3.	Resolución del dispositivo de visualización (solo para instrumentos indicadores digitales).....	8
4.4.	Tiempo de respuesta.....	9
4.5.	Tiempo de calentamiento	9
4.6.	Error máximo permitido («EMP»).....	9
4.7.	Requisitos de eficiencia.....	9
4.8.	Requisitos de linealidad	10
4.9.	Nivel cero	11
4.10.	Eficiencia de eliminación de partículas suspendidas volátiles.....	11
4.11.	Estabilidad con el tiempo o la deriva	11
4.12.	Repetibilidad	12
4.13.	Magnitudes de influencia	12
4.14.	Perturbaciones	13
5.	Requisitos técnicos.....	15
5.1.	Construcción	15
5.2.	Requisitos para garantizar que el funcionamiento sea correcto	16
6.	Controles metrológicos	18
6.1.	Examen de tipo.....	18
6.2.	Verificación inicial.....	18
6.3.	Verificación posterior.....	19
7.	Procedimiento de medición.....	21
8.	Límite del NP-ITP	23
9.	Lista de fuentes	23

Directrices para la medición del número de partículas

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento proporciona directrices para el ensayo de concentración del número de partículas (NP) durante la inspección técnica periódica (ITP). Las mediciones de la concentración del número de partículas durante la inspección técnica periódica (NP-ITP) pueden aplicarse a todos los vehículos de las categorías M y N equipados con motores de encendido por compresión y filtros de partículas diésel. Las presentes directrices deben aplicarse a los vehículos ligeros matriculados por primera vez a partir del 1 de enero de 2013 (Euro 5b y más recientes) y a los vehículos pesados matriculados por primera vez a partir del 1 de enero de 2014 (Euro VI y más recientes).

2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Ajuste: conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud que deba medirse (VIM 3.11).

Eficiencia de recuento: la relación entre la lectura del instrumento de medición del NP-ITP y la lectura del instrumento o dispositivo de referencia trazable

Corrección: compensación de un efecto sistemático estimado (VIM 2.53).

Perturbación: magnitud de influencia de valor comprendido entre los límites especificados en estas directrices, pero fuera de las condiciones nominales de funcionamiento especificadas del instrumento de medida (OIML D 11).

Incertidumbre expandida: producto de una incertidumbre típica de medida, obtenida utilizando las incertidumbres típicas individuales de medida asociadas a las magnitudes de entrada en un modelo de medición, y un factor mayor que uno (VIM 2.35 y VIM 2.31).

Filtro HEPA (filtro de aire de partículas de elevada eficacia): dispositivo que elimina partículas del aire con una eficiencia superior al 99,95 % (es decir, clase H13 o superior con arreglo a la norma EN 1822-1:2019).

Indicación: valor proporcionado por un instrumento o sistema de medida (VIM 4.1)

Magnitud de influencia: magnitud que, en una medición directa, no afecta a la magnitud que realmente se está midiendo, pero sí afecta a la relación entre la indicación y el resultado de medida (VIM 2.52)

Programa informático jurídicamente pertinente: cualquier parte del programa informático, en concreto los parámetros almacenados, que influya en el resultado de medida calculado, mostrado, transmitido o almacenado (OIML R 99)

Mantenimiento: trabajos de mantenimiento periódico y de ajuste periódico definidos con precisión para mantener un instrumento de medida en condiciones de funcionamiento

Error máximo permitido: valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado (VIM 4.26)

Error de medida: diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia (VIM 2.16)

Resultado de medida: conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible (VIM 2.9)

Rango de medida: conjunto de los valores de magnitudes de una misma naturaleza que un instrumento o sistema de medida dado puede medir con una incertidumbre instrumental especificada, en unas condiciones determinadas (VIM 4.7)

Instituto nacional de metrología: el instituto de metrología responsable del examen de tipo de los instrumentos de medición del NP-ITP en un Estado miembro

Detector de partículas: dispositivo o instrumento que indica la presencia de partículas cuando se supera un valor umbral de concentración del NP

Partículas: partículas sólidas (térmicamente estables) con un tamaño comprendido entre 23 nm y, al menos, 200 nm, emitidas por el vehículo y medidas en la fase aerotransportada de acuerdo con los métodos contemplados en las presentes directrices

– **Partículas monodispersas:** partículas con una distribución muy reducida en torno a un tamaño de partícula

– **Partículas polidispersas:** partículas con muchos tamaños de partícula diferentes

Tamaño de las partículas: tamaño de movilidad eléctrica, es decir, el diámetro de una esfera con la misma velocidad de migración en un campo eléctrico constante que la partícula de interés

Instrumento de medición del NP-ITP: instrumento para medir la concentración del NP en los gases de escape de los motores de combustión interna muestreados durante la ITP en el tubo de escape de un vehículo

Tipo de instrumento de medición del NP-ITP: todos los instrumentos del mismo fabricante con el mismo principio de funcionamiento, los mismos equipos informáticos y los mismos algoritmos de cálculo y corrección de los programas informáticos

Condiciones nominales de funcionamiento: condiciones de funcionamiento que deben satisfacerse durante una medición para que un instrumento o un sistema de medida funcione conforme a su diseño (VIM 4.9)

Condición de funcionamiento de referencia: condición de funcionamiento prescrita para evaluar las prestaciones de un instrumento o sistema de medida o para comparar resultados de medida (VIM 4.11)

Resolución de un dispositivo de visualización: diferencia menor entre las indicaciones mostradas que pueden distinguirse de manera significativa (VIM 4.15)

Tiempo de respuesta: intervalo de tiempo comprendido entre el instante en que un valor de la magnitud de entrada de un instrumento o sistema de medida sufre un cambio brusco entre dos valores constantes especificados, y el instante en que la indicación correspondiente se mantiene entre dos límites especificados, alrededor de su valor final en régimen estacionario [VIM 4.23, véase OIML V 2-200 (2012), *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms* («Vocabulario internacional de metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados», no disponible en español) en la lista de fuentes que figura al final de las presentes directrices]

Dispositivo de acondicionamiento de muestras: dispositivo para diluir o eliminar partículas volátiles

Sonda de muestreo: tubo que se introduce en el tubo de escape de un vehículo para tomar muestras de gas (OIML R 99)

Fallo significativo: fallo con una magnitud superior a la del error máximo permitido en la verificación inicial (OIML R 99)

Resultado del ensayo: el resultado de medida final de un vehículo sometido a ensayo con el procedimiento de medición del NP-ITP descrito en la sección 7

Trazable: se refiere a la trazabilidad metrológica, es decir, a la propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida (VIM 2.41)

Verificación: aportación de evidencia objetiva de que un elemento dado satisface los requisitos especificados en el contexto del examen y el marcado o la expedición de un certificado de verificación para un sistema o instrumento de medida (VIM 2.44)

Tiempo de calentamiento: tiempo transcurrido entre el momento en que se aplica la potencia a un instrumento y el momento en que el instrumento es capaz de cumplir los requisitos metrológicos (OIML R 99)

Instalación o procedimiento de puesta a cero: instalación o procedimiento para fijar la indicación del instrumento a cero (OIML R99)

3. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO E INSCRIPCIÓN

3.1. Descripción del instrumento de medición del NP-ITP

Los principales componentes del instrumento de medición del NP-ITP son los siguientes:

- Una sonda de muestreo que se introduce en el tubo de escape de un vehículo en funcionamiento para recoger la muestra de gases de escape.
- Una línea de muestreo para transportar la muestra al instrumento (opcional).
- Un dispositivo de acondicionamiento de la muestra para diluir una concentración elevada de partículas suspendidas mediante un factor de dilución constante o eliminar las partículas volátiles de la muestra (opcional).
- Uno o varios dispositivos de detección para medir la concentración del NP de la muestra de gas. Es admisible que el detector de partículas suspendidas también acondicione el aerosol.
- Uno o varios dispositivos para transportar los gases a través del instrumento. En caso de que las partículas pasen por el filtro o filtros antes del dispositivo de detección, deben seguir cumpliéndose los criterios de eficiencia de recuento de acuerdo con las presentes directrices.
- Uno o varios dispositivos para evitar que se forme condensación de agua en la línea de muestreo y en el instrumento; como alternativa, esto también puede lograrse calentando la muestra a una temperatura más elevada o diluyendo la muestra o bien oxidando las especies (semi)volátiles.
- Uno o varios filtros para eliminar partículas que puedan contaminar diversas partes sensibles del instrumento de medición del NP-ITP. En caso de que las partículas pasen por dichos filtros antes del dispositivo de detección, deben seguir cumpliéndose los criterios de eficiencia de recuento (véase la sección 4.7) con arreglo a las presentes directrices.
- Uno o varios filtros HEPA para proporcionar aire limpio al nivel cero y, cuando proceda, a los procedimientos de puesta a cero (opcional en ambos casos).
- Puertos de verificación sobre el terreno para introducir muestras de aire ambiente y partículas de referencia cuando así lo requiera la tecnología utilizada.

- Un programa informático para procesar la señal, en concreto un dispositivo indicador para mostrar los resultados de una medición y un dispositivo de registro para capturar y almacenar datos.
- Una instalación de control para iniciar y comprobar las operaciones con instrumentos y una instalación de ajuste semiautomático o automático para establecer los parámetros de funcionamiento del instrumento dentro de los límites prescritos.

3.2. Inscripción

Tal como exige el anexo I de la Directiva 2014/32/UE del Parlamento Europeo y del Consejo¹, el instrumento de medición del NP-ITP debe llevar una o varias etiquetas permanentes, intransferibles y fácilmente legibles. Las etiquetas deben incluir la siguiente información:

- (1) nombre, nombre comercial registrado o marca registrada del fabricante;
- (2) año de fabricación;
- (3) número del certificado de examen de tipo;
- (4) marcado de identidad;
- (5) información relativa a la energía eléctrica:
 - (a) en el caso de la red eléctrica: tensión nominal de la red, frecuencia y potencia necesarias,
 - (b) en caso de potencia de una batería de vehículos de carretera: tensión nominal de la batería y potencia requerida,
 - (c) en caso de batería extraíble interna: tipo y tensión nominal de la batería;
- (6) caudal mínimo y, si procede, caudal nominal;
- (7) rango de medida;
- (8) rango de temperatura, presión y humedad de funcionamiento.

Si las dimensiones del instrumento no permiten incluir todas las inscripciones, deben incluirse en el manual del instrumento. También se recomienda incluir el rango de las condiciones de almacenamiento (temperatura, presión y humedad).

Una etiqueta adicional debe indicar la fecha de la última verificación del instrumento de medición del NP-ITP.

En el caso de los instrumentos de medición del NP-ITP con funciones metrológicas controladas por programas informáticos, la identificación del programa informático jurídicamente pertinente debe incluirse en la etiqueta o ser visualizable en el dispositivo indicador.

3.3. Instrucciones de funcionamiento

El fabricante debe proporcionar instrucciones de funcionamiento de cada instrumento en la(s) lengua(s) del país donde vaya a utilizarse. Las instrucciones de funcionamiento deben comprender:

¹ Directiva 2014/32/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de instrumentos de medida (DO L 96 de 29.3.2014, p. 149).

- instrucciones inequívocas para la instalación, el mantenimiento, las reparaciones y los ajustes admisibles;
- los intervalos temporales y los procedimientos de mantenimiento, ajuste y verificación que se siguen para cumplir el error máximo permitido;
- una descripción del procedimiento de ensayo de aire limpio o fugas;
- si procede, el procedimiento de puesta a cero;
- el procedimiento de medición de aire ambiente o de alta concentración del NP (opcional);
- las temperaturas máxima y mínima de almacenamiento;
- una declaración de las condiciones nominales de funcionamiento (enumeradas en la sección 4.13) y otras condiciones ambientales mecánicas y electromagnéticas pertinentes;
- el intervalo de temperaturas ambiente de funcionamiento si se supera el intervalo prescrito en las condiciones nominales de funcionamiento (sección 4.13);
- si procede, detalles sobre la compatibilidad con el equipo auxiliar;
- cualquier condición específica de funcionamiento, por ejemplo una limitación de la longitud de la señal o de los datos, o intervalos especiales para la temperatura ambiente y la presión atmosférica;
- si procede, las especificaciones sobre las pilas o la batería;
- una lista de mensajes de error con explicaciones.

4. REQUISITOS METROLÓGICOS

4.1. Indicación del resultado de medida

El instrumento debe garantizar que:

- el NP por volumen se expresa en número de partículas suspendidas por cm^3 ;
- las inscripciones de esta unidad se asignan inequívocamente a la indicación; se permiten «#/cm³», «cm⁻³», «partículas/cm³» y «1/cm³».

4.2. Rango de medida

El instrumento debe garantizar que:

- El rango mínimo de medida, que puede subdividirse, es de 5 000 $1/\text{cm}^3$ (valor máximo para el intervalo inferior) al doble del valor límite del NP-ITP (valor mínimo para el intervalo superior).
- La superación del intervalo está indicada de forma visible por el instrumento (por ejemplo, con un mensaje de advertencia o el número de destellos).
- El rango de medida está declarado por el fabricante del instrumento de medición del NP-ITP y se ajusta al intervalo mínimo definido en este apartado. Se recomienda que el intervalo de visualización del instrumento de medición del NP-ITP sea más amplio que el rango de medida, oscilando entre cero y al menos cinco veces el valor límite del NP-ITP.

4.3. Resolución del dispositivo de visualización (solo para instrumentos indicadores digitales)

El instrumento debe garantizar que:

- Las concentraciones del NP como resultados de medida son legibles, claras y se muestran inequívocamente junto con su unidad al usuario.
- Las cifras digitales tienen una altura mínima de 5 mm.
- La visualización ofrece una resolución mínima de 1 000 1/cm³. Si así lo exige el instituto nacional de metrología, durante el examen de tipo, la verificación inicial o la verificación posterior, se puede acceder a una resolución mínima de 100 1/cm³ entre cero y 50 000 1/cm³.

4.4. Tiempo de respuesta

El instrumento debe garantizar que:

- Para medir la concentración del NP, el instrumento de medición del NP-ITP, en concreto la línea de muestreo y el dispositivo de preacondicionamiento de la muestra (en su caso) indica el 95 % del valor final en los quince segundos siguientes al cambio del aire filtrado por el filtro HEPA o del aire ambiente.
- Opcionalmente, este ensayo puede realizarse con dos concentraciones del NP diferentes.
- El instrumento de medición del NP-ITP podrá estar provisto de un dispositivo de registro para comprobar este requisito.

4.5. Tiempo de calentamiento

El instrumento debe garantizar que:

- el instrumento de medición del NP-ITP no indica la concentración del NP medida durante el tiempo de calentamiento;
- después del tiempo de calentamiento, el instrumento de medición del NP-ITP cumple los requisitos metrológicos indicados en esta sección.

4.6. Error máximo permitido («EMP»)

El error máximo permitido se refiere al valor de concentración real (EMP_{rel}) o a un valor de concentración absoluto (EMP_{abs}), si este es mayor.

- Condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.13): el EMP_{rel} es el 25 % de la concentración real, pero no inferior al EMP_{abs}
- Condiciones nominales de funcionamiento (véase la sección 4.13): el EMP_{rel} es el 25 % de la concentración real, pero no inferior al EMP_{abs}
- Perturbaciones (véase la sección 4.14): el EMP_{rel} es el 25 % de la concentración real, pero no inferior al EMP_{abs}

Se recomienda que el EMP_{abs} sea inferior o igual a 25 000 1/cm³.

4.7. Requisitos de eficiencia

A continuación se enumeran los requisitos de eficiencia del recuento:

	Tamaño de las partículas o diámetro medio geométrico [nm]	Eficiencia de recuento [-]
Obligatorio	23 ± 5 %	0,2-0,6
Opcional	30 ± 5 %	0,3-1,2
Obligatorio	50 ± 5 %	0,6-1,3
Obligatorio	70 o 80 ± 5 %	0,7-1,3
Opcional	100 ± 5 %	0,7-1,3
Opcional	200 ± 10 %	0,5-3,0

- La eficiencia de recuento se determina con partículas monodispersas con los tamaños definidos en esta sección o con partículas polidispersas con un diámetro medio geométrico (DMG) definido en la presente sección y una desviación típica geométrica (DTG) inferior o igual a 1,6.
- La concentración mínima utilizada en los ensayos de eficiencia debe ser superior al valor inferior del rango de medida del instrumento de medición del NP-ITP dividido por la menor eficiencia de recuento definida para cada tamaño de partícula en esta sección. Por ejemplo, para un valor inferior del rango de medida de 5 000 1/cm³, a 23 nm, la concentración de partículas medida por el sistema de referencia debe ser de al menos 25 000 1/cm³.
- Los ensayos de eficiencia de recuento se realizan en condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.13) con partículas termoestables y de tipo sólido. En caso necesario, cualquier neutralización o secado de las partículas generadas tiene lugar antes de que el separador llegue a los instrumentos de referencia y de ensayo. En caso de ensayo con partículas monodispersas, la corrección para múltiples partículas cargadas no es superior al 10 % (y se notifica).
- El instrumento de referencia es un electrómetro de vaso de Faraday trazable o un contador de partículas trazable con una eficiencia de recuento de > 0,5 a 10 nm (combinado con un diluyente trazable en caso necesario para partículas polidispersas). La incertidumbre expandida del sistema de referencia, incluido el diluyente si procede, es inferior al 12,5 %, pero preferiblemente inferior o igual a un tercio del error máximo permitido en condiciones de funcionamiento de referencia;
- Si el instrumento de medición del NP-ITP incorpora cualquier factor de ajuste interno, debe seguir siendo el mismo (fijo) para todos los ensayos descritos en este apartado.
- El conjunto del instrumento de medición del NP-ITP (es decir, también la sonda de muestreo y la línea de muestreo, en su caso) debe cumplir los requisitos de eficiencia de recuento. A petición del fabricante, las eficiencias de recuento del instrumento de medición del NP-ITP podrán ensayarse en partes separadas en condiciones representativas dentro del instrumento. En ese caso, la eficiencia del conjunto del instrumento de medición del NP-ITP (es decir, la multiplicación de eficiencias de todas las partes) cumple los requisitos de eficiencia de recuento.

4.8. Requisitos de linealidad

Los ensayos de linealidad deben garantizar que:

- Se somete a ensayo el conjunto del instrumento de medición del NP-ITP para comprobar su linealidad con partículas termoestables, polidispersas y de tipo sólido con DMG 70 ± 10 nm y DTG inferior o igual a 1,6.
- El instrumento de referencia es un contador de partículas trazable con una eficiencia de recuento de > 0,5 a 10 nm. El instrumento de referencia podrá ir acompañado de un diluyente trazable para medir concentraciones elevadas, pero la incertidumbre expandida en todo el sistema de referencia (diluyente y contador de partículas) se mantendrá por debajo del 12,5 %, pero preferiblemente menor inferior o igual a un tercio del EMP en condiciones de funcionamiento de referencia.

- Los ensayos de linealidad se realizan con al menos nueve concentraciones diferentes dentro del rango de medida y se respeta el error máximo permitido en las condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.6).
- Se recomienda incluir en las concentraciones de ensayo el valor inferior del rango de medida, el límite NP-ITP aplicable ($\pm 10\%$), el doble del límite NP-ITP ($\pm 10\%$) y 0,2 veces los valores límite del NP-ITP. Al menos una concentración debe estar comprendida entre el límite NP-ITP y el valor más elevado del rango de medida, así como al menos tres concentraciones distribuidas equitativamente entre el punto en el que el error máximo permitido cambia de absoluto a relativo y el límite NP-ITP.
- Si el dispositivo se somete a ensayo por partes, el control de la linealidad puede limitarse al detector de partículas, pero para el cálculo del error deben tenerse en cuenta las eficiencias del resto de las partes.

Los requisitos de linealidad se resumen a continuación:

Localización del control	Referencia	Número mínimo de concentraciones sometidas a ensayo	Error máximo permitido
Instituto nacional de metrología de	Contador de partículas trazable con diluyente trazable	9	Condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.6)

4.9. Nivel cero

El punto cero se pone a prueba con un filtro HEPA. El nivel cero es la señal media del instrumento de medición del NP-ITP con filtro HEPA a su entrada durante al menos 15 segundos tras un período de estabilización de al menos 15 segundos. El nivel cero máximo admisible es de $5\,000\text{ l/cm}^3$.

4.10. Eficiencia de eliminación de partículas suspendidas volátiles

El ensayo de eficiencia de eliminación volátil debe garantizar que el sistema logre una eficiencia de eliminación superior al 95 % de partículas de tetracontano ($\text{C}_{40}\text{H}_{82}$) con un tamaño de movilidad eléctrica de $30\text{ nm} \pm 5\%$ y una concentración de entre $10\,000$ y $30\,000\text{ l/cm}^3$. En caso necesario, la neutralización de las partículas de tetracontano tiene lugar antes de que el separador llegue a los instrumentos de referencia y de ensayo. Otra posibilidad es utilizar partículas polidispersas de tetracontano con DMG de entre 30 y 35 nm y una concentración total de entre $50\,000$ y $150\,000\text{ l/cm}^3$. En ambos casos (ensayos con partículas monodispersas o polidispersas de tetracontano), el sistema de referencia cumple los mismos requisitos que se describen en la sección 4.8.

Los ensayos de eficiencia volátil de eliminación con partículas de tetracontano de mayor tamaño (monodispersas) o DMG (polidispersas) o concentraciones de tetracontano superiores a las descritas en la presente sección solo podrán aceptarse si el instrumento de medición del NP-ITP supera el ensayo (eficiencia de eliminación $> 95\%$).

4.11. Estabilidad con el tiempo o la deriva

Para el ensayo de estabilidad, el instrumento de medición del NP-ITP se utiliza de acuerdo con las instrucciones de funcionamiento del fabricante. El ensayo de estabilidad del instrumento debe garantizar que las mediciones realizadas por el instrumento de medición del

NP-ITP en condiciones ambientales estables respetan el error máximo permitido en las condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.6). No se podrá ajustar el instrumento de medición del NP-ITP durante el ensayo de estabilidad.

Si el instrumento está equipado con un medio de compensación de la deriva, como un cero automático o un ajuste interno automático, la acción de dichos ajustes no proporciona una indicación que pueda confundirse con la medición de un gas externo. Las mediciones de estabilidad se realizarán durante al menos doce horas (que no han de ser consecutivas) con una concentración nominal de al menos 100 000 1/cm³. La comparación con un instrumento de referencia (los mismos requisitos que el sistema de referencia descrito en la sección 4.8) se hace al menos cada hora. El ensayo de estabilidad acelerada de tres horas con concentración nominal de al menos 10 000 000 1/cm³. En este caso, la comparación con el instrumento de referencia se hace cada hora, pero con una concentración nominal de 100 000 1/cm³.

4.12. Repetibilidad

El ensayo de repetibilidad debe garantizar que, en veinte mediciones consecutivas de la misma muestra del NP de referencia realizadas por la misma persona con el mismo instrumento en intervalos de tiempo relativamente cortos, la desviación típica experimental de los veinte resultados no sea superior a un tercio del error máximo permitido (condiciones de funcionamiento de referencia) de la muestra pertinente. La repetibilidad se ensayará con una concentración nominal de al menos 100 000 1/cm³. Cada dos mediciones consecutivas, se suministra al instrumento de medición del NP-ITP el flujo de aire filtrado HEPA o el flujo de aire ambiente.

4.13. Magnitudes de influencia

- A continuación se presentan las condiciones de funcionamiento de referencia. Se aplica el error máximo permitido especificado para las «condiciones de funcionamiento de referencia» (véase la sección 4.6).

A temperatura ambiente	20 °C ± 2 °C
Humedad relativa	50 % ± 20 %
Presión atmosférica	Ambiente estable (± 10 hPa)
Tensión de la red	Tensión nominal ± 5 %
Frecuencia de la red	Frecuencia nominal ± 1 %
Vibración	No/insignificante
Tensión de la batería	Tensión nominal de la batería

- A continuación se presentan los requisitos mínimos de evaluación de las condiciones nominales de funcionamiento. Se aplica el error máximo permitido especificado para las «condiciones nominales de funcionamiento» (véase la sección 4.6).

Temperatura ambiente (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2 e IEC 60068-3-1)	De + 5 °C (índice de nivel de ensayo 2 según OIML D11) (o menos, si así lo especifica el fabricante) a + 40 °C (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11) (o más, si así lo especifica el fabricante). Cuando las temperaturas internas críticas del instrumento de medición del NP-ITP están
---	---

	fuera del intervalo indicado, el instrumento no indica el valor medido e indica una advertencia
Humedad relativa (IEC 60068-2-78, IEC 60068-3-4 e IEC 60068-2-30)	Hasta el 85 %, sin condensación (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11) (cuando se utilice en el interior) Condensación de hasta un 95 % (cuando se utilice en el exterior)
Presión atmosférica	860 hPa a 1 060 hPa
Tensión de la red (IEC 61000-2-1 e IEC 61000-4-1)	De - 15 % a + 10 % de la tensión nominal (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11)
Frecuencia de alimentación (IEC 61000-2-1, IEC 61000-2-2 e IEC 61000-4-1)	± 2 % de la frecuencia nominal (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11)
Tensión de la batería del vehículo de carretera (ISO 16750-2)	Batería de 12 V: 9 V a 16 V; Batería de 24 V: 16 V a 32 V
Tensión de la batería interna	Baja tensión, según especifique el fabricante, hasta la tensión de una batería nueva o totalmente cargada del tipo especificado

4.14. Perturbaciones

Los fallos significativos que se especifican en el error máximo permitido para las perturbaciones (véase la sección 4.6) no deben producirse o bien deben detectarse para intervenir sobre ellos mediante instalaciones de control en caso de que se cumplan los siguientes requisitos mínimos para las perturbaciones descritas a continuación.

Choque mecánico (IEC 60068-2-31)	Manipulación: 1 caída de 1 m en cada borde inferior Transporte: 1 caída de 25 mm en cada borde inferior (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11)
Vibración únicamente para instrumentos portátiles (IEC 60068-2-47, IEC 60068-2-64 e IEC 60068-3-8)	De 10 Hz a 150 Hz, $1,6 \text{ ms}^{-2}$, $0,05 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$, - 3 dB/octava (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11)
Corriente alterna de tensión eléctrica, interrupciones cortas y reducciones (IEC 61000-4-11, IEC 61000-6-1 e IEC 61000-6-2)	0,5 ciclos: reducción al 0 % 1 ciclo: reducción al 0 % 25/30 (*) ciclos: reducción al 70 % 250/300 (*) ciclos: reducción al 0 %

	(*) Para 50 Hz/60 Hz, respectivamente (índice de nivel de ensayo 1 según OIML D11)
Ráfaga (perturbaciones transitorias) en la red de corriente alterna (IEC 61000-4-4)	Amplitud 2 kV Tasa de repetición 5 kHz (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11)
Ráfaga (perturbaciones transitorias) en la señal, los datos y las líneas de control (IEC 61000-4-4)	Amplitud 1 kV Tasa de repetición 5 kHz (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11)
Ondas de choque en las líneas de alimentación de corriente alterna (IEC 61000-4-5)	Línea a línea 1,0 kV Línea al suelo 2,0 kV (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11)
Ondas de choque en la señal, datos y líneas de control (IEC 61000-4-5)	Línea a línea 1,0 kV Línea al suelo 2,0 kV (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11)
Descarga electrostática (IEC 61000-4-2)	Descarga de contacto de 6 kV Descarga de aire de 8 kV (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11)
Campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia, (IEC 61000-4-3 e IEC 61000-4-20)	80 (26 *) MHz hasta 6 GHz, 10 V/m (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11) * Para un equipo sometido a ensayo, sin cableado para aplicar el ensayo, el límite de frecuencia inferior es de 26 MHz
Conducidas por los campos de radiofrecuencia (IEC 61000-4-6)	0,15 hasta 80 MHz, 10 V (fuerza electromotriz de la fuente) (índice de nivel de ensayo 3 según OIML D11)
Campos magnéticos a frecuencia industrial (IEC 61000-4-8)	Continuo 100 A/m Corta duración 1 000 A/m durante 1 segundo

	(índice de nivel de ensayo 5 según OIML D11)
En el caso de los instrumentos propulsados por una batería de vehículos de carretera:	
Conducción eléctrica transitoria por líneas de alimentación	Impulsos 2a, 2b, 3a, 3b, nivel de ensayo IV (ISO 7637-2)
Conducción eléctrica transitoria a través de líneas distintas de las de alimentación	Impulsos a y b, nivel de ensayo IV (ISO 7637-3)
Volcado de la carga	Ensayo B (ISO 16750-2)

5. REQUISITOS TÉCNICOS

5.1. Construcción

El instrumento debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Todas las partes, desde el tubo de escape hasta el detector de partículas, que estén en contacto con los gases de escape sin diluir y diluidos están hechas de material resistente a la corrosión y no influyen en la composición de la muestra de gases. El material de la sonda de muestreo resiste la temperatura de los gases de escape.
- El instrumento de medición del NP-ITP incorpora buenas prácticas de muestreo de partículas para minimizar las pérdidas de partículas.
- La sonda de muestreo está diseñada de manera que pueda insertarse al menos 0,2 m (al menos 0,05 m en excepciones justificadas) en el tubo de escape del vehículo y se sujetará de forma segura mediante un dispositivo de retención, independientemente de la profundidad de inserción y de la forma, el tamaño y el grosor del tubo de escape. El diseño de la sonda de muestreo facilita la extracción de muestras en la entrada de la sonda de muestreo sin tocar la pared del tubo de escape;
- El instrumento contiene un dispositivo que impide la condensación de agua en los componentes de muestreo y de medición o un detector que emite una alarma e impide indicar un resultado de medida. Algunos ejemplos de dispositivos o técnicas que pueden impedir la condensación de agua son el calentamiento de la línea de muestreo o la dilución con el aire ambiente cerca de la sonda de muestreo.
- Si se necesita una referencia de ajuste debido a la técnica de medición, se dispone de medios sencillos para proporcionar dicha muestra (por ejemplo, un puerto de muestreo, ajuste o verificación) con el instrumento.
- Cuando se incluya una unidad de dilución en el instrumento de medición del NP-ITP, el factor de dilución permanecerá constante durante una medición.
- El dispositivo que transmite los gases de escape está montado de manera que sus vibraciones no afecten a las mediciones. El usuario puede encenderlo y apagarlo de forma independiente a los demás componentes del instrumento. Sin embargo, no puede efectuarse ninguna medición cuando se desconecta. El sistema de manipulación de gas debe descargarse automáticamente con aire ambiente antes de que el dispositivo que transmite el gas de escape esté apagado.
- El instrumento está equipado con un dispositivo que indica cuándo el caudal de gas es inferior al caudal mínimo y, por tanto, el caudal disminuye hasta un nivel que

haría que la detección superara el tiempo de respuesta o el error máximo permitido en condiciones de funcionamiento de referencia (véase 4.f). Además, y de acuerdo con la tecnología utilizada, el detector de partículas está equipado con la temperatura, la corriente, la tensión o cualquier otro sensor pertinente que supervise parámetros críticos para el funcionamiento del instrumento de medición del NP-ITP con el fin de que no exceda el error máximo permitido especificado en las presentes directrices.

- El dispositivo de preacondicionamiento de la muestra (cuando proceda) deberá ser hermético hasta el punto de que la influencia del aire de dilución en los resultados de medida no sea superior a 5 000 l/cm³.
- El instrumento podrá estar equipado con una interfaz que permita el acoplamiento a cualquier dispositivo periférico u otros instrumentos, siempre que las funciones metrológicas del instrumento o sus datos de medición no estén influidos por los dispositivos periféricos, por otros instrumentos interconectados o por perturbaciones que tengan lugar en la interfaz. Las funciones que se realizan o inician a través de una interfaz cumplen los requisitos y las condiciones pertinentes. Si el instrumento está conectado a una impresora de datos o a un dispositivo externo de almacenamiento de datos, la transmisión de datos del instrumento a la impresora está diseñada de manera que los resultados no puedan falsearse. No es posible imprimir un documento ni almacenar los datos de medición en un dispositivo externo (con fines legales) si las instalaciones de control de instrumentos detectan un fallo significativo o un mal funcionamiento. La interfaz del instrumento de medición del NP-ITP respeta los requisitos de la OIML D 11 y la OIML D 31.
- El instrumento de medición del NP-ITP tiene una frecuencia de notificación igual o superior a 1 Hz.
- El instrumento está diseñado de acuerdo con las buenas prácticas técnicas para garantizar que las eficiencias de recuento de partículas sean estables en todo el ensayo.
- El instrumento de medición del NP-ITP o el dispositivo con el programa informático pertinente permite el tiempo de registro contemplado por el procedimiento de medición descrito en la sección 7 e informa de la medición y del resultado del ensayo de acuerdo con el procedimiento de medición.
- El instrumento de medición del NP-ITP o el dispositivo con el programa informático pertinente orienta al usuario a través de los pasos descritos en el procedimiento de medición descrito en la sección 7.
- Opcionalmente, el instrumento de medición del NP-ITP o el dispositivo con el programa informático pertinente podrá contar las horas de funcionamiento en modo de medición.

5.2. Requisitos para garantizar que el funcionamiento sea correcto

- Si la detección de una o varias perturbaciones se consigue mediante el uso de instalaciones de autoverificación automática, debe ser posible comprobar que el funcionamiento de dichas instalaciones sea correcto.
- El instrumento está controlado por una instalación de verificación automática que funciona de tal manera que, antes de que pueda indicarse o imprimirse una medición, se confirmen todos los ajustes y todos los demás parámetros de la instalación de verificación con respecto a los valores o el estado adecuados (es decir, dentro de los límites).

- Se integran los siguientes controles:
 - (1) El instrumento de medición del NP-ITP supervisa de forma automática y continua los parámetros pertinentes que influyen significativamente en el principio de medición utilizado (por ejemplo, el flujo de volumen de muestra o la temperatura del detector). Si se producen desviaciones intolerables, no se muestra ningún valor medido. Si el instrumento de medición del NP-ITP requiere un fluido de trabajo, no es posible realizar mediciones si su nivel no es suficiente.
 - (2) Prueba de memoria con verificación clara del programa informático y de la función de los conjuntos más importantes (automáticamente después de cada encendido y, a más tardar, después de cada cambio de día).
 - (3) Un procedimiento de ensayo de aire limpio o fugas para detectar la fuga máxima específica (al menos con cada autoensayo, recomendado antes de cada medición). Si el valor medido es superior a $5\,000\text{ l/cm}^3$, el instrumento no permite al usuario continuar con la medición.
 - (4) Si así lo exige el principio de medición, un procedimiento de puesta a cero realizado con un filtro HEPA en la entrada del instrumento de medición del NP-ITP (al menos con cada autoensayo, recomendado antes de cada medición).
- Opcionalmente, el instrumento de medición del NP-ITP puede integrar una comprobación del procedimiento de medición de aire ambiente o de alta concentración del NP, realizada antes del procedimiento de ensayo de aire limpio o fugas, en la que el instrumento de medición del NP-ITP detecte más partículas que una concentración del NP predefinida.
- Los instrumentos equipados con un dispositivo de ajuste automático o semiautomático permiten al usuario efectuar una medición solo después de que se hayan completado los ajustes correctos.
- Los instrumentos equipados con un dispositivo de ajuste semiautomático no permiten al usuario realizar una medición cuando se requiere un ajuste.
- A los dispositivos de ajuste automático y semiautomático se les podrá proveer con un dispositivo que advierta de la necesidad de efectuar el ajuste.
- En todas las partes del instrumento que no estén protegidas materialmente de otra manera contra operaciones que puedan afectar a la exactitud o integridad del instrumento se instalan dispositivos de sellado eficaces. Esto es aplicable, en particular, a: a) los medios de ajuste, b) la integridad de los programas informáticos (véase también el nivel de riesgo normal de OIML D 31 o los requisitos WELMEC 7.2 de clase de riesgo C);
- El programa informático jurídicamente pertinente está claramente identificado. La identificación se muestra o se imprime: a) a demanda; b) durante la operación; o c) en el momento de la puesta en marcha de un instrumento de medida que pueda apagarse y encenderse de nuevo. Todas las disposiciones relevantes en el nivel de riesgo normal de OIML D 31 o los requisitos WELMEC 7.2 de clase de riesgo C;
- El programa informático está protegido de tal manera que se dispone de pruebas de cualquier intervención (por ejemplo, actualizaciones del programa informático o cambios de parámetros). Todas las disposiciones relevantes en el nivel de riesgo normal de OIML D 31 o los requisitos WELMEC 7.2 de clase de riesgo C;

- Las características metrológicas de un instrumento no están alteradas, más allá de lo admisible, por conectarlo a otro dispositivo, por ninguna característica del dispositivo conectado, o por ningún dispositivo que comunique a distancia con el instrumento de medida (anexo I a la Directiva 2014/32/UE).
- Un instrumento que funciona con batería o pilas funciona correctamente con baterías o pilas nuevas o totalmente cargadas del tipo especificado y o bien sigue funcionando correctamente o no indica ningún valor cuando la tensión es inferior al valor especificado por el fabricante. Los límites de tensión específicos para las baterías de los vehículos de carretera se establecen en las condiciones nominales de funcionamiento (véase la sección 4.13).

6. CONTROLES METROLÓGICOS

Los requisitos metrológicos se someten a ensayo en tres fases diferentes:

- Examen de tipo
- Verificación inicial
- Verificación posterior

6.1. Examen de tipo

Se lleva a cabo una verificación del cumplimiento de los requisitos metrológicos especificados en la sección 4 y los requisitos técnicos especificados en la sección 5, aplicados al menos a un instrumento de medición del NP-ITP, que representa el tipo de instrumento definitivo. Los ensayos se llevan a cabo por parte de un instituto nacional de metrología.

6.2. Verificación inicial

El fabricante del instrumento o un organismo notificado elegido por el fabricante efectuará una verificación inicial en cada instrumento de medición del NP-ITP fabricado.

La verificación inicial comprende un ensayo de linealidad con partículas polidispersas con una granulometría monomodal, DMG 70 ± 20 nm y DTG inferior o igual a 2,1. El control de linealidad se realiza con 5 muestras del NP de referencia. Se aplica el error máximo permitido en las condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.6). La concentración de 5 muestras del NP de referencia comprende desde una quinta parte del límite del NP-ITP hasta dos veces el límite del NP-ITP (incluidas estas dos concentraciones, ± 10 %) e incluye también el límite NP-ITP (± 10 %).

El sistema de referencia consiste en un contador de partículas trazable con una eficiencia de recuento de 23 nm superior o igual a 0,5 o que cumple la sección 4.7. El contador de partículas podrá ir acompañado de un diluyente trazable. La incertidumbre expandida del sistema de referencia completo es inferior al 12,5 %, pero preferiblemente inferior o igual a un tercio del error máximo permitido en condiciones de funcionamiento de referencia;

El material utilizado para la verificación inicial es termoestable y de tipo sólido. Pueden utilizarse otros materiales (por ejemplo, partículas de sal).

Toda la configuración experimental utilizada para la verificación inicial (generador de partículas, instrumento de medición del NP-ITP y sistema de referencia) se somete a ensayo por el instituto nacional de metrología responsable (preferiblemente durante el examen de tipo del instrumento de medición del NP-ITP) y se determina un factor de corrección de la configuración del ensayo de examen de tipo del instituto nacional de metrología. El factor de corrección de configuración tiene en cuenta las diferencias entre el examen de tipo y los

ensayos de verificación inicial que surgen, por ejemplo, del material de partículas y el tamaño de las partículas, así como de los diferentes instrumentos de referencia. El factor de corrección de la configuración debe ser constante en el intervalo de concentraciones mencionado (coeficiente de variación inferior al 10 %) y se recomienda que se sitúe en el intervalo de 0,65 a 1,5. Cuando cambia el sistema de referencia o el generador de partículas, el instituto nacional de metrología responsable vuelve a someter a ensayo la configuración experimental de verificación inicial.

A continuación se resumen los requisitos de linealidad de la verificación inicial:

Localización del control	Instrumento de referencia	Número mínimo de comprobaciones	Error máximo permitido
Fabricante u organismo notificado elegido por el fabricante	Contador de partículas trazable (opcionalmente con diluyente trazable)	5	Condiciones de funcionamiento de referencia (véase la sección 4.6)

Las pruebas adicionales durante la verificación inicial comprenden:

- una inspección visual para determinar la conformidad con el tipo de instrumento de medición del NP-ITP aprobado;
- una comprobación de la tensión y la frecuencia de la alimentación eléctrica en el lugar de utilización para determinar el cumplimiento de las especificaciones de la etiqueta del instrumento de medida;
- un ensayo de aire limpio o fugas (según se describe en las instrucciones de funcionamiento);
- un ensayo de nivel cero (como se describe en la sección 4.9) si difiere del control de aire limpio o de fugas;
- una comprobación del bajo caudal de gas restringiendo el flujo de gas suministrado a la sonda de muestreo;
- control del tiempo de respuesta.

Opcionalmente, podrán realizarse ensayos de alta concentración del NP, de eficiencia de recuento y de repetibilidad.

6.3. Verificación posterior

La verificación posterior de la exactitud del instrumento de medición del NP-ITP debe realizarse siempre que lo solicite el fabricante del instrumento, pero a más tardar un año después de la última verificación. La verificación posterior es un ensayo realizado a 3 concentraciones diferentes con partículas polidispersas con una granulometría monomodal, DMG 70 ± 20 nm y DTG inferior o igual a 2,1. Se aplica el error máximo permitido en condiciones nominales de funcionamiento. Las concentraciones utilizadas para el ensayo son una quinta parte del límite del NP-ITP, el límite del NP-ITP y el doble del límite del NP-ITP (concentraciones dentro de un margen del 20 %).

El ensayo de verificación posterior podrá realizarse: i) en las instalaciones del fabricante o de un organismo notificado elegido por el fabricante; o ii) en el lugar de utilización del instrumento de medición del NP-ITP.

Cuando la verificación posterior se realice en las instalaciones del fabricante o de un organismo notificado elegido por el fabricante que utilice la misma configuración aprobada para la verificación inicial, se aplicará el mismo factor de corrección de la configuración.

Cuando la verificación posterior se realice en el lugar de utilización del instrumento de medición del NP-ITP, la configuración portátil incluirá un generador portátil de partículas y un sistema de referencia portátil (contador de partículas trazable y, opcionalmente, un diluyente trazable).

La distribución del tamaño de las partículas producida por el generador de partículas portátiles es necesaria para cumplir la DMG y la DTG definidas en la sección 6.2 para un total de al menos 3 horas distribuidas a lo largo de 3 días diferentes en las mismas condiciones que se utilizarán en el campo. Este ensayo debe repetirse al menos 1 vez al año.

El sistema de referencia portátil cumple los mismos requisitos que los sistemas de referencia utilizados en los ensayos de linealidad de verificación inicial (véase la sección 6.2), pero su incertidumbre expandida en las condiciones nominales de funcionamiento sigue siendo inferior al 20 %, pero preferiblemente inferior o igual a un tercio del error máximo permitido en condiciones nominales de funcionamiento.

La configuración experimental portátil utilizada para la verificación posterior (generador portátil de partículas, instrumento de medición del NP-ITP y sistema de referencia) se somete a ensayo por el instituto nacional de metrología responsable y se determina un factor de corrección de la configuración para el ensayo de examen de tipo del instituto nacional de metrología. El factor de corrección de configuración tiene en cuenta las diferencias entre el examen de tipo y los ensayos de verificación posteriores que surgen, por ejemplo, del material de partículas y el tamaño de las partículas, así como de los diferentes instrumentos de referencia. El factor de corrección de la configuración debe ser constante en el intervalo de concentraciones del ensayo de verificación posterior (coeficiente de variación inferior al 10 %) y se recomienda que se sitúe en el intervalo de 0,65 a 1,5. Cuando cambie el sistema portátil de referencia o el generador de partículas portátiles, se requerirá una nueva aprobación por parte del instituto nacional de metrología.

A continuación se resumen los requisitos de linealidad de la verificación posterior:

Localización del control	Instrumento de referencia	Número mínimo de comprobaciones	Error máximo permitido
Instalaciones o campo del fabricante o del organismo notificado	Contador de partículas trazable (opcionalmente con diluyente trazable)	3	Condiciones nominales de funcionamiento (véase la sección 4.6)

Los ensayos adicionales durante la verificación posterior comprenden:

- una inspección visual para determinar la validez de la verificación previa y la presencia de todos los sellos, precintos y documentos requeridos,
- un control de aire limpio o de fugas (según se describe en las instrucciones de funcionamiento);

- un ensayo de nivel cero (como se describe en la sección 4.9) si difiere del control de aire limpio o de fugas;
- una comprobación del bajo caudal de gas restringiendo el flujo de gas suministrado a la sonda de muestreo;
- control del tiempo de respuesta,
- un ensayo de alta concentración de NP (opcionalmente).

7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

El ensayo de concentración del NP se aplica a los vehículos descritos en la sección 1 y determina las partículas por centímetro cúbico en los gases de escape de un vehículo parado en régimen de ralentí bajo. El ensayo no se realizará durante la regeneración del filtro de partículas diésel del vehículo.

Preparación del vehículo

Al comienzo del ensayo, el vehículo deberá estar:

- Caliente, es decir, temperatura del refrigerante del motor $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero preferiblemente $> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Acondicionado, en funcionamiento durante un período de tiempo en régimen de ralentí bajo o realizando aceleraciones estacionarias hasta un máximo de 2 000 rpm de velocidad del motor o conduciendo. El acondicionamiento se realiza para garantizar que la eficiencia del filtro de partículas diésel no se vea influida por una regeneración reciente. Se considera tiempo de acondicionamiento al período en el que el motor está encendido, incluidas las fases previas al ensayo (por ejemplo, la fase de estabilización). El tiempo total de acondicionamiento recomendado es de 300 segundos.

Es posible llevar a cabo un ensayo de aptitud rápido con una temperatura del refrigerante del motor de $< 60\text{ }^{\circ}\text{C}$. No obstante, si el vehículo no supera el ensayo, este se repetirá, y el vehículo deberá cumplir los requisitos establecidos para la temperatura del refrigerante del motor y el acondicionamiento.

Preparación de instrumentos de medición del NP-ITP

- El instrumento de medición del NP-ITP se acciona durante al menos el tiempo de calentamiento indicado por el fabricante.
- Mediante las autoverificaciones del instrumento contempladas en la sección 5 se comprobará que el funcionamiento del instrumento durante su uso es correcto y se emitirá un aviso o un mensaje en caso de mal funcionamiento.

Antes de cada ensayo, se verificará que el sistema de muestreo esté en buen estado, en concreto se comprobará que la manguera de muestreo y la sonda de muestreo no estén dañadas.

Procedimiento de ensayo

- Antes del inicio de una medición, se registran los siguientes datos:
 - (a) El número de matrícula del vehículo.
 - (b) El número de identificación del vehículo.
 - (c) El nivel de emisiones homologado (norma de emisiones Euro).
- El programa informático del contador de partículas orienta automáticamente al operador del instrumento a través del procedimiento de ensayo.
- La sonda se insertará al menos 0,20 m en la salida del sistema de escape. En casos de excepciones justificadas cuando no sea posible el muestreo a esta profundidad, la sonda se insertará al menos 0,05 m. La sonda de muestreo no tocará las paredes del tubo de escape.
- Si el sistema de escape tiene más de una salida, el ensayo se realizará en todas ellas y se respetará el respectivo límite del NP-ITP en todos los ensayos. En este caso, se considera que la concentración del NP que resulte más alta tras su medición en diferentes salidas del sistema de escape es la concentración del NP del vehículo.
- El vehículo funciona al ralentí bajo. En caso de que el motor de un vehículo no se ponga en marcha en condiciones estáticas, el operador del ensayo desactivará el sistema de arranque/parada. En el caso de los vehículos híbridos y los vehículos

híbridos enchufables, es necesario encender el motor térmico (por ejemplo, conectando el sistema de aire acondicionado para híbridos o seleccionando el modo de carga de la batería para los híbridos enchufables).

- Una vez introducida la sonda en el tubo de escape, se siguen los pasos siguientes para el ensayo del NP-ITP:
 - (a) Un período de estabilización de al menos 15 segundos con el motor funcionando al ralentí. Opcionalmente, antes de que se realicen las aceleraciones del motor durante el período de estabilización 2-3 hasta un máximo de 2 000 rpm.
 - (b) Tras el período de estabilización, se miden las emisiones de concentración del NP. La duración del ensayo es de al menos 15 segundos (duración total de la medición). El resultado del ensayo es la concentración media del NP de la duración de la medición. Si la concentración del NP medida supera en más de dos veces el límite del NP-ITP, la medición podrá detenerse inmediatamente antes de que transcurran 15 segundos y se comunicará el resultado del ensayo.

Una vez finalizado el procedimiento de ensayo, el instrumento de medición del NP-ITP informa (y almacena o imprime) la concentración media del NP del vehículo y muestra un mensaje de «apto» o «no apto».

- Si el resultado del ensayo es inferior o igual al límite del NP-ITP, el instrumento notifica un mensaje de «apto» y el ensayo se ha superado.
- Si el resultado del ensayo es superior al límite del NP-ITP, el instrumento notifica un mensaje de «no apto» y el ensayo no se ha superado.

8. LÍMITE DEL NP-ITP

Los vehículos sujetos al ensayo de concentración del NP descrito en la sección 1 deben respetar el límite del NP-ITP de 250 000 (1/cm³) después de haber sido sometidos a ensayo con un instrumento de medición del NP-ITP que cumpla los requisitos establecidos en las presentes directrices y siguiendo el procedimiento de medición descrito en la sección 7.

Las presentes Directrices pueden aplicarse a un único límite del NP-ITP desde 250 000 (1/cm³) hasta 1 000 000 (1/cm³).

9. LISTA DE FUENTES

Normas ISO

ISO 16750-2 Ed. 4.0 (2012), *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 2: Electrical loads* [«Vehículos de carretera. Condiciones ambientales y de ensayo para equipos eléctricos y electrónicos. Parte 2: cargas eléctricas», no disponible en español].

ISO 7637-2 (2011) *Road vehicles – electrical disturbance from conducting and coupling – Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only* [«Vehículos de carretera. Perturbaciones eléctricas por conducción y por acoplamiento. Parte 2: transmisión de las perturbaciones eléctricas solo a lo largo de la línea de alimentación», no disponible en español].

ISO 7637-3 (2007) *Road vehicles – electrical disturbance from conducting and coupling – Part 3: Passenger cars and light commercial vehicles with nominal 12 V supply voltage and commercial vehicles with 24 V supply voltage – Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines* [«Vehículos de carretera.

Perturbaciones eléctricas por conducción y por acoplamiento. Parte 3: turismos y vehículos comerciales ligeros con tensión de alimentación nominal de 12 V y vehículos comerciales con tensión de alimentación de 24 V – Transmisión eléctrica transitoria mediante acoplamiento capacitivo e inductivo a través de líneas distintas de las de alimentación», no disponible en español].

Normas IEC

IEC 60068-2-1 Ed. 6.0 (marzo de 2007), «Ensayos ambientales. Parte 2-1: Ensayos. Ensayo A: Frío».

IEC 60068-2-2 Ed. 5.0 (2007-07), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 1: Test B: Dry heat* [«Ensayos medioambientales – Parte 2: Métodos de ensayo – Sección 1: Ensayo B: calor seco», no disponible en español].

IEC 60068-3-1 Ed. 2.0 (2011-08), *Environmental testing – Part 3: Supporting documentation and guidance – Section 1: Cold and dry heat tests* [«Ensayos medioambientales – Parte 3: Documentación justificativa y orientación – Sección 1: Ensayos de frío y calor seco», no disponible en español].

IEC 60068-2-78 Ed. 2.0 (2012-10), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 78: Test cab: Damp heat, steady state* [«Ensayos medioambientales – Parte 2: Métodos de ensayo – Sección 78: Cabina de ensayo: calor húmedo, estado estable», no disponible en español].

IEC 60068-2-30 Ed. 3.0 (2005-08), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 30: Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 hour cycle)* [«Ensayos medioambientales – Parte 2: Métodos de ensayo – Sección 30: Ensayo Db: calor húmedo, cíclico (ciclo de 12 + 12 horas)», no disponible en español].

IEC 60068-3-4 Ed. 1.0 (2001-08), *Environmental testing – Part 2: Supporting documentation and guidance – Section 4: Damp heat tests* [«Ensayos medioambientales – Parte 3: Documentación justificativa y orientación – Sección 4: Ensayos de calor húmedo», no disponible en español].

IEC 61000-2-1 Ed. 1.0 (1990-05), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems* [«Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 2: Medioambiente – Sección 1: Descripción del entorno – Entorno electromagnético para perturbaciones conducidas de baja frecuencia y señalización en sistemas públicos de alimentación eléctrica», no disponible en español].

IEC 61000-4-1 Ed. 3.0 (2006-10), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Overview of IEC 61000-4 series* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de medición – Sección 1: Visión general de la serie IEC 61000-4», no disponible en español].

IEC 61000-2-2 Ed. 1.0 (1990-05), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems* [«Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 2: Medioambiente – Sección 2: Niveles de compatibilidad de las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y señalización en los sistemas públicos de alimentación eléctrica de baja tensión», no disponible en español].

IEC 60068-2-31 Ed. 2.0 (2008-05), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 31: Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens* [«Ensayos medioambientales – Parte 2: Métodos de ensayo – Sección 2: Choques de manipulación rugosos, principalmente para muestras de equipo», no disponible en español].

IEC 60068-2-47 Ed. 3.0 (2005-4), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 31: Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests* [«Ensayos medioambientales – Parte 2: Métodos de ensayo – Sección 47: Montaje de especímenes para ensayos de vibración, de impacto y otros ensayos dinámicos», no disponible en español].

IEC 60068-2-64 Ed. 2.0 (2008-04), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 31: Test Fh: Vibration, broad-band random and guidance* [«Ensayos medioambientales – Parte 2: Métodos de ensayo – Sección 64: Vibración, aleatorio de banda ancha y guía», no disponible en español].

IEC 60068-3-4 Ed. 1.0 (2003-08), *Environmental testing – Part 2: Supporting documentation and guidance – Section 8: Selecting amongst vibration tests* [«Ensayos medioambientales – Parte 3: Documentación justificativa y orientación – Sección 8: Selección entre ensayos de vibración», no disponible en español].

IEC 61000-4-11 Ed. 2.0 (2004-03), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 11: Ensayos de inmunidad por abertura de tensión, interrupciones cortas y variaciones de tensión», no disponible en español].

IEC 61000-6-1 Ed. 2.0 (2005-3), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Generic standards – Section 1: Immunity for residential, commercial and light-industrial environments* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 6: Normas genéricas – Sección 1: Inmunidad para entornos residenciales, comerciales e industriales ligeros», no disponible en español].

IEC 61000-6-2 Ed. 2.0 (2005-01), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Generic standards – Section 1: Immunity for industrial environments* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 6: Normas genéricas – Sección 2: Inmunidad para entornos industriales», no disponible en español].

IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Electrical fast transient/burst immunity test* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 4: Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas», no disponible en español].

IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11) *Correction 1 on Ed. 2.0 (2009-10), Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Surge immunity test* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 5: Ensayos de inmunidad a las ondas de choque», no disponible en español].

IEC 61000-4-2 Ed. 2.0 (2008-12), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Electrostatic discharge immunity test* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 2: Ensayo de inmunidad a las descargas electrostáticas», no disponible en español].

IEC 61000-4-3 Ed. 3.2 (2010-04), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 3: Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia», no disponible en español].

IEC 61000-4-20 Ed. 2.0 (2010-08), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 20: Ensayos de emisión y de inmunidad en las guías de onda electromagnéticas transversales (TEM)», no disponible en español].

IEC 61000-4-6 Ed. 4.0 (2013-10), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia», no disponible en español].

IEC 61000-4-8 Ed. 2.0 (2009-09), *Basic EMC publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Power frequency magnetic field immunity test* [«Publicación básica de CEM – Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida – Sección 8: Ensayos de inmunidad a los campos magnéticos a frecuencia industrial», no disponible en español].

Normas europeas

EN 1822-1:2019-10, *Particulate air filters (EPA, HEPA and ULPA) – Part 1: Classification, performance testing, marking* [«Filtros de aire de partículas (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, ensayo de rendimiento, marcado», no disponible en español].

Publicaciones de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML)

OIML R 99-1 & 2 (2008) *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions* [«Instrumentos para medir las emisiones de escape de los vehículos», no disponible en español].

OIML V 2-200 (2012) *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)* [«Vocabulario internacional de metrología – Conceptos básicos y generales y términos asociados (VIM)», no disponible en español].

OIML D 11 (2013) *General requirements for measuring instruments – Environmental conditions* [«Requisitos generales para los instrumentos de medida. Condiciones medioambientales», no disponible en español].