

SECRETARIA DE SALUD

NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

La contaminación del aire continúa siendo uno de los problemas de salud pública más importantes que afecta a la población a nivel nacional. La exposición a los contaminantes atmosféricos como el material particulado, se asocia con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta.

Prevenir los posibles efectos negativos de la exposición a dichos contaminantes sobre la salud humana

- afectan en particular a los sistemas respiratorio y cardiovascular
- susceptibilidad puede variar con el estado de salud o la edad (niños menores de 5 años, los adultos mayores de 65 y las personas con padecimientos previos)

la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) anunció que existe evidencia suficiente para establecer una relación causal entre la exposición al material particulado y el cáncer en los humanos, catalogándolo como carcinógeno del Grupo 1.

El **material particulado** es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanece suspendida en la atmósfera por periodos variables de tiempo. Por su origen, las partículas pueden definirse como primarias (aquellas producidas directamente por alguna fuente contaminante) o secundarias (las que se forman en la atmósfera, como resultado de la interacción química entre gases y partículas primarias).

- Las partículas pueden tener un origen o natural y también antropogénico.

De acuerdo con su diámetro aerodinámico, éstas pueden clasificarse en menores iguales a 10 micras (**PM10**), en menores o iguales a 2.5 micras (**PM2.5**) y menores o iguales a 0.1 micras (**PM0.1**). El tamaño es un parámetro importante para caracterizar su comportamiento en la atmósfera y por ende, la concentración a la que puede estar expuesta la población; también determina la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías respiratorias.

- Las **PM10** se depositan en la región extratorácica del tracto respiratorio (nariz, boca, naso, oro y laringofarínge); contienen principalmente materiales de la corteza terrestre y se originan en su mayoría por procesos de desintegración de partículas más grandes .
- Las PM2.5 están formadas primordialmente por gases y por material proveniente de la combustión, una gran proporción de esta fracción, son secundarias. Se depositan fundamentalmente en la región traqueobronquial (tráquea hasta bronquiolo terminal), aunque pueden ingresar a los alvéolos.
- Las partículas ultrafinas (PM0.1) son generadas directamente por combustión y actividad fotoquímica. Se depositan mayoritariamente en la región alveolar, incrementando la posibilidad de atravesar la membrana alvéolo capilar hacia el torrente sanguíneo y migrar hacia otros órganos
- . La composición química de las partículas, dependiendo de la fuente de emisión, así como de las condiciones geográficas y meteorológicas.

Datos preliminares sugieren que la exposición a partículas con contenido de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) se asocia con daño oxidativo a nivel celular. Los HAP pueden llegar al cerebro y agravar eventos relacionados con padecimientos como Alzheimer y Parkinson. Existe evidencia de que las partículas alteran la actividad de enzimas antioxidantes, favoreciendo el estado de estrés oxidativo que daña a biomoléculas como ADN, lípidos y proteínas. Estudios realizados en la Ciudad de México y otras áreas metropolitanas del país indican que el incremento en las concentraciones de PM10 y PM2.5 está asociado a un aumento en las visitas a urgencias por asma y con un aumento en las consultas por infecciones de vías respiratorias altas y bajas.

Los efectos de las partículas sobre cambios en la función pulmonar están ampliamente documentados en personas asmáticas y no asmáticas. Los niveles actuales de PM10 y PM2.5 se han asociado con reducciones agudas en el volumen espiratorio forzado del primer segundo (FEV1) y en la capacidad vital forzada (FVC), estas reducciones se observan tanto de forma inmediata como tardía. Hay evidencia de que la función pulmonar mejora cuando la exposición se reduce, incluso ante exposiciones de largo plazo; con una disminución neta de 10 µg/m³ de PM₁₀ por un período de 10 años, se redujo la tasa de descenso anual del FEV1 en 9%.

Aunado a los efectos sobre la función pulmonar, se han reportado incrementos en biomarcadores de inflamación en vías respiratorias por la exposición a partículas.

En individuos asmáticos, aun pequeñas exposiciones a PM2.5 y PM10 se han

asociado con inflamación neutrofílica y disminución del potencial de hidrógeno (pH) en las vías aéreas, incremento en el nivel de citosinas TH2, diferenciación de linfocitos B y producción de Inmunoglobulina (IgE). Se ha relacionado que el vivir cerca de zonas urbanas con alto tráfico, aumenta el número de crisis asmáticas, además de que incrementa el riesgo de sensibilización a aeroalérgenos en personas sanas.

La exposición a largo plazo a niveles altos de PM_{2.5} se asocia significativamente a hospitalizaciones por neumonía adquirida, mientras que la exposición a PM₁₀ durante los meses de verano se asocia con mayores síntomas de apnea obstructiva y menor saturación durante el sueño.

Las investigaciones señalan que la exposición a PM_{2.5} produce cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Un estudio llevado a cabo con adultos mayores de la Ciudad de México encontró que por cada incremento de 10 µg/m³ en la concentración de PM_{2.5} se redujo el ritmo cardiaco en un 5% y el efecto fue mayor en pacientes hipertensos. La evaluación de la exposición individual a PM_{2.5}, indicó que por cada incremento de 10 µg/m³, se presentó una disminución de 0.008 unidades en el componente de alta frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Estudios epidemiológicos relacionan la exposición a PM₁₀ y PM_{2.5} con un incremento en la mortalidad por causas no externas, principalmente cardiovasculares y respiratorias; también se ha relacionado con la mortalidad postneonatal. Algunos estudios señalan un incremento en la mortalidad debido a complicaciones respiratorias cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y afecciones al desarrollo, todos ellos relacionados con la exposición a la fracción fina, ozono y sulfatos. Se estima que este incremento puede ser del 6.9% por incremento de 10 µg/m³ en el promedio de 3 días previos, aunque otros autores han reportado incrementos por las mismas causas que van desde 0.4% por incremento de 10µg/m³, en las 3 semanas previas, hasta 6% por incremento de 100 µg/m³. En niños menores de 1 año, residentes en la Ciudad de México, la mortalidad se incrementó en 5.5% por cada incremento en el rango intercuartil de 38.7 µg/m³ de PM₁₀, mientras que la mortalidad secundaria por causas respiratorias fue de un 9.8%. Este efecto se incrementa en personas de estrato socioeconómico bajo.

En adultos mayores de 65 años el incremento de 10µg/m³ en la concentración de PM_{2.5}, se asoció con 1.68% y 3.4% de incremento en la mortalidad total y por causas cardiovasculares. De igual forma, tratándose de PM₁₀ el porcentaje de muertes por causas respiratorias y por enfermedad pulmonar obstructiva crónica en este grupo se incrementó en 2.9% y 4.1%, respectivamente.

El Estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica (ESCALA), reportó incrementos positivos y estadísticamente significativos en la mortalidad por todas las causas, así como mayor riesgo de mortalidad respiratoria en todos los grupos de edad (0.77%); también reportó incremento en la mortalidad por

causas cardiopulmonares (1.15%), cardiovasculares (0.88%), accidentes cerebrovasculares (1.32%) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (2.44%) en mayores de 65 años.

Una evaluación de impacto en salud efectuada por el Instituto Nacional de Salud Pública en la Zona Metropolitana del Valle de México, señala que, pasar de un valor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración anual de PM_{10} a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ evitaría 1,038 defunciones al año (Intervalo de Confianza 95% 767 - 1,307), y con una disminución de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se evitarían hasta 2,306 defunciones (Intervalo de Confianza 95% 1,707 - 2,899).

0. Objetivo

0.1 Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límite permisibles de concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ en el aire ambiente y los criterios para su evaluación, con la finalidad de proteger la salud de la población.

1. Campo de aplicación

1.1 Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores e indicadores establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

2. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma es necesario consultar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas o las que la sustituyan:

2.1 Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

3. Definiciones

4.1. Aire ambiente, a la porción de la atmósfera externa a las construcciones que no está influenciada directamente por fuentes específicas de emisión, y que es representativa de una comunidad.

4.2 Año calendario, al periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de un mismo año.

4.3 Capacidad vital forzada (FVC), al volumen de aire (en litros) que se puede sacar de los pulmones totalmente inflados. Cuando los bronquios están obstruidos el aire dentro de los pulmones sale más lentamente. El volumen espiratorio forzado del primer segundo (FEV1) y el cociente (VEF1/CVF) son los parámetros utilizados para medir el grado de obstrucción al flujo aéreo.

4.4. Diámetro aerodinámico, al equivalente al de una partícula esférica de densidad unitaria ($1\text{g}/\text{cm}^3$), la cual tiene la misma velocidad de depósito que la

partícula considerada.

4.5 Exposición, al contacto de una persona o una comunidad con uno o varios factores (contaminantes del aire en nuestro caso) en un tiempo y un espacio determinados, ésta se produce en un contínuum formado por el ambiente doméstico, el escolar, el laboral y los espacios exteriores.

4.6. Microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), a la expresión de concentración en masa del contaminante (en microgramos) en un volumen de aire (metro cúbico) a condiciones locales de temperatura y presión.

4.7. Partículas PM₁₀, a las partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micrómetros.

4.8. Partículas PM_{2.5}, a las partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 micrómetros.

4.9. Promedio, a la media aritmética de un conjunto de datos.

4.10 Sitio de monitoreo, al lugar determinado para medir las concentraciones ambientales de las PM₁₀ y las PM_{2.5} con el objetivo de determinar la exposición de la población a estos contaminantes.

4.11. Valor diario, a la concentración promedio de partículas, calculada o medida en un periodo continuo de 24 horas, a partir de las 00:00 horas.

4.12. Valor anual, a la concentración promedio de partículas calculada en un año calendario, a partir de los valores diarios.

4.13 Valor límite, al nivel fijado con base en conocimientos científicos con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, en un periodo determinado y que no debe excederse.

4.14 Volumen Espiratorio Forzado (VEF), a la cantidad de aire que puede expulsar un individuo un segundo después de iniciar la exhalación, teniendo los pulmones completamente inflados y haciendo su máximo esfuerzo.

4. Especificaciones

4.1 Para efectos de protección de la salud de la población más vulnerable se establecen dos valores límite, tanto para las concentraciones ambientales de las PM₁₀ como de las PM_{2.5}:

4.1.1 Partículas menores a 10 micrómetros PM₁₀:

4.1.1.1 Límite de 24 horas: 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio de 24 horas, y

4.1.1.2 Límite anual: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio anual.

4.1.2 Partículas menores a 2.5 micrómetros PM_{2.5}:

4.1.2.1 Límite de 24 horas: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio de 24 horas, y

4.1.2.2 Límite anual: 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio anual.

5.2. Manejo de datos.

En esta sección se explican los métodos para el manejo de datos, así como los cálculos necesarios para determinar el cumplimiento de esta Norma.

5.2.1 Redondeo.

5.2.1.1 En cada sitio de monitoreo, la concentración promedio de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5} se reportará en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sin cifras decimales. Si se cuenta con valores de una o más cifras decimales, el valor será redondeado. Si el primer decimal es un número entre 0 y 4, el valor entero no se incrementa; si es mayor, se incrementa al inmediato superior.

5.2.1.2 La concentración promedio anual o trimestral para PM₁₀ y PM_{2.5} se reportará en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tomando en cuenta una cifra decimal. Si se cuenta con valores de más de una cifra decimal, éstos serán redondeados de acuerdo al criterio establecido en el punto anterior.

5.2.2 Cantidad necesaria de datos para la evaluación del cumplimiento de la Norma en 1 año calendario.

5.2.2.1 Para asegurar la representatividad de las concentraciones de partículas al agregar los datos para calcular los parámetros estadísticos, se deben cumplir con los siguientes criterios de completación:

5.2.2.1.1 Para el cálculo del promedio de 24 horas de cada día se requerirá un mínimo de 75% de las concentraciones horarias válidas (18 registros).

5.2.2.1.2 Para el cálculo del promedio de 24 horas de cada día se requerirá un mínimo de 75% de las concentraciones horarias válidas (18 registros).

5.2.2.1.2. Para el cálculo del promedio anual se requerirá de un mínimo de datos en 1 año calendario. Este mínimo se evalúa a partir de la cantidad de muestras de 24 horas válidas obtenidas en cada uno de los 4 trimestres del año (véase Tabla 1). Para cada trimestre se requerirá un mínimo de 75% de muestras válidas. Dato que en los sitios donde el monitoreo no se realice diariamente, se tomará como base el número de muestreos calendarizados para dicho periodo. Si la cantidad de muestras es menor se invalidará el trimestre correspondiente. Para la validación del año es necesario contar con al menos 3 trimestres válidos, en caso contrario no podrá evaluarse el cumplimiento de la Norma para ese año.

Tabla 1. Meses incluidos por trimestre.

Trimestre	Meses
1	Enero, febrero, marzo
2	Abril, mayo, junio
3	Julio, agosto, septiembre

4	Octubre, noviembre, diciembre
---	----------------------------------

5.2.3 Determinación del cumplimiento de la Norma de PM₁₀ y PM_{2.5} en 1 año calendario.

5.2.3.1 Un sitio cumple con lo establecido en esta Norma para PM₁₀ si cumple con los límites de 24 horas y anual.

5.2.3.2 Un sitio cumple con lo establecido en esta Norma para PM_{2.5} si cumple con los límites de 24 horas y anual.

5.2.4 Determinación del cumplimiento de los límites para PM₁₀.

5.2.4.1. Un sitio cumple con el límite de 24 horas cuando el promedio aritmético, calculado como se indica en el punto 5.3.1.1, de esta Norma, es menor o igual que 75 µg/m³.

5.2.4.2 Un sitio cumple con el límite anual cuando el promedio anual de los valores diarios, calculado como se indica en el punto 5.3.2.1, de esta Norma, es menor o igual que 40 µg/m³.

5.2.5 Determinación del cumplimiento de los límites para PM_{2.5}.

5.2.5.1 Un sitio cumple con el límite de 24 horas cuando el promedio aritmético, calculado como se indica en el punto 5.3.1.1, de esta Norma, es menor o igual que 45 µg/m³.

5.2.5.2 Un sitio cumple con el límite anual cuando el promedio anual de los valores diarios, calculado como se indica en el punto 5.3.2.1, de esta Norma, es menor o igual que 12 µg/m³.

5.3 Cálculos.

5.3.1 Cálculo del promedio aritmético de 24 horas.

5.3.1.1 Cuando un sitio de monitoreo cuente con equipos automáticos y cumpla con el requisito especificado en el punto 5.2.2.1.1, de esta Norma, el promedio de 24 horas se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

donde:

x = promedio de 24 horas.

n = número de concentraciones

- horarias válidas.

x_i = concentraciones horarias válidas.

5.3.1.1 En el caso de los muestreos de 24 horas obtenidas mediante equipos manuales, el valor reportado se considerará como el valor diario.

5.3.2 Cálculo del promedio anual.

5.3.2.1 Cuando un sitio de monitoreo cumple con el requisito especificado en el punto 5.2.2.1.2, de esta Norma, el promedio anual requerirá del cálculo de los promedios trimestrales, aplicando la siguiente fórmula:

$$\bar{x}_t = \frac{1}{n_t} \sum_{i=1}^{n_t} x_{i,t}$$

donde:

t = trimestre del año calendario (t = 1, 2, 3, 4).

\bar{x}_t = promedio para el trimestre t.

n_t = número de datos válidos en el trimestre t.

$x_{i,t}$ = valor de concentración correspondiente al día i del trimestre t.

5.3.1.2 El promedio anual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{x}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{t=1}^{n_a} \bar{x}_t$$

donde:

\bar{x}_a = promedio anual.

n_a = número de trimestres válidos en el año ($n_a = 3, 4$).

5. Concordancia con normas internacionales y mexicanas

5.1 Esta Norma no es equivalente a ninguna norma internacional ni mexicana por no existir al momento de su elaboración.

5.2 La vigilancia de la aplicación de esta Norma corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las Entidades Federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia.

6. Vigencia

6.1 La presente Norma entrará en vigor a los 60 días naturales siguientes al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

TRANSITORIOS

PRIMERO. Para efectos de la próxima revisión de esta Norma, se deben tomar como referencia los siguientes valores límite para PM10 y PM2.5:

Partículas menores a 10 micrómetros PM10:

Límite de 24 horas: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como

promedio de 24 horas. Límite anual: 35

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio anual.

Partículas menores a 2.5 micrómetros PM2.5:

Límite de 24 horas: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como

promedio de 24 horas. Límite anual: 10

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio anual.

SEGUNDO. La entrada en vigor de la presente Norma deja sin efectos la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a material particulado. Valor de concentración máxima de material particulado para partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población, para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire, publicada el 26 de septiembre del 2005.