

Aire ambiente

Determinación de la concentración del número de partículas de aerosol atmosférico

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN-UNE 77 *Medio ambiente*, cuya secretaría desempeña UNE.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 16976

UNE-EN 16976

Aire ambiente

Determinación de la concentración del número de partículas de aerosol atmosférico

Ambient air. Determination of the particle number concentration of atmospheric aerosol.

Air ambient. Détermination de la concentration en nombre de particules de l'aérosol atmosphérique.

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 16976:2024.

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-CEN/TS 16976:2016 (ratificada por la Asociación Española de Normalización).

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 16976

Las observaciones a este documento han de dirigirse a:

Asociación Española de Normalización

Génova, 6
28004 MADRID-España
Tel.: 915 294 900
info@une.org
www.une.org

© UNE 2025

Prohibida la reproducción sin el consentimiento de UNE.

Todos los derechos de propiedad intelectual de la presente norma son titularidad de UNE.

Índice

Prólogo europeo	7
0 Introducción.....	9
1 Objeto y campo de aplicación.....	10
2 Normas para consulta	10
3 Términos y definiciones.....	10
3.1 Propiedades de los aerosoles.....	10
3.2 Funcionamiento instrumental.....	11
3.3 Caudales.....	11
4 Aerosol atmosférico	12
5 Descripción del método	12
5.1 Muestreo y acondicionamiento	12
5.1.1 Muestreo.....	12
5.1.2 Secado.....	14
5.1.3 Dilución.....	15
5.2 Determinación de la concentración del número de partículas con un CPC	15
5.2.1 Crecimiento por condensación.....	15
5.2.2 Detección óptica.....	18
6 Criterios de funcionamiento del CPC y procedimientos de ensayo.....	18
6.1 Generalidades.....	18
6.2 Requisitos generales para el CPC.....	19
6.3 Condiciones de ensayo.....	20
6.4 Características y criterios de funcionamiento.....	20
6.5 Procedimientos de ensayo	21
6.5.1 Caudal calibrado	21
6.5.2 Rango de medición de la concentración del número	21
6.5.3 Límite de detección de la concentración del número	21
6.5.4 Factor de calibración.....	21
6.5.5 Evaluación de la linealidad y de la pendiente de la respuesta para un instrumento dado.....	22
6.5.6 Curva de eficiencia de detección para partículas de pequeño tamaño.....	23
6.5.7 Límite de detección para partículas de tamaño superior.....	23
6.5.8 Recuento en el cero.....	23
6.5.9 Tiempo de respuesta.....	23
6.5.10 Dependencia del caudal con la tensión de alimentación	23
6.5.11 Incertidumbre de medición de la calibración de los sensores de temperatura y presión.....	24
6.5.12 Efecto de un fallo en el suministro de red eléctrica	24
7 Criterios de funcionamiento y procedimientos de ensayo para el sistema de muestreo y acondicionamiento	24
7.1 Requisitos generales	24
7.2 Características de funcionamiento y criterios.....	24
7.3 Pérdidas por difusión	25
7.4 Humedad relativa.....	25
7.5 Dilución.....	25
7.5.1 Factor de dilución.....	25
7.5.2 Criterios generales para los sistemas de dilución.....	26

7.6	Caudal de muestreo primario	26
8	Procedimiento de medición.....	27
8.1	Programa de mediciones	27
8.2	Condiciones ambientales de funcionamiento	27
8.3	Instalación inicial	27
8.4	Comprobaciones iniciales in situ	27
8.5	Registro y tratamiento de datos.....	28
9	Control de calidad, aseguramiento de la calidad e incertidumbre de la medición.....	28
9.1	Generalidades.....	28
9.2	Frecuencia de las calibraciones, comprobaciones y mantenimiento	29
9.2.1	Generalidades.....	29
9.2.2	Mantenimiento completo del CPC	29
9.2.3	Calibración de linealidad.....	30
9.2.4	Comprobación del cero	30
9.2.5	Comprobación de la concentración del número de partículas	30
9.2.6	Comprobación del caudal real	31
9.2.7	Calibración de los sensores de temperatura y de presión	31
9.2.8	Diagnósticos internos del CPC	31
9.2.9	Mantenimiento del sistema de muestreo	31
9.2.10	Sensor de humedad relativa.....	31
9.2.11	Factor de dilución (si procede)	31
9.2.12	Control de fugas	31
9.3	Incertidumbre de la medición	32
9.3.1	Generalidades.....	32
9.3.2	Eficiencia de detección del CPC en la zona de meseta	33
9.3.3	Deriva de la eficiencia de detección del CPC.....	33
9.3.4	Determinación del caudal	33
9.3.5	Corrección a temperatura y presión normales	33
9.3.6	Pérdidas por difusión en el sistema de muestreo	33
9.3.7	Factor de dilución (si procede)	34
9.3.8	Cálculo de la incertidumbre global	34
Anexo A (Normativo)	Determinación de las pérdidas por difusión en las líneas de muestreo	35
Anexo B (Informativo)	Ejemplo de cálculo de las pérdidas por difusión en un sistema de muestreo	38
B.1	Descripción del sistema de muestreo	38
B.2	Propiedades del aire y coeficiente de difusión.....	39
B.3	Pérdidas en el tubo de muestreo primario	39
B.4	Pérdidas en el tubo de muestreo secundario y en el secador	40
B.5	Pérdidas globales del muestreo	41
Anexo C (Informativo)	Cálculo de la incertidumbre (ejemplo).....	42
C.1	Generalidades.....	42
C.2	Eficiencia de detección del CPC en la zona de meseta	42
C.3	Deriva de la eficiencia de detección del CPC.....	42
C.4	Determinación del caudal	42
C.5	Corrección a las condiciones normales de temperatura y de presión	43
C.6	Pérdidas de muestreo debidas a la difusión sobre las paredes.....	43
C.7	Factor de dilución (cuando sea aplicable).....	43
C.8	Cálculo de la incertidumbre global	43

Anexo D (Informativo)	Aerosoles atmosféricos	45
D.1	Generalidades.....	45
D.2	Ejemplos de mediciones.....	45
Anexo E (Informativo)	Sistemas de dilución	48
E.1	Contexto	48
E.2	Principios de funcionamiento de los sistemas de dilución	48
E.3	Ejemplo de diseño de un sistema de dilución utilizado para el secado del caudal de muestreo primario	51
E.4	Parámetros de funcionamiento de un sistema de dilución.....	52
E.5	Ejemplo de cálculo de la incertidumbre del factor de dilución	54
Anexo F (Informativo)	Flujo laminar	57
Anexo G (Informativo)	Corrección de la coincidencia	58
Anexo H (Informativo)	Resultados de una comparación experimental de diferentes CPC.....	61
Bibliografía		66

Prólogo europeo

Esta Norma EN 16976:2024 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 264 *Calidad del aire*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de diciembre de 2024, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de diciembre de 2024.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN no es responsable de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Especificación Técnica CEN/TS 16976:2016.

En comparación con la edición anterior se han realizado las siguientes modificaciones técnicas:

- 1: fijación del límite inferior del rango de partículas medidas en 10 nm, límite idéntico al medido por medio de espectrómetros de granulometría (MPSS, *Mobility Particle Size Spectrometers*) (véase la Especificación Técnica CEN/TS 17434). En las redes de vigilancia de la calidad del aire donde se empleará la técnica de MPSS para la determinación de la distribución de las partículas en función de su tamaño, puede utilizarse un contador de partículas por condensación (CPC) para fines de aseguramiento de la calidad de los datos de MPSS;
- 3: introducción y definición del parámetro “factor de calibración”. Revisión y reorganización de los términos y definiciones relativos a los distintos caudales.
- 5.1.2: exclusión del secador de aerosoles por difusión a base de sílice, debido a que las pérdidas por difusión son muy elevadas para este tipo de secador.
- 6.2: debe aplicarse la corrección de coincidencia. No debe aplicarse ningún otro factor de corrección salvo que sea necesaria una corrección para el caudal analizado.
- 6.3: realización de todos los ensayos a una única temperatura (entre 20 °C y 30 °C).
- 6.4: tabla 1: modificación de los criterios relativos a varias características de funcionamiento e inclusión de la característica de funcionamiento “factor de calibración”.
- 6.5: revisión de algunos procedimientos de ensayo y adición de un procedimiento de ensayo relativo al factor de calibración.
- 7.2: necesidad de disponer de dos factores de dilución: uno para reducir la concentración y otro adicional para el secado.
- 7.5: eliminación del método de utilización de un gas trazador para la determinación del factor de dilución de un sistema de dilución. Adición de criterios generales para los sistemas de dilución.
- 9.2: eliminación el ensayo “Determinación del umbral de corte para pequeños tamaños de partícula”, revisión sustancial del párrafo “Comprobación de la concentración del número”.
- Supresión del antiguo anexo C, titulado “Registro de los datos”.
- Anexo D: actualización de los valores de concentración del número de partículas en el aire ambiente.
- Anexo E: adición de un ejemplo de diseño de un sistema de dilución y de un ejemplo de cálculo de la incertidumbre sobre el factor de dilución.

- Anexo G: adición de un nuevo anexo titulado “Corrección de la coincidencia”.
- Anexo H: adición de un nuevo anexo “Resultados de una comparación experimental de diferentes CPC”.

Cualquier comentario o pregunta sobre este documento deberían dirigirse al organismo nacional de normalización del usuario. En la web de CEN se puede encontrar un listado completo de estos organismos.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República de Macedonia del Norte, Rumanía, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía.

0 Introducción

Existe una creciente toma de conciencia de la importancia de las partículas del aerosol con diámetros $D < 1 \mu\text{m}$ para la salud humana, así como de su efecto sobre el clima. Para evaluar la calidad del aire parece necesario complementar las concentraciones máscas determinadas gravimétricamente, tales como $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} (véase la Norma EN 12341) con una medición de la concentración del número de partículas. Como las partículas ultrafinas con diámetros $D < 0,1 \mu\text{m}$ constituyen una parte prácticamente insignificante de la masa de los aerosoles atmosféricos, estas pueden detectarse mejor con métodos de medición por recuento, suficientemente sensibles.

Teniendo en cuenta que la instrumentación de medición de partículas permite determinar bien sea la concentración del número de partículas, o bien la distribución de las partículas en función de su tamaño del número de partículas, se han elaborado dos documentos:

- uno que trata de la determinación de un único parámetro, la “concentración en número” (medición de la concentración en número “total”, este documento);
- otro relativo a la determinación de la concentración del número dentro de un número limitado de rangos de tamaños (CEN/TS 17434).

Los capítulos 4 y 5 contienen información general relativa al método y a las propiedades esperadas del aerosol para medir.

El capítulo 6 presenta los criterios de funcionamiento aplicables a los contadores de partículas por condensación (CPC). Específicamente, son las características de funcionamiento relevantes de los CPC (sin sistema de muestreo), los criterios respectivos que precisan cumplir y la descripción de cómo han de efectuarse los ensayos. En general, se espera que estos ensayos los realicen los fabricantes de CPC, más que los usuarios, y podrían servir de base en el futuro para los ensayos de tipo de los CPC.

El capítulo 7 presenta los criterios de funcionamiento y los procedimientos de ensayo para el sistema de muestreo y acondicionamiento (por ejemplo, dilución). Pueden aplicarlos los fabricantes de sistemas de muestreo, los laboratorios de ensayo o los usuarios (operadores de redes de vigilancia).

El capítulo 8 establece los requisitos para la instalación, las comprobaciones iniciales y calibraciones, así como el funcionamiento de un CPC y de un sistema de muestreo en un lugar de vigilancia, incluidos el mantenimiento de rutina, el tratamiento de datos (incluido su uso para fines de aseguramiento de la calidad y control de calidad) y el registro de los datos. En general, será responsabilidad de los usuarios (operadores de redes), aunque las calibraciones que requieren la utilización de aerosoles de ensayo tienen que efectuarlas únicamente los laboratorios debidamente cualificados.

El capítulo 9 describe los procedimientos de aseguramiento de la calidad y de control de calidad, es decir, las comprobaciones y las calibraciones continuas a las que es necesario someter al CPC y al sistema de muestreo durante su funcionamiento en el lugar de vigilancia. En general, esta será responsabilidad de los usuarios (operadores de redes), aunque las calibraciones que requieren la utilización de aerosoles de ensayo tienen que efectuarlas únicamente los laboratorios debidamente cualificados. Se describen las principales fuentes de incertidumbre de la medición.

1 Objeto y campo de aplicación

Este documento especifica un método normalizado para la determinación de la concentración del número de partículas en el aire ambiente en un rango de hasta 10^7 cm^{-3} , aproximadamente, para tiempos de cálculo de las medias iguales o superiores a 1 min. El método normalizado se base en la utilización de un contador de partículas por condensación (CPC) que funciona en modo de recuento y de un sistema de dilución apropiado para las concentraciones que quedan fuera del rango del modo de recuento. Este documento especifica también las características de funcionamiento y los requisitos mínimos relativos a los instrumentos a utilizar. Los tamaños de partículas mínimo y máximo considerados en este documento son de 10 nm y varios micrómetros, respectivamente. Este documento proporciona orientación sobre el muestreo, funcionamiento, tratamiento de datos y procedimientos de aseguramiento de la calidad y de control de calidad, incluidos los parámetros de calibración.

2 Normas para consulta

En el texto se hace referencia a los siguientes documentos de manera que parte o la totalidad de su contenido constituyen requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluida cualquier modificación de esta).

ISO 27891:2015, *Aerosol particle number concentration. Calibration of condensation particle counters.*