

NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2023, Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ALONSO JIMÉNEZ REYES, Subsecretario de Regulación Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 1o., 4o., párrafos cuarto y quinto y 6o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 32 Bis, fracciones IV, V, XIV y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o., fracciones V, XVI, XVII y XIX; 7o., fracciones XIII, XIV y XV, 8o., fracciones XII y XIII, 9o., 36, fracción II, 37 TER, 110, fracción I, 111, fracción I, 159 BIS, 159 BIS 3 y 159 BIS 6 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 117 de la Ley General de Salud; 10, fracciones I y VIII, 24, 30, 34, 35, fracciones VI, VII, VIII, IX y X, 39, y 41, fracción V de la Ley de Infraestructura de la Calidad; 13, fracción I del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 28 y del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 17, fracciones VII, VIII y IX, del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

CONSIDERANDO

La contaminación del aire representa el mayor riesgo ambiental para la salud (WHO, 2016). Diversos estudios experimentales, así como estudios epidemiológicos en humanos, han señalado que la exposición a contaminantes en el aire ambiente está asociada con una amplia gama de efectos adversos que afectan la calidad de vida de la población en general y de las personas sensibles, principalmente personas menores de 12 años, mayores de 60 años y personas gestantes, sobre todo si padecen de enfermedades preexistentes.

La literatura científica ha documentado una amplia gama de efectos en la salud provocados por la exposición a contaminantes del aire, tales como: asma, bronquitis, reducción de la capacidad pulmonar, enfermedades cardíacas, cardiovasculares, cerebro-vasculares, reproductivos, neurológicos, nacimientos prematuros, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad infantil (Kampa, 2008; Anderson, 2012 y Kim, 2015), así como aparición temprana de Alzheimer, entre otros (Calderón-Garcidueñas *et al.*, 2020).

El estudio de carga global de la enfermedad publicado por el Institute for Health Metrics and Evaluation en el año 2019 muestra que la exposición a ozono (O_3) y $PM_{2.5}$ en el aire exterior fue la causa de 4.06 millones de muertes en el mundo (Institute of Health Metrics 2020). Para México la contaminación del aire exterior provocó más de 36 mil muertes por $PM_{2.5}$ y más de 2,400 por ozono (Health Effects Institute, 2020).

De acuerdo con información proporcionada por el Instituto Nacional de Salud Pública respecto a la evidencia epidemiológica nacional sobre los efectos adversos a la salud por exposición a material particulado, ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y la derivada de estudios internacionales centrados específicamente en la evaluación de las funciones concentración-respuesta para mortalidad y morbilidad asociados con la exposición a dichos contaminantes, la contaminación del aire tiene diversos efectos adversos sobre la salud y afecta la calidad de vida de quienes habitan principalmente en zonas urbanas de nuestro país. Debido a los niveles de contaminación del aire presentes en las diferentes ciudades o zonas metropolitanas donde se lleva a cabo el monitoreo de la calidad del aire en nuestro país, es recomendable que los habitantes de estas zonas realicen cambios importantes en sus hábitos para disminuir su exposición y reducir riesgos a la salud.

En este contexto general, el monitoreo de la calidad del aire toma una importancia fundamental para proveer la información necesaria a fin de conocer la calidad del aire de cada región, e informar a la población sobre las condiciones de la contaminación del aire, su posible impacto en la salud, así como recomendaciones para reducir el riesgo de afectación en la misma. Para ello, se desarrollan los índices de calidad del aire que representan una de las herramientas de gestión mayormente utilizadas por gobiernos en el mundo para facilitar la comunicación permanente del riesgo por la exposición a la contaminación.

De acuerdo con el Informe Nacional de Calidad del Aire 2019, elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en ese año solo en cinco de las 63 ciudades y zonas metropolitanas con capacidad para medir PM_{10} , se cumplió con el valor límite permisible de exposición aguda establecido en la NOM-025-SSA1-2014. Para el caso de $PM_{2.5}$, de las 53 ciudades y zonas metropolitanas con capacidad para medir dicho contaminante, en ninguna se cumplió con el valor límite permisible de exposición aguda establecido en la NOM-025-SSA1-2014. Finalmente, solo en siete de las 53 ciudades y zonas metropolitanas con capacidad para medir O_3 se cumplió con el valor límite permisible de exposición aguda establecido en la NOM-020-SSA1-2014 (INECC, 2020).

Por lo anterior, se advierte que para hacer valer el derecho de la población a la salud y a un medio ambiente sano en el que se asegure protección a todos los sectores de la población, se requiere en primer término, que el sistema jurídico provea la existencia de mecanismos e instituciones que permitan garantizar al titular de los derechos el acceso a la información.

El derecho a la información ambiental compromete al Estado a comunicar y la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, en su artículo 2, fracción II, dispone que una de las vías para acceder a la información es a través de su difusión.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se encuentra consagrado el derecho humano a la salud y al medio ambiente sano, se hace necesario que la normatividad mexicana evolucione para tutelar estos derechos interrelacionados entre sí.

Que el Principio de Progresividad, consiste en la obligación del Estado de generar en cada momento histórico, una mayor y mejor protección y garantía de los derechos humanos, de tal forma, que siempre estén en constante evolución y bajo ninguna justificación en retroceso.

Derivado de lo anterior, se establece que existe una obligación por parte del Estado de monitorear la calidad del aire y de comunicar los resultados a la población y que esta información tiene mayor utilidad si se le vincula hacia la salud, expresado en los niveles de riesgo asociados a la calidad de aire. De esta forma, la población en general y en particular las personas consideradas como sensibles, puedan utilizar eficazmente la información brindada para tomar medidas protectoras.

Por lo descrito anteriormente, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) expidió la Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019 Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud, misma que se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 20 de noviembre de 2019 y su entrada en vigor fue 90 días naturales siguientes de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Con la implementación de los lineamientos contenidos en la Norma Oficial Mexicana para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, se establece un método único de cálculo y los lineamientos de difusión que deberán aplicar los gobiernos estatales o municipales responsables del monitoreo de la calidad del aire, con lo que se logra un avance significativo en materia de acceso a la información y protección a la salud.

Que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible y en su Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, establece en su meta 3.9: para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo, asimismo en la meta 3.d establece: el reforzar la capacidad de todos los países, en particular los países en desarrollo, en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial.

Que la importancia y relevancia del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud radica en que no solo se informa a la población sobre el estado de la calidad del aire (buena, aceptable, mala, muy mala y extremadamente mala), sino también sobre el nivel de riesgo asociado (probables daños a la salud, dependiendo si el riesgo es bajo, moderado, alto, muy alto o extremadamente alto) y las recomendaciones de las acciones a adoptar (medidas para reducir la exposición); es decir, se busca que la información que reciba la población no solamente se refiera a la calidad del aire en un momento determinado, sino que le permita actuar con oportunidad para proteger su salud.

Que desde la última actualización mundial realizada por la OMS ha ajustado a la baja casi todos los niveles de referencia de la calidad del aire y advierte que la superación de los nuevos niveles se asocia a riesgos significativos para la salud. (OMS, 2021).

La emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV2 (COVID-19), dejó ver cómo la contaminación del aire es capaz de modificar la gravedad de la enfermedad. Estudios realizados en varias ciudades del mundo, entre ellas las mexicanas, mostraron que las tasas de mortalidad por COVID-19 eran mayores en los centros urbanos que tienen promedios más altos de concentraciones anuales (Cabrera-Cano, 2021 y López-Feldman, 2021).

Que las guías de calidad del aire de la OMS recomiendan niveles de calidad del aire respecto de seis contaminantes para los que se dispone de los datos más recientes en cuanto a sus efectos sobre la salud, por lo que se actúa sobre estos contaminantes criterio, partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2.5}), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO) (OMS, 2021).

Que el artículo transitorio cuarto de la Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud, establece que estará sujeto a revisión periódica de las bases técnicas y científicas que lo sustentan, para su actualización conforme a los resultados de la investigación epidemiológica y toxicológica, los informes de agencias de salud internacionales, los estudios de evaluación de los impactos sociales logrados a través de la comunicación efectiva del estado de la calidad del aire, los probables daños y las medidas de protección.

Que el apartado "3. Referencias normativas" de la aludida norma establece que para su correcta utilización "es necesario aplicar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas, o las que las sustituyan", dentro de las cuales se contemplan las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud ambiental, mismas que fueron modificadas como se indica a continuación:

- Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O_3). Valores normados para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2021.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2021.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de agosto de 2019.
- Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.
- Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.

Que el promedio móvil ponderado de 12 horas se desarrolló en los Estados Unidos de Norteamérica desde el año 2013, con la finalidad de contar con información oportuna sobre la concentración de partículas suspendidas de manera horaria. Se asume como una buena aproximación al promedio de 24 horas bajo condiciones atmosféricas estables y al mismo tiempo es capaz de identificar con oportunidad cambios abruptos de concentración bajo condiciones atmosféricas inestables. Es importante señalar que el periodo de tiempo bajo el cual se encuentran basados los estudios de exposición a este contaminante y sus efectos en la salud es de 24 horas.

Que en la NOM-172-SEMARNAT-2019 se estableció el uso del promedio móvil ponderado de 12 horas, en lugar del promedio móvil de 24 horas, para difundir información oportuna de la concentración de partículas en el aire y, con ello, informar a la población sobre los momentos de alta contaminación para evitar su exposición al aire contaminado.

Que de la revisión de la información de calidad del aire en diversas ciudades de México, se ha observado que este promedio móvil ponderado de 12 horas, tal como se ha venido usando, genera un elevado número de avisos incorrectos sobre riesgos a la salud, incluso cuando las concentraciones promedio de 24 horas son inferiores al límite normado de protección a la salud establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, por lo que se requirió ajustar el algoritmo en el cálculo a efecto de mejorar el desempeño del indicador y hacerlo funcional en nuestro país.

Que el numeral 5.3 de la NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud, establece la clasificación de las bandas del Índice AIRE Y SALUD que componen el Índice AIRE Y SALUD, en donde se refiere expresamente que los límites superiores de la banda de calidad de aire "Aceptable" concuerdan con los valores establecidos en las normas de salud emitidas por la Secretaría de Salud para los diferentes contaminantes criterio normados, las cuales son de observancia obligatoria para la autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire.

Que con base en las actualizaciones de las normas de salud ambiental antes descritas y atendiendo al principio general de certidumbre establecido en el artículo 5o., fracción IV de la Ley de Infraestructura de la Calidad, es obligatorio realizar las modificaciones en la Norma Oficial Mexicana respecto a los valores de concentración para los intervalos de las bandas del Índice AIRE Y SALUD según aplique al contaminante criterio; la actualización de las concentraciones base para el cálculo del Índice AIRE Y SALUD para cada contaminante estableciendo la concentración base en reporte horario y reporte diario; la inclusión de intervalos de concentración para los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5} de forma gradual con base en la entrada en vigor de las normas emitidas por la Secretaría de Salud; la modificación de la forma de obtención del Índice AIRE Y SALUD para ozono (O₃) considerando la pertinencia técnica de establecer únicamente el indicador de ozono (O₃) para el promedio de una hora; la actualización de la descripción del riesgo de las categorías del Índice AIRE Y SALUD con la finalidad de lograr una mejor comunicación de la información; la precisión de los mensajes asociados a las categorías de calidad del aire y riesgos a la salud, estableciendo recomendaciones específicas para tres grupos poblacionales; la mejora del anexo informativo A considerando, entre otros aspectos, el factor de ajuste a la métrica NowCast; la inclusión del nuevo Anexo B (Informativo) con el cual se describen las consideraciones para el cálculo de las concentraciones de contaminantes en función del riesgo a la salud humana; el establecimiento de un artículo transitorio sobre los criterios y lineamientos administrativos para realizar las tareas o visitas u operativos de inspección para verificar y evaluar el cumplimiento de la norma y la actualización de las fuentes bibliográficas, así como de las fuentes de información de las disposiciones de los anexos informativos A y B.

Que la aplicación del Índice AIRE y SALUD ha significado un desafío de comunicación efectiva para el caso específico del ozono, ya que el mismo contempla el uso simultáneo de dos indicadores sobre el estado de la calidad del aire. Uno para comunicar el estado de la calidad del aire y los riesgos a la salud asociados por exposiciones a concentraciones promedio de 1 hora y otro para comunicar el estado de la calidad del aire y los riesgos a la salud asociados por exposiciones a concentraciones promedio de 8 horas. Esta situación conduce con frecuencia a tener que comunicar a la población, para una misma hora, que la condición de la calidad del aire puede ser mala, muy mala o extremadamente mala para un indicador, mientras que para el otro la condición puede reflejar una situación de buena o aceptable calidad del aire, lo que genera confusión entre el público para tomar las mejores decisiones en aras de reducir su exposición a altas concentraciones de este contaminante, motivo por el cual se aplicará únicamente el índice de una hora.

Asimismo, se sustenta en el cumplimiento de los acuerdos y tratados internacionales suscritos por el Estado Mexicano, como los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) particularmente en lo que se refiere al ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles en materia de calidad del aire.

Por otra parte, atendiendo al artículo 5, fracción XI de la mencionada Ley, como parte del Sistema Nacional de Infraestructura de la Calidad, la propuesta de modificación se sustenta en el principio general de sostenibilidad, consistente en que las actividades de normalización y evaluación de la conformidad se basan en el desarrollo sostenible, teniendo presente un impacto positivo en los sectores económicos e industriales del país.

Que el 1 de julio del 2020 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley de Infraestructura de la Calidad, la cual abrogó la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en cuyo artículo 10, fracciones I, VIII y XIII establecen como finalidad de las Normas Oficiales Mexicanas el proteger los objetivos legítimos de interés público relacionados a la protección y promoción de la salud, la protección al medio ambiente y cambio climático y la protección del derecho a la información.

Que el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2023, fue aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su Primera Sesión Ordinaria del día 24 de febrero de 2023, con el propósito de someterla a consulta pública de conformidad con los artículos 35, fracción V y 38 de la Ley de Infraestructura de la Calidad, y a efecto de que los interesados, dentro de sesenta días naturales contados a partir de la fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación, presenten sus comentarios ante el citado Comité, sito en Avenida Ejército Nacional 223, piso 16, colonia Anáhuac 1 sección, Miguel Hidalgo, Ciudad de México, C.P. 11320 o en el correo electrónico martha.nino@semarnat.gob.mx.

Que el 12 de abril de 2023 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-172-SEMARNAT-2023, Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de calidad del aire y riesgos a la salud, y durante la etapa de consulta pública se recibieron comentarios en el sentido de considerar los valores del Índice de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental del gobierno de los Estados Unidos (US EPA) para los umbrales aplicables a los contaminantes dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO), adecuar las definiciones para emplear términos más comprensibles, modificar los mensajes que se emiten a la población con el objeto de utilizar lenguaje incluyente e incorporar

los motivos de la aplicación del factor de ajuste en la fórmula del promedio ponderado de 12 horas de la concentración de partículas en el aire.

Que el instrumento que contempla los aspectos de impacto regulatorio asociados a esta Norma Oficial Mexicana estuvo disponible en el domicilio del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales arriba citado, así como en el portal electrónico de la Comisión Nacional de Mejora Regulatoria, para su consulta dentro de los plazos establecidos para tales efectos en la Ley de Infraestructura de la Calidad y en la Ley General de Mejora Regulatoria.

Que las respuestas a los comentarios recibidos durante el periodo de consulta pública fueron publicadas el 04 de enero de 2024, en el Diario Oficial de la Federación.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales aprobó la presente Norma Oficial Mexicana como definitiva, en su Quinta Sesión Ordinaria celebrada el día 12 de diciembre de 2023.

Por lo expuesto y fundado he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-172-SEMARNAT-2023, LINEAMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN Y COMUNICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE Y RIESGOS A LA SALUD

PREFACIO

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron:

- CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
- EL PODER DEL CONSUMIDOR, A.C.
- FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE, A.C. - REDSPIRA
- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
 - o CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
- OBSERVATORIO CIUDADANO OCCAMM, A.C.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE DEL ESTADO DE MORELOS
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE DEL ESTADO DE QUERÉTARO
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL DE JALISCO
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE GUANAJUATO
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
 - o COMISIÓN AMBIENTAL DE LA MEGALÓPOLIS
 - o INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO
 - o SUBSECRETARÍA DE REGULACIÓN AMBIENTAL
 - o PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE HIDALGO
- SECRETARÍA DE SALUD
 - o COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS
 - o INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 - o INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Índice del Contenido

1. Objetivo y campo de aplicación

2. Objetivos legítimos de interés público
3. Referencias normativas
4. Términos y definiciones
5. Especificaciones
6. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad
7. Concordancia con Normas Internacionales
8. Referencias bibliográficas

Anexo A (Informativo) Ejemplos de cálculo del promedio móvil ponderado de 12 horas para PM₁₀ y PM_{2.5}

Anexo B (Informativo) Consideraciones para el cálculo de las concentraciones de contaminantes en función del riesgo a la salud humana

9. Verificación
Transitorios

1. Objetivo y campo de aplicación

Establecer los lineamientos para la obtención y comunicación diaria y horaria del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, con el fin de informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición.

Esta Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y es de observancia obligatoria para los gobiernos estatales o municipales que operan sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

2. Objetivo legítimo de interés público

La propuesta de modificación se sustenta en el artículo 10, fracciones I y VIII de la Ley de Infraestructura de la Calidad, relativo a la finalidad de las Normas Oficiales Mexicanas de atender las causas de los problemas identificados por las Autoridades Normalizadoras que afecten o que pongan en riesgo los objetivos legítimos de interés público considerados, específicamente en la protección y promoción a la salud, como la protección al medio ambiente y cambio climático.

De manera específica, la propuesta de Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2022 es un instrumento de política pública que busca hacer operativos dichos objetivos legítimos de interés público, a través de la actualización de los valores de concentración asociados a cada banda de calidad del aire y riesgo a la salud, tomando como punto de partida los límites de protección a la salud establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental.

3. Referencias normativas

Para la correcta utilización de esta Norma Oficial Mexicana, es necesario aplicar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas o las que las sustituyan:

3.1 Norma Oficial Mexicana NOM-034-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

3.2 Norma Oficial Mexicana NOM-036-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

3.3 Norma Oficial Mexicana NOM-037-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

3.4 Norma Oficial Mexicana NOM-038-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

3.5 Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O_3). Valores normados para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2021.

3.6 Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2021.

3.7 Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de agosto de 2019.

3.8 Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.

3.9 Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.

3.10 Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 2012.

4. Términos y definiciones

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana se consideran las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, las contenidas en las Normas Oficiales Mexicanas del capítulo 3. Referencias normativas de esta Norma Oficial Mexicana, así como las siguientes:

4.1 Bandas del índice AIRE Y SALUD: intervalos de concentraciones de contaminantes que califican el nivel de contaminación del aire y su probabilidad de afectación a la salud humana.

4.2 Calidad del aire: estado de la concentración de los diferentes contaminantes atmosféricos en un periodo de tiempo y lugar determinados.

4.3 Compleción de datos: cantidad mínima de datos para realizar un análisis estadístico representativo.

4.4 Concentración base: estadístico de la concentración del contaminante de interés a partir del cual se asigna la banda del Índice AIRE Y SALUD.

4.5 Concentración promedio horaria, dato horario o promedio horario: al promedio o media aritmética de las concentraciones registradas en el intervalo de tiempo de 60 minutos delimitado por los minutos 0 y 59 de la hora.

4.6 Concentración promedio móvil de 8 horas: al promedio de 8 horas continuas, que representa el promedio de la hora de interés y las 7 horas previas, ya sea que correspondan al mismo día o al día anterior.

4.7 Concentración promedio de 24 horas: al promedio o media aritmética de 24 horas continuas, a partir de las 00:00 horas.

4.8 Concentración promedio móvil ponderada de 12 horas: al promedio de 12 horas continuas, que representa el promedio de la hora de interés y las 11 horas previas, ya sea que correspondan al mismo día o al día anterior y en el que el dato de cada hora tiene un peso o importancia relativa respecto de los demás datos.

4.9 Contaminación: es la presencia en el aire ambiente de uno o más contaminantes o la combinación de éstos.

4.10 Contaminante: toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse y actuar en la atmósfera altera o modifica su composición y condición natural.

4.11 Contaminantes criterio: contaminantes normados a los que se les ha establecido un límite máximo de concentración en el aire ambiente con la finalidad de proteger la salud humana. Estos son el ozono (O₃), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el plomo (Pb), las partículas suspendidas iguales o menores a 10 micrómetros (PM₁₀) y las partículas suspendidas iguales o menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), para efectos de esta Norma Oficial Mexicana se excluye el plomo (Pb).

4.12 Estación de monitoreo automático: instalación que consiste en una caseta que contiene analizadores automáticos, monitores y/o sensores meteorológicos, entre otros, destinados a medir en tiempo real las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y, por lo general, algunos parámetros meteorológicos; con la finalidad de evaluar la calidad del aire en un área determinada.

4.13 Evidencia documental: Documentación oficial física o digital que de acuerdo con los procedimientos establecidos por los Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire, estén debidamente formalizados.

4.14 Exposición: contacto de un ser humano con un agente químico, físico o biológico por vía inhalatoria, oral o dérmica.

4.15 Personas sensibles: individuos que tienen una mayor probabilidad de presentar efectos negativos en la salud por la exposición a contaminantes atmosféricos. Para efectos de esta norma, se consideran personas sensibles a personas menores de 12 años, mayores de 60 años, personas gestantes, personas de cualquier edad que padezcan enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como EPOC o asma.

4.16 Riesgo: es la probabilidad de la ocurrencia de un efecto adverso ante la exposición a un agente biológico, químico o físico u otra amenaza.

4.17 Riesgo a la salud: es la probabilidad de la ocurrencia de un efecto adverso a la población humana ante la exposición a un contaminante.

4.18 Sistema de monitoreo de la calidad del aire: conjunto organizado de recursos humanos, técnicos y administrativos empleados para operar una o un conjunto de estaciones de monitoreo que miden la calidad del aire en una zona o región.

5. Especificaciones

5.1. Lineamientos de gestión.

5.1.1 Los gobiernos de las entidades federativas o municipales que operan sistemas de monitoreo de la calidad del aire, deberán difundir el Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud en las zonas en las cuales operen dichos sistemas, de forma horaria y diaria, debiendo hacerlo obligatoriamente a través de una plataforma electrónica y preferentemente en tantos medios como sea posible.

5.1.2 El Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud se denominará Índice AIRE Y SALUD, el cual presentará las siguientes consideraciones:

5.1.2.1 La difusión del Índice AIRE Y SALUD deberá apegarse al Manual básico de identidad gráfica del Índice AIRE Y SALUD, el cual establece la tipografía, definición del color y proporciones.

5.1.2.2 Tendrá propósitos informativos sobre el estado de la calidad del aire, los riesgos a la salud y las medidas de protección que deberán difundirse a la población.

5.1.2.3 Se calculará e informará de forma horaria para los siguientes contaminantes criterio: ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas iguales o menores a 10 micrómetros (PM₁₀) y partículas suspendidas iguales o menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}); y su difusión al público se realizará cada hora con un retraso máximo de 15 minutos.

El reporte diario tomará en cuenta las 24 horas del día para obtener el valor diario del Índice AIRE Y SALUD, esto es, valores horarios de todo el día para partículas suspendidas o el máximo de 1 u ocho horas para otros contaminantes, de tal forma que se brinde información sobre el estado de la calidad del aire del día anterior.

5.1.2.4 Se calculará para cada una de las estaciones de monitoreo que integran el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire, cuando la estación tenga por objetivo evaluar los niveles de exposición de la población.

5.1.2.5 Deberá difundirse por estación de monitoreo y cuando sea posible se incluirá información sobre la escala de representatividad de cada estación. En el supuesto que se desee informar, de forma horaria, sobre la situación de calidad del aire de un área específica, ya sea de una ciudad o asentamiento, deberá presentarse el Índice AIRE Y SALUD que indique el mayor deterioro de la calidad del aire y el riesgo a la salud asociado.

5.1.2.6 Cuando una estación de monitoreo utilizada para reportar el Índice AIRE Y SALUD esté fuera de operación, el Índice AIRE Y SALUD que difundirá será sustituido por las leyendas "Fuera de operación" o "Mantenimiento", según sea el caso.

5.2 Lineamientos para el manejo de datos.

5.2.1 Las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} deberán reportarse a condiciones locales en tanto no exista en México una regulación que defina los métodos de medición en aire ambiente. En el caso de ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), el reporte de las concentraciones se hará conforme a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, o las que les sustituyan, que establecen los métodos de referencia o equivalentes y procedimiento para la calibración de los equipos de medición para cada contaminante, las cuales se indican en la Tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

Tabla 1. Normatividad para la medición de las concentraciones de los contaminantes

Contaminante	Método de medición y procedimientos de calibración NOM
ozono (O ₃)	NOM-036-SEMARNAT-1993
dióxido de nitrógeno (NO ₂)	NOM-037-SEMARNAT-1993
dióxido de azufre (SO ₂)	NOM-038-SEMARNAT-1993
monóxido de carbono (CO)	NOM-034-SEMARNAT-1993

5.2.2 Para el cálculo de las concentraciones base, se partirá de concentraciones promedio horaria reportadas por las estaciones de monitoreo, tomando en cuenta las cifras decimales significativas y las unidades de medida que se señalan en la Tabla 2 de la presente Norma Oficial Mexicana, para cada contaminante; estimadas bajo los criterios que establece la compleción de datos descritos en el punto 5.2.4.

Tabla 2. Cifras decimales significativas y unidades de medida

Contaminante	Unidad de medida	Cifras decimales significativas
PM ₁₀	µg/m ³	0
PM _{2.5}	µg/m ³	0
ozono (O ₃)	ppm	3
dióxido de nitrógeno (NO ₂)	ppm	3
dióxido de azufre (SO ₂)	ppm	3
monóxido de carbono (CO)	ppm	2

5.2.3 Concentración base.

Para el cálculo del Índice AIRE Y SALUD se partirá de las concentraciones base indicadas en la Tabla 3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

Tabla 3. Concentraciones base para el cálculo del Índice AIRE Y SALUD para cada contaminante

Contaminante	Concentración base	
	Reporte horario	Reporte diario
PM ₁₀	Promedio móvil ponderado de 12 horas	Promedio de 24 horas
PM _{2.5}		
monóxido de carbono (CO)	Promedio móvil de 8 horas	Máximo de los promedios móviles de 8 horas registrados en el día
dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Promedio horario	Máximo de los promedios horarios registrados en el día
ozono (O ₃)		
dióxido de azufre (SO ₂)		

En el caso específico de las partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), resulta oportuno señalar que la evidencia epidemiológica sobre los efectos de estos contaminantes en la salud humana está basada en concentraciones promedio de 24 horas, por lo que la NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$, establece valores límites permisibles de concentración de partículas suspendidas en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana calculados como concentración promedio de 24 horas y como promedio anual. Un promedio de esta naturaleza impide informar con oportunidad a la población sobre los riesgos de exposición a altos niveles de contaminación por este contaminante, razón por la cual para reportar el estado de la calidad del aire cada hora se usará el promedio móvil ponderado de 12 horas. Este método de cálculo es conocido en Estados Unidos como NowCast, fue formulado y es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de ese país en el cálculo y comunicación de su Índice de calidad del aire en tiempo real para estos contaminantes, dando a la población la posibilidad de tomar medidas oportunas para reducir su exposición y proteger su salud (Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)). <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100P29X.PDF?Dockkey=P100P29X.PDF>). El principio básico de este indicador es que, si la población puede reducir su exposición durante las horas de mayor concentración del contaminante, entonces reducirá su exposición promedio de 24 horas, reduciendo así los riesgos de sufrir impactos en su salud.

Las concentraciones promedio horario usadas para el cálculo y reporte del Índice AIRE Y SALUD podrán variar una vez que sean sometidas, para otros fines, a los procesos de validación que aplique cada Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire.

5.2.4 Redondeo.

Las concentraciones base calculadas para cada uno de los contaminantes deberá redondearse a las cifras decimales significativas especificadas en la Tabla 2 de la presente Norma Oficial Mexicana, aplicando las siguientes reglas:

a) Para ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2), en caso de tener 4 o más cifras decimales, se aplicará el redondeo siguiente: si la cuarta cifra decimal es un número entre 0 y 4, la tercera cifra decimal no se incrementará; pero si esa cuarta cifra es mayor o igual a 5, la tercera cifra decimal se incrementará al número inmediato superior. Por ejemplo, el redondeo de la cifra 0.0955 es 0.096 y el de la cifra 0.0954 es 0.095;

b) Para PM_{10} y $PM_{2.5}$, en caso de tener una o más cifras decimales, se aplicará el redondeo siguiente: si la primera cifra decimal es un número entre 0 y 4, el valor entero no se incrementará; pero si es mayor o igual a 5, el valor entero se incrementará al número inmediato superior. Por ejemplo, el redondeo de la cifra 9.4 es 9 y el de la cifra 9.5 es 10.

c) Para monóxido de carbono (CO), en caso de tener tres o más cifras decimales, se aplicará el redondeo siguiente: si la tercera cifra decimal es un número entre 0 y 4, la segunda cifra decimal no se incrementará; pero si la tercera cifra decimal es mayor o igual a 5, la segunda cifra decimal se incrementará al número inmediato superior. Por ejemplo, el redondeo de la cifra 11.324 es 11.32 y el de la cifra 11.035 es 11.04.

5.2.5 Criterio de compleción de datos y cálculo de las concentraciones base.

5.2.5.1 Concentración promedio horaria.

Para su cálculo es necesario contar con, al menos, el 75% de los registros de la hora; es decir, la concentración promedio de una hora deberá calcularse promediando las concentraciones registradas en al menos 45 minutos.

5.2.5.2 Concentración promedio móvil de 8 horas.

Para su cálculo se requerirán, al menos, 75% de las concentraciones promedio horarias. De esta forma, el promedio móvil de ocho horas para el cálculo del monóxido de carbono (CO) requiere un mínimo de seis horas de información de concentraciones promedio horarias. Los promedios móviles de ocho horas se calculan de las concentraciones promedio horarias, tomando el promedio de la hora seleccionada con las siete concentraciones registradas en las horas previas. Por ejemplo, para estimar el promedio móvil de ocho horas de las 13:00 horas, se calcula el promedio de las concentraciones horarias registradas para un mínimo de seis horas comprendidas entre las 06:00 y las 13:00.

5.2.5.3 Concentración promedio móvil ponderada de 12 horas.

Para su cálculo se requerirán los promedios horarios de, al menos, dos de las tres horas más recientes de las 12 involucradas en el cálculo. El cálculo de la concentración promedio móvil ponderada de 12 horas se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\bar{C} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N C_i W^{i-1}}{\sum_{i=1}^N W^{i-1}} \right] [FA]$$

Donde:

$$W = \begin{cases} w & \text{sí } w > 0.5 \\ 0.5 & \text{sí } w \leq 0.5 \end{cases} \quad y \quad w = 1 - \frac{C_{max} - C_{min}}{C_{max}}$$

\bar{C} = Concentración promedio móvil ponderada

N = 12

FA = Factor de ajuste

$$FA = \begin{cases} 0.694 & \text{sí } C_i \text{ corresponde a } PM_{2.5} \\ 0.714 & \text{sí } C_i \text{ corresponde a } PM_{10} \end{cases}$$

C_i = Concentración promedio horaria de la hora i ,

i = hora consecutiva de medición (la hora más reciente de medición es la hora 1 y la primera hora de medición en el conjunto de datos considerados en el cálculo sería la hora 12)

W = Factor de ponderación redondeado a dos cifras decimales

C_{max} = Concentración promedio horaria máxima en el periodo de 12 horas

C_{min} = Concentración promedio horaria mínima en el periodo de 12 horas

Nota:

Para aplicar esta metodología de cálculo es necesario que se dé cumplimiento a las siguientes dos condiciones:

- Contar con datos para al menos dos de las tres horas más recientes de medición. Si esta condición no se cumple no se debe efectuar el cálculo del subíndice correspondiente para esa hora.
- El valor de i (hora consecutiva de medición) debe mantenerse aún en situaciones en las que haya horas en las que no se cuente con concentraciones medidas. Esto es por ejemplo, si de las tres horas más recientes de medición sólo contamos con registros de concentración para la hora 1 y 3, la ponderación de la concentración de la hora 1 deberá ser $C_1(w)^0$ y la de la hora tres $C_3(w)^2$ y no $C_2(w)^1$. Esto es, a la medición de la hora tres le corresponde $i=3$, no $i=2$.

Para mayor claridad sobre el procedimiento de cálculo del promedio móvil ponderado de 12 horas, ver ejemplos descritos en el Anexo A.

5.2.5.4 Concentración promedio de 24 horas

Para su cálculo se requerirá, al menos el 75% de las concentraciones promedio horarias. De esta forma, la concentración promedio de 24 horas para el cálculo de la concentración de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) requiere un mínimo de 18 horas de información de concentraciones promedio horarias. Los promedios de 24 horas se calculan para un periodo continuo de 24 horas, a partir de las 00:00 horas.

5.3 Clasificación de bandas del Índice AIRE Y SALUD.

Las bandas del Índice AIRE Y SALUD que componen el Índice AIRE Y SALUD se construirán considerando los intervalos de concentración señalados en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 de la presente Norma Oficial Mexicana, según aplique al contaminante criterio. Particularmente los límites superiores del intervalo de la banda "Aceptable" concuerdan con los valores establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O_3). Valores normados para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población; la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente; la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población; la Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valores

normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población y la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

Tabla 4. Obtención del Índice AIRE Y SALUD para PM₁₀

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de PM ₁₀ (µg/m ³) promedio móvil ponderado de 12 horas		
		Al entrar en vigor la NOM	A partir de enero de 2024	A partir de enero de 2026
Buena	Bajo	≤45	≤45	≤45
Aceptable	Moderado	>45 a 70	>45 a 60	>45 a 50
Mala	Alto	>70 a 132	>60 a 132	>50 a 132
Muy Mala	Muy Alto	>132 a 213	>132 a 213	>132 a 213
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>213	>213	>213

Tabla 5. Obtención del Índice AIRE Y SALUD para PM_{2.5}

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de PM _{2.5} (µg/m ³) promedio móvil ponderado de 12 horas		
		Al entrar en vigor la NOM	A partir de enero de 2024	A partir de enero de 2026
Buena	Bajo	≤15	≤15	≤15
Aceptable	Moderado	>15 a 41	>15 a 33	>15 a 25
Mala	Alto	>41 a 79	>33 a 79	>25 a 79
Muy Mala	Muy Alto	>79 a 130	>79 a 130	>79 a 130
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>130	>130	>130

El nivel de riesgo a la salud de la población, con respecto a PM₁₀ y PM_{2.5} está referido al promedio de 24 horas, el promedio móvil ponderado de 12 horas es una aproximación a éste y al final del día pueden no empatar exactamente. Sin embargo, se usa con un carácter preventivo para informar de manera oportuna sobre el estado de la calidad del aire e inducir una menor exposición de la población durante las horas con concentraciones más altas de este contaminante.

Tabla 6. Obtención del Índice AIRE Y SALUD para ozono (O₃)

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de ozono (O ₃) promedio de una hora (ppm)
Buena	Bajo	≤0.058
Aceptable	Moderado	>0.058 a 0.090
Mala	Alto	> 0.090 a 0.135
Muy Mala	Muy Alto	>0.135 a 0.175
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>0.175

Tabla 7. Obtención del Índice AIRE Y SALUD para dióxido de nitrógeno (NO₂)

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de dióxido de nitrógeno (NO ₂) promedio de una hora (ppm)
Buena	Bajo	≤0.053
Aceptable	Moderado	>0.053 a 0.106
Mala	Alto	>0.106 a 0.160
Muy Mala	Muy Alto	>0.160 a 0.213
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>0.213

Tabla 8. Obtención del Índice AIRE Y SALUD para dióxido de azufre (SO₂)

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de dióxido de azufre (SO ₂) promedio de una hora (ppm)
Buena	Bajo	≤ 0.035
Aceptable	Moderado	>0.035 a 0.075
Mala	Alto	> 0.075 a 0.185
Muy Mala	Muy Alto	>0.185 a 0.304
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>0.304

Tabla 9. Obtención del Índice AIRE Y SALUD para monóxido de carbono (CO)

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de monóxido de carbono (CO) promedio móvil de 8 horas (ppm)
Buena	Bajo	≤5.00
Aceptable	Moderado	>5.00 a 9.00
Mala	Alto	>9.00 a 12.00
Muy Mala	Muy Alto	>12.00 a 16.00
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>16.00

5.4 Lineamientos de difusión del Índice AIRE Y SALUD.

5.4.1 El Índice AIRE Y SALUD se pondrá a disposición de la población de forma obligatoria en la página electrónica y cualquier otro medio de difusión que para el efecto establezca la autoridad responsable de cada Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire.

5.4.2 El Índice AIRE Y SALUD que se difundirá a la población será el que indique el mayor deterioro de la calidad del aire y el riesgo a la salud asociado, para cada una de las estaciones que conforman el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire.

5.4.3 La difusión de riesgos relacionada al Índice AIRE Y SALUD consistirá en el establecimiento de cinco bandas del Índice AIRE Y SALUD que estarán asociadas a cinco colores – verde, amarillo, naranja, rojo y morado- como se describe en la Tabla 10 de la presente Norma Oficial Mexicana. El Índice AIRE Y SALUD solo tiene fines de información para prevenir a la población en una ciudad o localidad en una hora determinada.

Tabla 10. Categorías del Índice AIRE Y SALUD

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Descripción del riesgo		Color
		Población en General	Población Sensible	
Buena	Bajo	El riesgo en salud es mínimo o nulo.	El riesgo en salud es mínimo o nulo.	Verde
Aceptable	Moderado	El riesgo en salud es mínimo.	Personas que son sensibles al ozono (O ₃) o material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}) pueden experimentar irritación de ojos y síntomas respiratorios como tos, irritación de vías respiratorias, expectoración o flema, dificultad para respirar o sibilancias.	Amarillo
Mala	Alto	Es poco probable que se vea afectada.	Incremento en el riesgo de tener síntomas respiratorios y/o disminución en la función pulmonar.	Naranja
Muy Mala	Muy Alto	Se puede presentar daños a la salud.	Pueden experimentar un agravamiento de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica o evento cardiovascular e incremento en la probabilidad de muerte prematura en personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cardíaca.	Rojo
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	Es más probable que cualquier persona se vea afectada por efectos graves a la salud.	Es más probable que cualquier persona se vea afectada por efectos graves a la salud.	Morado

Los colores son definidos con base en las fórmulas RGB (rojo, verde y azul, por sus siglas en inglés) y CMYK (cian, magenta, amarillo y negro, por sus siglas en inglés) como se muestra en la Tabla 11 de la presente Norma Oficial Mexicana:

Tabla 11. Fórmulas de color para el Índice AIRE Y SALUD

Color	R	G	B	C	M	Y	K
Verde	0	228	0	40	0	100	0
Amarillo	255	255	0	0	0	100	0
Naranja	255	126	0	0	51	100	0
Rojo	255	0	0	0	100	100	0
Morado	143	63	151	51	89	0	0

Nota: Tradicionalmente la fórmula RGB es usada para colores proyectados en pantalla, mientras que CMYK es usada para materiales impresos. Los modelos de color están basados en una escala 0 – 255. En caso de estaciones en mantenimiento y/o sin información, el color asociado será blanco.

5.4.4 Los mensajes que acompañarán a las categorías de riesgo y colores del Índice AIRE Y SALUD integrarán recomendaciones de las acciones a adoptar, considerando la condición de salud y sensibilidad de las personas, conforme a la Tabla 12 de la presente Norma Oficial Mexicana:

Tabla 12. Mensajes asociados a las categorías de calidad del aire y riesgos a la salud.

Categoría Calidad aire/Riesgo	Personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias ^[a] y mayores de 60 años	Menores de 12 años y personas gestantes	Población en general
Buena/Bajo	Disfruta las actividades al aire libre		
Aceptable/Moderado	<p>Es posible realizar actividades físicas al aire libre como trotar suave, caminar a paso rápido o moverse en bicicleta, monopatín/scooter, patines y patinetas.</p> <p>Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre como ejercicios aeróbicos, jugar fútbol, básquetbol, voleibol, atletismo, ciclismo deportivo o correr.</p> <p>Si presentas algún síntoma o molestia o tienes dudas, busca el consejo de tu médico.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>	<p>Disfruta las actividades al aire libre.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>	
Mala/Alto	<p>Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre como ejercicios aeróbicos, jugar fútbol, básquetbol, voleibol, atletismo, ciclismo deportivo o correr, trotar suave, caminar a paso rápido o moverse en bicicleta, monopatín/scooter, patines y patinetas.</p> <p>Si presentas algún síntoma o molestia o tienes dudas, busca el consejo de tu médico.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>	<p>Es posible realizar actividades físicas al aire libre como trotar suave, caminar a paso rápido o moverse en bicicleta, monopatín/scooter, patines y patinetas; aumenta los periodos de descanso.</p> <p>Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre como ejercicios aeróbicos, jugar fútbol, básquetbol, voleibol, atletismo, ciclismo deportivo, etc.</p> <p>Si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos, suspende la actividad y acude a tu médico.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>	<p>Es posible realizar actividades al aire libre. Si presenta síntomas como tos o falta de aire, toma más descansos y realiza actividades menos vigorosas.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>
Muy mala/Muy alto	<p>Es posible realizar actividades físicas en espacios interiores, siempre y cuando se trate de un espacio libre de humo de tabaco.</p> <p>Evita las actividades físicas vigorosas y moderadas, así como el tiempo de estancia al aire libre.</p> <p>Si presentas algún síntoma o molestia o tienes dudas, busca el consejo de tu médico.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>	<p>Reduce las actividades físicas al aire libre y de preferencia realízalas en espacios interiores, siempre y cuando se trate de un espacio libre de humo de tabaco.</p> <p>Evita la actividad física vigorosa o prolongada al aire libre.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>	
Extremadamente mala/Extremadamente alto	<p>Permanece en espacios interiores en donde puedes realizar actividades físicas, reprograma tus actividades al aire libre y si presentas síntomas respiratorios y/o cardíacos acude al médico.</p> <p>Infórmate sobre la evolución de la calidad del aire.</p>		

^[a] Las personas con asma u otras enfermedades respiratorias / cardiovasculares deben controlar médicamente su afección y seguir las indicaciones de su médico.

6. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad.

6.1 La evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana comprende al proceso técnico que permite demostrar el cumplimiento de distintas disposiciones legales, la cual se realizará de conformidad a lo dispuesto por la Ley de Infraestructura de la Calidad y el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización o, en su caso, el documento que lo sustituya, además de lo siguiente:

6.1.1 El procedimiento de evaluación de la conformidad se llevará a cabo por las autoridades competentes de manera directa o a través de una Unidad de Inspección acreditada por una entidad de acreditación y aprobada por la Autoridad Normalizadora.

6.1.2 Sólo cuando no existan Unidades de Inspección acreditadas y aprobadas, o éstas se encuentren en proceso de suspensión parcial o total, de cancelación de su acreditación o aprobación, o bien conforme al nivel de riesgo o de protección necesarios para salvaguardar los objetivos legítimos de interés público que se pretende atender, se podrá recurrir a instituciones de investigación y enseñanza superior especializadas en la materia o sector objeto de la norma, así como a cualquier otra entidad reconocida por la SEMARNAT para llevar a cabo la evaluación de la conformidad de que se trate.

6.1.3 Para demostrar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en esta norma, se deberá presentar evidencia documental en formato impreso y/o electrónico para los siguientes numerales: 5.1.2.1, 5.1.2.3, 5.1.2.5, 5.1.2.6, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.3, 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3 y 5.4.4.

Durante la visita de verificación, la Unidad de Inspección comprobará el cumplimiento de las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana establecidas conforme a los medios de comprobación establecidos en la Tabla 13 de la presente Norma Oficial Mexicana:

Tabla 13. Medios de comprobación del cumplimiento de especificaciones

Disposición	Medio de comprobación
5.1.2.1	Evidencia documental de que la difusión se apegue al Manual básico de identidad gráfica del Índice AIRE Y SALUD.
5.1.2.3	Evidencia documental del cálculo de la información de forma horaria y su difusión cada hora con retraso máximo de 15 minutos.
5.1.2.5	Evidencia documental de que la difusión del índice AIRE Y SALUD por estación de monitoreo y/o en su caso para un área específica, ya sea un asentamiento o ciudad, se presenta de forma horaria y que indique el mayor deterioro de la calidad del aire según los contaminantes que se midan y presenten un mayor riesgo a la salud. En su caso, evidencia documental de que en la difusión se incluye información sobre la escala de representatividad de cada estación.
5.1.2.6	Evidencia documental de que cuando una estación de monitoreo utilizada para reportar el Índice AIRE Y SALUD esté fuera de operación o en mantenimiento, el Índice AIRE Y SALUD que se difundirá deberá ser sustituido por la leyenda "Mantenimiento" o "Fuera de operación" según sea el caso.
5.2.1	Evidencia documental de que las concentraciones de PM ₁₀ y PM _{2.5} se reportan a condiciones locales en tanto no exista en México una regulación que defina los métodos de medición en aire ambiente. En el caso de ozono (O ₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO ₂) y dióxido de azufre (SO ₂), el reporte de las concentraciones se hará conforme a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, o las que les sustituyan, que establecen los métodos de referencia o equivalentes y procedimiento para la calibración de los equipos de medición para cada contaminante, las cuales se indican en la Tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.
5.2.2	Evidencia documental del cumplimiento de las unidades de medida y cifras decimales significativas establecidas en la tabla 2.
5.2.3	Evidencia de la consideración de las concentraciones base indicadas en la tabla 3 y en su caso, justificar la variación.
5.2.4	Evidencia documental de la aplicación de criterios de redondeo para cálculo de concentraciones base para cada uno de los contaminantes.
5.2.5	Evidencia documental del cumplimiento de criterios de compleción de datos y cálculo de concentraciones base.

Disposición	Medio de comprobación
5.3	Evidencia documental de la observancia de la clasificación de bandas del Índice AIRE Y SALUD para cada contaminante criterio, conforme a las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9.
5.4.1	Evidencia documental de los medios de difusión del Índice AIRE Y SALUD.
5.4.2	Evidencia documental que el Índice AIRE Y SALUD que se difundió a la población es el o los que representaron la peor situación de calidad del aire y el riesgo a la salud asociado, para cada una de las estaciones que conforman el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire.
5.4.3	Evidencia documental de aplicación de colores a cada banda, conforme a las tablas especificaciones de las tablas 10 y 11.
5.4.4	Evidencia documental de la difusión de mensajes conforme las categorías de riesgo y colores de cada banda, establecidas en la tabla 12.

6.1.4 La verificación e inspección deberá realizarse a todos los sistemas de monitoreo de la calidad del aire operados por autoridades estatales o municipales.

6.2 En el caso de las inspecciones realizadas por las Unidades de Inspección a los sistemas de monitoreo, la muestra representativa será determinada por el inspector y su revisión se basará en la evidencia documental generada por cada sistema de monitoreo en bitácora, log, registro y cualquier otro medio impreso o electrónico destinado al procesamiento de datos, categorización y difusión del Índice AIRE Y SALUD. Éstos deberán emitir un dictamen de verificación sobre el cumplimiento de esta norma.

6.2.1 Los dictámenes de verificación de cumplimiento serán reconocidos por las autoridades competentes como parte de la evaluación de la conformidad de esta norma.

6.2.2 Si como resultado de la inspección se genera un dictamen de verificación de incumplimiento, la Unidad de Inspección deberá notificar a la autoridad responsable del sistema de monitoreo, dentro de los cinco días hábiles siguientes a la fecha de su elaboración.

La autoridad responsable del sistema de monitoreo deberá subsanar los incumplimientos a la norma y enviar la evidencia documental a la Unidad de Inspección, en un plazo que no excederá de sesenta días naturales, contados a partir de la notificación del dictamen de verificación de incumplimiento. En caso contrario, deberá suspender inmediatamente la publicación del índice, colocando en su lugar la leyenda "En incumplimiento de la NOM 172".

6.2.3 Hasta que no se cuente con el dictamen de verificación de cumplimiento, el Índice AIRE Y SALUD no podrá considerarse en conformidad con la norma. Se publicará únicamente el resultado del dictamen (cumple o no cumple con la NOM-172), en las páginas oficiales donde se realiza la difusión del índice o en los medios que defina la Secretaría.

7. Concordancia con Normas Internacionales.

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente (NEQ) con ninguna Norma Internacional, por no existir esta última al momento de su elaboración.

8. Referencias bibliográficas

- ANDERSON JO, THUNDIYIL JG, STOLBACH A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J Med Toxicol Off J Am Coll Med Toxicol*. 2012 Jun; 8 (2):166–75. <https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1>
- CABRERA-CANO AA, CRUZ-DE LA CRUZ JC, GLORIA-ALVARADO AB, ÁLAMO-HERNÁNDEZ U, RIOJAS-RODRÍGUEZ H. Asociación entre mortalidad por Covid-19 y contaminación atmosférica en ciudades mexicanas. *Salud Pública México*. 2021 Jun 18;63(4):470-477. <https://doi.org/10.21149/12355>
- CALDERÓN-GARCIDUEÑAS L, TORRES-JARDÓN R, KULESZA RJ, MANSOUR Y, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ LO, GÓNZALEZ-MACIEL A, REYNOSO-ROBLES R, MUKHERJEE PS. Alzheimer disease starts in childhood in polluted Metropolitan Mexico City. A major health crisis in progress. *Environ Res*. 2020 Apr;183:109137. doi: 10.1016/j.envres.2020.109137. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109137>
- HEALTH EFFECTS INSTITUTE. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA:Health Effects Institute. 2020

5. INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION. Measuring what matters México. 2020. Disponible en: <https://www.healthdata.org/mexico>
6. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO. Informe Nacional de la Calidad del Aire 2019, México. Ciudad de México: Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos. Ciudad de México 343 pp. 2020 sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2019.pdf
7. KAMPA M, CASTANAS E. Human health effects of air pollution. *Environ Pollut.* 2008 Jan; 151(2):362–7. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>
8. KIM K-H, KABIR E, KABIR S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int.* 2015 Jan; 74:136–43. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
9. LÓPEZ-FELDMAN A, HERES D, MARQUEZ-PADILLA F. Air pollution exposure and COVID-19: A look at mortality in Mexico City using individual-level data. *Sci Total Environ.* 2021 Feb 20;756:143929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143929>
10. MINTZ, David; STONE, Susan; DICKERSON, Phil; DAVIS, Alison. Transitioning to a new NowCast Method Technical Slides for CETESB Provided by EPA – OAQPS. July 15, 2013.
11. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire. <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
12. SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valores normados para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2021.
13. SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2021.
14. SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de agosto de 2019.
15. SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.
16. SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2021.
17. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Air Quality Planning and Standards. Technical Assistance Document for the reporting of Daily Air Quality- the Air Quality index (AQI). EPA-454/B-16-002. 2016.
18. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Air Quality Planning and Standards. Health and Environmental Impacts Division. Research Triangle Park, North Carolina. Risk and Exposure Assessment to Support the Review of the sulfur dioxide (SO₂) Primary National Ambient Air Quality Standards. EPA-452/R-09-007. 2009.
19. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2016. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Disponible en <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1>

Anexo A
(Informativo)

Ejemplos de cálculo del promedio móvil ponderado de 12 horas para PM₁₀ y PM_{2.5}

(Fuentes: MINTZ, David; STONE, Susan; DICKERSON, Phill; DAVIS, Alison. Transitioning to a new NowCast Method Technical Slides for CETESB Provided by EPA-OAQPS. July 15, 2013.)

Los siguientes ejemplos ilustran el procedimiento de cálculo del promedio móvil ponderado de 12 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}, tanto cuando se usa un factor de ponderación de 0.5 como cuando se usa uno mayor.

A.1 Ejemplo 1. Ilustra el uso de un factor de ponderación de 0.5 para las 12:00 horas de concentraciones de PM_{2.5}.

Tabla A1. Concentraciones que condicionan el uso de un factor de ponderación de 0.5.

Hora	Hora consecutiva de medición (i)	Concentración en microgramos por metro cúbico de PM _{2.5} (µg/m ³)
01:00	12	50
02:00	11	80
03:00	10	75
04:00	9	90
05:00	8	82
06:00	7	53
07:00	6	64
08:00	5	74
09:00	4	21
10:00	3	10
11:00	2	16
12:00	1	13

A.1.1 Se calcula el rango entre el valor máximo y el mínimo de concentración de las últimas 12 h:

$$C_{max} = 90$$

$$C_{min} = 10$$

$$Rango = C_{max} - C_{min} = 90 - 10 = 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

A.1.2 Se calcula el factor de ponderación restando la tasa de cambio escalada a 1. El factor de ponderación (W) debe estar en un rango entre 0.5 y 1. Si w es menor o igual a 0.5 se fija a 0.5:

$$w = 1 - \frac{C_{max} - C_{min}}{C_{max}} = 1 - \frac{90 - 10}{90} = 0.11$$

Como $w = 0.11 \leq 0.5$

El factor de ponderación es $W = 0.5$

A.1.3 Se multiplica cada concentración horaria por el factor de ponderación elevado a una potencia igual a las horas que han pasado desde la medición de ese dato. Se suman los productos:

$$13(0.5)^0 + 16(0.5)^1 + 10(0.5)^2 + 21(0.5)^3 + 74(0.5)^4 + 64(0.5)^5 + 53(0.5)^6 + 82(0.5)^7 + 90(0.5)^8 + 75(0.5)^9 + 80(0.5)^{10} + 50(0.5)^{11} = 34.82$$

A.1.4 Se calcula la concentración promedio móvil ponderada dividiendo la suma anterior entre la suma del factor de ponderación elevado a una potencia igual a las horas que han pasado desde la medición de ese dato y se multiplica por el factor de ajuste que corresponde a las PM_{2.5}:

$$\left[\frac{13(0.5)^0 + 16(0.5)^1 + 10(0.5)^2 + 21(0.5)^3 + 74(0.5)^4 + 64(0.5)^5 + 53(0.5)^6 + 82(0.5)^7 + 90(0.5)^8 + 75(0.5)^9 + 80(0.5)^{10} + 50(0.5)^{11}}{0.5^0 + 0.5^1 + 0.5^2 + 0.5^3 + 0.5^4 + 0.5^5 + 0.5^6 + 0.5^7 + 0.5^8 + 0.5^9 + 0.5^{10} + 0.5^{11}} \right] [0.694]$$

$$= \left[\frac{34.8193}{1.9995} \right] [0.694] = [17.4139][0.694] = 12.0852466 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

A.1.5 Aplicando el redondeo, la concentración promedio móvil ponderada de 12 horas para las 12:00 horas queda de la siguiente forma:

$$\bar{C} = 12 \frac{\mu g}{m^3}$$

A.2 Ejemplo 2. Ilustra el uso de un factor de ponderación mayor a 0.5 para las 12:00 horas de concentraciones de PM₁₀.

Tabla A2. Concentraciones que condicionan el uso de un factor de ponderación de 0.5.

Hora	Hora consecutiva de medición (i)	Concentración en microgramos por metro cúbico (μg /m ³)
01:00	12	118
02:00	11	97
03:00	10	130
04:00	9	142
05:00	8	146
06:00	7	144
07:00	6	141
08:00	5	134
09:00	4	147
10:00	3	150
11:00	2	141
12:00	1	103

A.2.1 Se calcula el rango entre el valor máximo y el mínimo de concentración de las últimas 12 h:

$$C_{max} = 150$$

$$C_{min} = 97$$

$$\text{Rango} = C_{max} - C_{min} = 150 - 97 = 53 \mu g/m^3$$

A.2.2 Se calcula el factor de ponderación restando la tasa de cambio escalada a 1. El factor de ponderación (W) debe estar en un rango entre 0.5 y 1. Si w es mayor a 0.5 se toma como factor de ponderación a w redondeando a dos cifras decimales.

$$w = 1 - \frac{C_{max} - C_{min}}{C_{max}} = 1 - \frac{150 - 97}{150} = 0.65$$

Como $w = 0.65 > 0.5$

El factor de ponderación es $W = 0.65$

A.2.3 Se multiplica cada concentración horaria por el factor de ponderación elevado a una potencia igual a las horas que han pasado desde la medición de ese dato. Se suman los productos:

$$103(0.65)^0 + 141(0.65)^1 + 150(0.65)^2 + 147(0.65)^3 + 134(0.65)^4 + 141(0.65)^5 + 144(0.65)^6 + 146(0.65)^7 + 142(0.65)^8 + 130(0.65)^9 + 97(0.65)^{10} + 118(0.65)^{11} = 366.2482$$

A.2.4 Se calcula la concentración promedio móvil ponderada dividiendo la suma anterior entre la suma del factor de ponderación elevado a una potencia igual a las horas que han pasado desde la medición de ese dato y se multiplica por el factor de ajuste que corresponde a las PM₁₀:

$$\left[\frac{103(0.65)^0 + 141(0.65)^1 + 150(0.65)^2 + 147(0.65)^3 + 134(0.65)^4 + 141(0.65)^5 + 144(0.65)^6 + 146(0.65)^7 + 142(0.65)^8 + 130(0.65)^9 + 97(0.65)^{10} + 118(0.65)^{11}}{0.65^0 + 0.65^1 + 0.65^2 + 0.65^3 + 0.65^4 + 0.65^5 + 0.65^6 + 0.65^7 + 0.65^8 + 0.65^9 + 0.65^{10} + 0.65^{11}} \right] [0.714]$$

$$\left[\frac{366.2482}{2.8409} \right] [0.714] = [128.92][0.714] = 92.04888 \frac{\mu g}{m^3}$$

A.2.5 Aplicando el redondeo, la concentración promedio móvil ponderada de 12 horas para las 12:00 horas queda de la siguiente forma:

$$\bar{C} = 92 \frac{\mu g}{m^3}$$

A.3 Manejo de Faltantes.

A.3.1 Para el cálculo válido del promedio móvil ponderado de 12 horas se debe tener datos para al menos dos de las tres horas más recientes.

Si hay omisión sólo de una hora, no habrá interrupción en el cálculo.

Hora consecutiva de medición más reciente (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dato horario	I	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Promedio Ponderado	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		

I = Dato

X = Sin dato

A.3.2 Si se omiten datos para dos de las tres horas más recientes se deberá omitir el cálculo.

Hora consecutiva de medición más reciente (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dato horario	I	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Promedio Ponderado	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I		

Hora consecutiva de medición más reciente (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dato horario	X	I	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Promedio Ponderado	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I		

Hora consecutiva de medición más reciente (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dato horario	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Promedio Ponderado	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I		

A.3.3 Ejemplo del cálculo si hay un dato faltante en una de las tres horas más recientes. En el ejemplo 2 de las concentraciones de PM₁₀, si en la segunda hora consecutiva de la medición más reciente hubiera un dato faltante, la fórmula se aplica de la siguiente manera:

$$\left[\frac{103(0.65)^0 + 150(0.65)^2 + 147(0.65)^3 + 134(0.65)^4 + 141(0.65)^5 + 144(0.65)^6 + 146(0.65)^7 + 142(0.65)^8 + 130(0.65)^9 + 97(0.65)^{10} + 118(0.65)^{11}}{0.65^0 + 0.65^2 + 0.65^3 + 0.65^4 + 0.65^5 + 0.65^6 + 0.65^7 + 0.65^8 + 0.65^9 + 0.65^{10} + 0.65^{11}} \right] [0.714]$$

$$= \left[\frac{274.59817}{2.19089} \right] [0.714] = 89.490 \frac{\mu g}{m^3}$$

$$\bar{C} = 89 \mu g/m^3$$

Anexo B
(Informativo)

Consideraciones para el cálculo de las concentraciones de contaminantes en función del riesgo a la salud humana

El Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud evalúa la concentración de partículas suspendidas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras (PM_{10}), Material Particulado con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), Ozono (O_3), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre (SO_2) y Monóxido de Carbono (CO). El índice utiliza las concentraciones y establece las categorías para cada contaminante por separado y con el propósito de facilitar su entendimiento, en esta actualización no se asignó un valor adimensional.

Este índice clasifica cinco categorías de calidad del aire, cada una con su banda de color asociado: buena (verde), aceptable (amarillo), mala (naranja), muy mala (rojo) y extremadamente mala (morado).

Su principal fortaleza es que se calcula a partir de funciones concentración-respuesta (FCR), que indican la probabilidad de ocurrencia de un impacto en la salud poblacional en función de un cambio dado de concentraciones de contaminantes. Las FCR se representan por distintas medidas de asociación, siendo la más común el Riesgo Relativo (RR), mismas que se derivan de estudios epidemiológicos. Un riesgo relativo mayor a 1 indica una asociación positiva, cuando es igual a 1 no hay asociación y cuando es menor a 1 es una asociación negativa.

Funciones concentración-respuesta para estimar los riesgos

Para seleccionar las FCR aplicadas a este índice se consideraron los estudios de meta-análisis desarrollados para definir los valores guía de calidad del aire de la OMS del 2021. Dichos estudios asocian la exposición a contaminantes del aire en el corto plazo con el riesgo de mortalidad por todas las causas no externas, es decir, todas las muertes excluyendo las causadas por accidentes y lesiones. Para el caso de PM_{10} y $PM_{2.5}$, el estudio utiliza una métrica de exposición promedio de 24-horas (Orellano et al., 2020). Para ozono, se utilizó el estudio de Peng y cols (2013) con una métrica de exposición de 1-hora, y se empleó para los cálculos la razón $O_3\text{-}1hr = O_3\text{-}8hr$ de 1.14 (Anderson y Bell, 2010). En el caso de NO_2 la evidencia de la OMS muestra que no hubo asociación significativa en exposición de 1-hora, pero sí en 24-horas, por lo que se consideró el estudio de Samoli y cols. (2006). Para SO_2 el desenlace en salud fue por causas respiratorias dado que la asociación con la mortalidad no externa no mostró significancia estadística (Orellano et al., 2021). Finalmente, en el caso de CO se utilizó el estudio de Chen y cols. (2021) con una exposición promedio móvil de 8-horas. El resumen de las FCR se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Funciones concentración-respuesta por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento en los contaminantes, salvo para CO que es por cada mg/m^3 .

Contaminante	Estudio	Riesgo Relativo ^a	% de incremento en el riesgo ^a	Desenlace en mortalidad
PM_{10} 24h	Orellano 2020	1.0041	0.41	Causas no externas
$PM_{2.5}$ 24h	Orellano 2020	1.0065	0.65	Causas no externas
O_3 1h	Peng 2013	1.0026	0.26	Causas no externas
NO_2 1h	Samoli 2006	1.0027	0.27	Causas no externas
SO_2 1h	Orellano 2021	1.0052	0.52	Causas respiratorias
CO 8h	Chen 2021	1.0091	0.91	Causas no externas

Fuente: (Chen et al., 2021; Orellano et al., 2021; Orellano et al., 2020; Samoli et al., 2006)

Para definir las concentraciones de cada banda se utiliza el exceso de riesgo de mortalidad, que es el incremento en el riesgo de muerte en un día, a determinada concentración de un contaminante, comparado con un día a una concentración de referencia.

La concentración de referencia para PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 y NO_2 es el valor a largo plazo de las guías de calidad del aire de la OMS que corresponde a 15, 5, 60 (multiplicado por 1.14 que es el factor de conversión a 1-hora) y $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Mientras que para CO el valor de referencia es $0 \text{ mg}/\text{m}^3$. En el caso de SO_2 se consideraron los valores del Índice de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental del gobierno de los Estados Unidos (US EPA) para las 5 bandas. De esta forma, para las bandas naranja, roja y morada, se utilizaron las FCR de los estudios de revisión sistemática descritos previamente y se comparó con la concentración de referencia.

Como se observa en la Tabla 1, las FCR son diferentes para cada contaminante, y por tanto la forma o curva de la relación concentración-respuesta es variada, así como el valor de referencia a partir del cual se estiman los riesgos en salud, por lo que para la construcción de este índice, no se homologan los riesgos para todos los contaminantes. Con ello, las concentraciones de los diferentes contaminantes para las categorías del Índice AIRE Y SALUD, tienen asociado un nivel de riesgo a la salud humana que determina el riesgo a la salud considerado como aceptable para la exposición a cada contaminante.

Referencias

Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2010). Does one size fit all? The suitability of standard ozone exposure metric conversion ratios and implications for epidemiology. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 20(1), 2-11. <https://doi.org/10.1038/jes.2008.69>

Chen, K., Breitner, S., Wolf, K., Stafoggia, M., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., ... & Schneider, A. (2021). Ambient carbon monoxide and daily mortality: a global time-series study in 337 cities. *The Lancet Planetary Health*, 5(4), e191-e199. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00026-7)

Orellano P, Reynoso J, Quaranta N (2021). Short-term exposure to sulphur dioxide (SO₂) and all-cause and respiratory mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 150:106434. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106434>

Orellano P, Reynoso J, Quaranta N, Bardach A, Ciapponi A (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone (O₃) and all-cause and cause-specific mortality: systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 142:105876. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105876>

Peng, R. D., Samoli, E., Pham, L., Dominici, F., Touloumi, G., Ramsay, T., ... & Samet, J. M. (2013). Acute effects of ambient ozone on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 6, 445-453. <https://doi.org/10.1007/s11869-012-0180-9>

Samoli, E., Aga, E., Touloumi, G., Nisiotis, K., Forsberg, B., Lefranc, A., ... & Katsouyanni, K. (2006). Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *European Respiratory Journal*, 27(6), 1129-1138. <https://doi.org/10.1183/09031936.06.00143905>

9. Verificación

La verificación de la presente Norma Oficial Mexicana es competencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, de los Gobiernos de las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales, de acuerdo con los ámbitos de su competencia.

Transitorios

PRIMERO. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 180 días naturales siguientes de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales mantendrá a disposición de los gobiernos estatales o municipales, a través de su página oficial de internet, el Manual básico de identidad gráfica referido en el numeral 5.1.2.1.

TERCERO. El Índice AIRE Y SALUD estará sujeto a una revisión periódica de las bases técnicas y científicas que lo sustentan, para su actualización conforme a los resultados de la investigación epidemiológica y toxicológica, los informes de agencias de salud internacionales, los estudios de evaluación de los impactos sociales logrados a través de la comunicación efectiva del estado de la calidad del aire, los probables daños y las medidas de protección.

CUARTO. En un plazo de 90 días naturales posteriores a la publicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente establecerá en coordinación con las autoridades federales, así como con las entidades federativas, municipios y demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, los criterios y lineamientos administrativos para realizar las tareas o visitas u operativos de inspección para verificar y evaluar el cumplimiento de la norma, así como el seguimiento de recomendaciones e infracciones o medidas de seguridad aplicables en su caso.

Ciudad de México, a 5 de enero de 2024.- El Subsecretario de Regulación Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Alonso Jiménez Reyes**.- Rúbrica.

