



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE MP2,5

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LINARES
REGIÓN DEL MAULE

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS
DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2025-2300-VII-NC

SEPTIEMBRE 2025

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez	
Revisado	Isabel Leiva C.	
Elaborado	Mauricio Grez A.	



CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	2
2.	INTRODUCCIÓN	3
3.	OBJETIVOS	3
4.	ALCANCE	4
5.	EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS	5
5.1.	Estación declarada como EMRP MP2,5	5
5.2.	Descripción de instrumentos de medición utilizados en la estación	6
5.3.	Auditoría de datos	7
6.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA	8
6.1.	Evaluación de la norma para MP2,5	8
6.1.1.	Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5	8
6.1.2.	Evaluación de la norma anual para MP2,5	10
7.	CONCLUSIONES	12
8.	ANEXOS	13



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5, contenida en el D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Esta evaluación se enmarca en lo establecido en el Artículo 16° del párrafo II, de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece que “Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad y normas de emisión de cada región, incluida la Metropolitana”.

La actividad de fiscalización de la norma de calidad del aire correspondió a un examen de información de los datos validados y proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, para el contaminante MP2,5. Con la información remitida por el Ministerio, se realizó una auditoría a los datos, correspondiente a una (1) estación de monitoreo de calidad del aire de la Región del Maule, ubicada en la ciudad de Linares y denominada “Linares”. Dicha estación pertenece al Ministerio del Medio Ambiente, y cuenta con la calificación de representatividad poblacional (EMRP) por MP2,5.

El análisis de datos de MP2,5, se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y 31 de diciembre de 2024, datos medidos con instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos horarios se consideraron los criterios establecidos en la norma primaria de calidad del aire para MP2,5 en esta última indica que todos los datos deben ser reportados de acuerdo con lo establecido en la “Instrucción requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología”, R.E. N°1.449/2023 de la SMA. En el caso de los contaminantes de MP2,5 se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual las concentraciones mensuales de un año calendario y para el promedio de 24 horas los promedios horarios en base un número igual o mayor a 18 horas, de acuerdo con los criterios establecidos en la respectiva norma primaria antes mencionada.

Norma primaria de calidad del aire para MP2,5

La evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 en la estación Linares, determinó que los valores correspondientes al percentil 98 de las concentraciones diarias para los años 2022, 2023 y 2024, superaron el límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma de MP2,5. El valor del percentil 98, determinado para la estación Linares en el año 2022, correspondió a una concentración de 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente a 186% del límite de la norma, mientras que para el año 2023 y el año 2024 no fue posible determinar el valor de percentil 98, debido a que no se dispone de un mínimo de 75% de datos diarios válidos por año calendario.

Dado lo anterior, no fue posible calcular el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para la estación para el año 2023 y 2024.



En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, se requieren de tres años calendarios sucesivos para ser evaluada y comparada con límite normativo de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al respecto la norma anual en estación Linares, no pudo ser evaluada por no contar con datos válidos para 3 años calendario consecutivos, entre el año 2022 y el año 2024; determinándose durante el análisis de la información que el año 2023 presentó solo 8 meses de concentraciones mensuales, mientras que el año 2024 presenta solo 4 meses de concentraciones mensuales. En consecuencia, con la información disponible no es posible evaluar la norma anual en la estación Linares.

2. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Linares pertenece a Región de Maule, y posee una población de 286.361 habitantes (CENSO 2017, INE) y una superficie de 10.050 km².

Considerando lo establecido en el artículo 16 del Título II de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponderá a esta Superintendencia fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad. Para lo anterior, la Superintendencia realizó una auditoría y análisis de los datos remitidos para los años 2022, 2023 y 2024, con el fin de obtener información válida que permita evaluar la norma primaria de calidad del aire de MP2,5.

La estación informada en este documento corresponde a “Linares”. Esta estación de monitoreo de calidad del aire cuenta con calificación de representatividad poblacional (en adelante, EMRP) por MP2,5. Por lo tanto, el proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de la norma primaria calidad del aire para MP2,5 D.S. N° 12/2011 del MMA y el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009, del Ministerio de Salud (en adelante MINSAL).

Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo con lo establecido en la Resolución Exenta N° 503 de 2 de junio de 2021, del Subsecretario del Medio Ambiente, complementa circular N° 0001, de 2005, de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, que instruye sobre procedimiento para la declaración, modificación y derogación de zonas saturadas o latentes de carácter atmosférico, y deja sin efecto la resolución exenta N° 302, de 2011, y N° 1121, de 2020, ambas del Ministerio del Medio Ambiente.

3. OBJETIVOS

El objetivo de la actividad de fiscalización ambiental desarrollada es evaluar el cumplimiento de la norma de calidad del aire primaria de MP2,5; en su nivel diario y anual, según corresponda, considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024, en las estaciones que cuente con representatividad poblacional para material particulado MP2,5.



Para lo anterior, se determinó la validez de las mediciones de MP2,5, registrados por la estación de calidad del aire de “Linares”, para los años 2022, 2023 y 2024, en base a una auditoría de los datos reportados.

4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia corresponden a los registros de MP2,5 de la estación de calidad del aire “Linares”, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

La estación que se utiliza para la evaluación del cumplimiento de las normas primaria de MP2,5, ubicada en la comuna de Linares, denominada “Linares” cumple con la calificación EMRP para MP2,5.

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel diario y anual, por contaminante y cuerpo normativo:

Tabla 1 Normas de calidad del aire vigente a nivel diario y anual

Norma	Contaminante	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Anual
D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP2,5	50 µg/m ³	20 µg/m ³



5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones de MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024, remitidos por el Ministerio, corresponden a los datos validados horarios con sus respectivos códigos de invalidación. Los datos reportados a la Superintendencia del Medio Ambiente incluyen los códigos de invalidación establecidos en el D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, del MINSAL. Finalmente, dichos datos fueron auditados y validados por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Los datos evaluados de MP2,5 corresponde a las mediciones realizadas en la estación calificada con representatividad poblacional para material particulado fino respirable, indicadas en el punto 5.1 de este documento.

5.1. Estación declarada como EMRP MP2,5

En la Tabla 2 se describe la estación de vigilancia de calidad del aire, y la respectiva resolución que la califica como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado fino respirable de MP2,5.

Tabla 2 Estación declarada como EMRP MP2,5

Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP2,5
Linares	Res. Exenta N° 263 de 3 de abril de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente. ¹

Por su parte, en la Tabla 3 se detalla la ubicación georreferenciada de la estación Linares, además, se ilustra el sitio de ubicación en el mapa de la Figura 1.

Tabla 3 Georreferenciación de la estación de Linares

Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m)	
Linares	265.810 E	6.031.040 N

¹ Datos validos a partir de 3 de febrero de 2017.



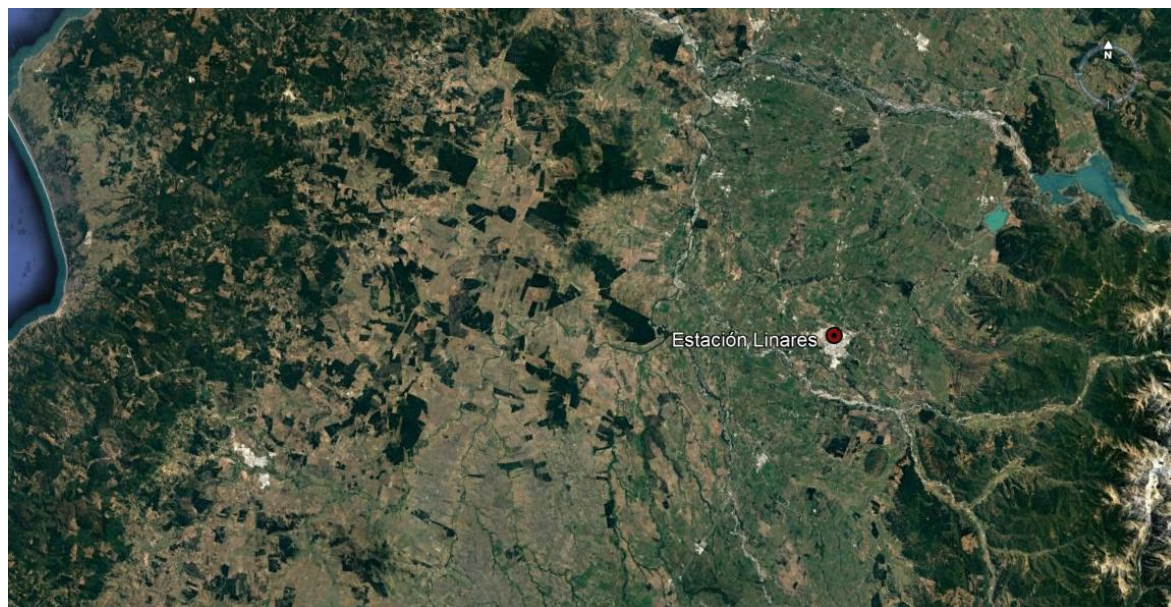


Figura 1 Ubicación de la estación de calidad del aire en la ciudad de Linares²

5.2. Descripción de instrumentos de medición utilizados en la estación

De acuerdo con los antecedentes entregados por el Ministerio del Medio Ambiente, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP2,5 en la estación Linares, cumple con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en la norma primaria de calidad del aire para MP2,5. En la Tabla 4, se describen los instrumentos y métodos de medición.

Tabla 4 Listado de estación de monitoreo, instrumento y método de medición

Estación	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Linares	MP2,5	Atenuación Beta	MetOne / BAM1020	EQPM-0308-170

² Ref. Google Earth



5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024, validados previamente por el Ministerio del Medio Ambiente, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en la norma primaria de calidad del aire para MP2,5. Además, se evaluó el comportamiento de los datos para el periodo en estudio a través de gráficas de series de tiempo para cada una de las estaciones.

La auditoría de los datos horarios de MP2,5, medidos con instrumentos de medición continua, se evaluó el número de días sin dato y datos inválidos. En la Tabla 5, se presenta el porcentaje de datos inválidos para los años 2022, 2023 y 2024.

Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios para MP2,5, para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	2022	2023	2024
	MP2,5 % Horario	MP2,5 % Horario	MP2,5 % Horario
Linares	2,7	32,4	68,3

El análisis de datos inválidos para los años 2022, 2023 y 2024, en la estación de Linares, determinó que la estación presentó para el año 2024 un 68,3% de días sin datos, en gran parte la ausencia de datos se debe a falla de energía en la estación. En relación con el año 2022, se presentó un porcentaje de datos inválidos de 2,7% y en el año 2023 se presentó un porcentaje de datos inválidos de 32,4%.

Por otra parte, se determinó estadísticamente la cantidad de datos horarios disponibles para el cálculo de los promedios horarios disponibles para MP2,5. Esta información permitió la construcción de los promedios diarios (24 horas), considerando como mínimo el 75% de datos horarios efectivamente medidos de acuerdo con lo descrito en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009 de MINSAL. En los casos de días con un porcentaje menor al 75% de datos horarios, éstos se invalidaron de acuerdo con lo descrito en el decreto mencionado, sin perjuicio de lo dispuesto en la norma primaria de MP2,5.

En la Tabla 6, se resumen los días con datos válidos disponibles y el porcentaje, por año y estación para el contaminante MP2,5; de la tabla se observa un porcentaje de datos válidos superior al 75% para el año 2022, respecto al año 2023 se observa un porcentaje de 66,8%, mientras que para el año 2024 el porcentaje fue de 31,1%, siendo ambos años inferior al 75%.



Tabla 6 Resumen de datos disponibles para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de Datos (%)
Linares	2022	353	96,7
	2023	244	66,8
	2024	114	31,1

Para efectos de la evaluación de la norma anual, en la Tabla 7, se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual de la estación Linares, observándose un cumplimiento superior al 75% en el año 2022 en todos los meses para el contaminante de MP2,5. Respecto al año 2023 la estación tuvo un porcentaje de datos válidos inferior al 75%, desde el mes de septiembre observándose que la estación tiene 8 meses de datos válidos el año 2023. En relación al año 2024, la estación tuvo un porcentaje de datos válidos inferior al 75%, desde el mes de enero a agosto, disponiendo de solo de 4 meses de datos válidos para dicho año.

Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 mensuales para estación Linares años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Linares	2022	100	96	97	97	94	93	100	97	100	87	100	100
	2023	100	100	100	100	100	97	100	81	13	13	0	0
	2024	0	0	0	0	0	0	0	0	87	87	100	100

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA

6.1. Evaluación de la norma para MP2,5

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.

En la Tabla 8, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP2,5, para los años 2022, 2023 y 2024, de la estación de vigilancia de calidad del aire de Linares.

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2011 del MMA, se considerará sobrepasada la norma para MP2,5 cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50 µg/m³, en cualquier estación monitora calificada como EMRP MP2,5.



Tabla 8 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Linares	93	186			-	-

De acuerdo con el análisis efectuado del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2022, 2023 y 2024, se determinó que el valor de la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas fue superada en todos los años analizados. El valor del percentil 98 determinado en la estación Linares, correspondió a una concentración de 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente a 186% del límite de la norma, mientras que para el año 2023 y el año 2024 no fue posible determinar el valor de percentil 98, debido a que no se dispone de un mínimo de 75% de datos diarios válidos por año calendario.

El Gráfico 1 muestra la distribución temporal a nivel anual del percentil 98 de la Norma 24 horas para MP2,5 en la estación Linares, comparado con el límite normativo.

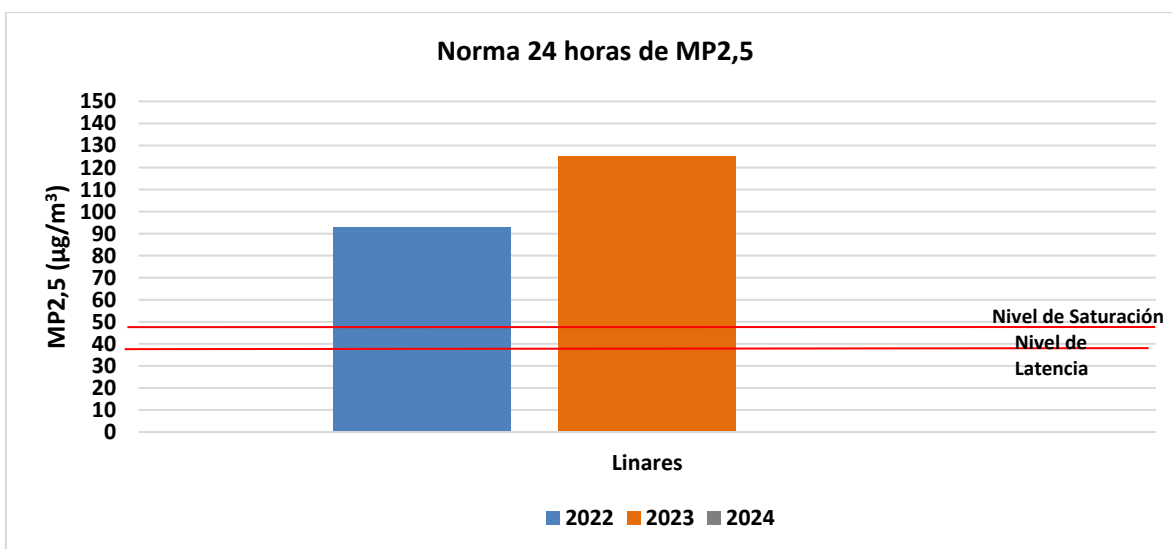


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

En la Tabla 9 se resume el número de días de excedencias a la norma de 24 horas en la estación Linares en los años 2022, 2023 y 2024, determinándose para el año 2022 un número de resultando 58 días con excedencia a la norma, mientras que para el año 2023 y el año 2024 no es posible determinar el número de días con excedencias a la norma, debido a presentar un porcentaje de datos validos inferior al 75%.



Tabla 9 Días superación norma 24 horas de MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Días superación Norma 24 horas 2022	Días superación Norma 24 horas 2023	Días superación Norma 24 horas 2024
Linares	58	49	-

El Gráfico 2 muestra el número de excedencias a la norma de 24 horas de MP2,5, desgregada a nivel mensual, para los años 2022, 2023 y 2024, donde se observa que los días en los que se excede la norma se distribuyen en su mayoría entre los meses de abril y septiembre, siendo el año 2022, el que presentó el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 58 días.

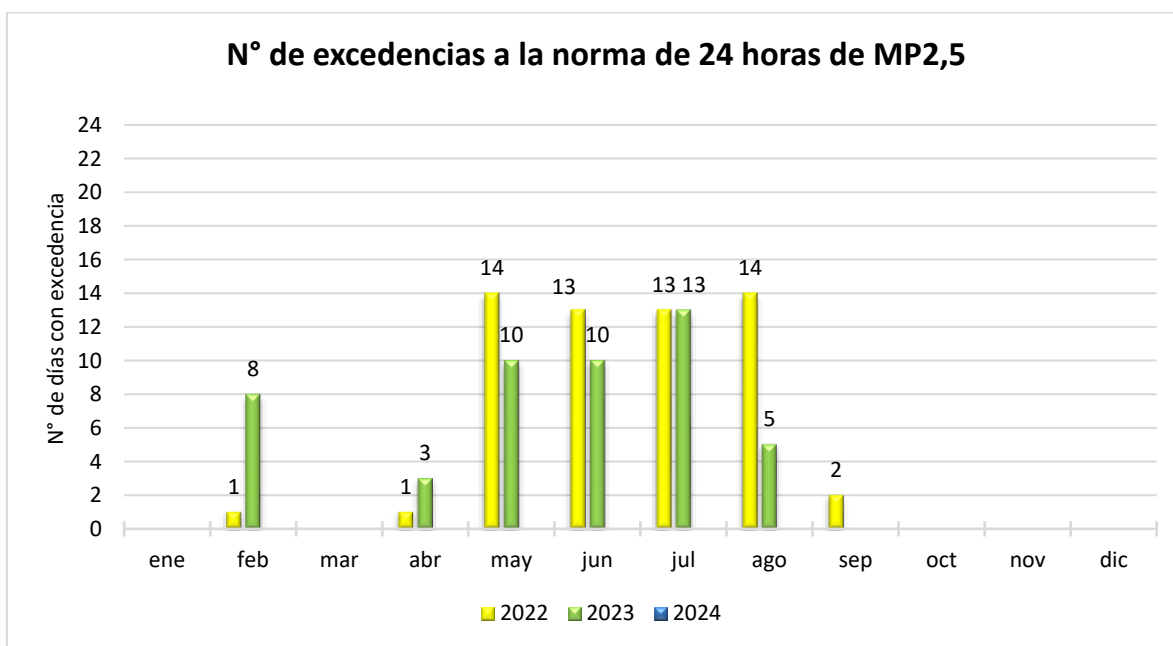


Gráfico 2 Excedencias a la norma 24 Horas MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma anual para MP2,5, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 10, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2022, 2023 y 2024, para la estación Linares.

De acuerdo con el límite establecido en el D.S. N°12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, la norma para MP2,5 se considerará sobrepasada cuando el promedio trianual de las concentraciones anuales sea mayor a 20 µg/m³, en cualquier estación monitorea calificada como EMRP MP2,5.



Por otra parte, se considerará como valor de concentración anual, aquel determinado a partir de promedios mensuales medidos durante a lo menos 11 meses del año calendario. En caso de que durante un año calendario se disponga de mediciones para más de 8 y menos de 11 meses, para completar el período mínimo señalado, se considerará como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores sólo para 8 o menos meses, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la estación de monitoreo correspondiente.

A continuación, en la tabla se presentan los valores como promedio anual para los años 2022, 2023 y 2024, y el promedio trianual.

Tabla 10 Evaluación de los promedios anuales de MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Linares	26	-	--	..

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, se requieren de tres años calendarios sucesivos para ser evaluada y comparada con límite normativo de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al respecto la norma anual para estación Linares, no pudo ser evaluada por no contar con 3 años calendario consecutivos de datos válidos, entre el año 2022 y el año 2024, determinándose durante el análisis de la información que el año 2023 presentó solo 8 meses de concentraciones mensuales; mientras que el año 2024 dispone solo de 4 meses de concentraciones mensuales, por lo tanto, con la información disponible no es posible evaluarla la norma anual en la estación Linares.



7. CONCLUSIONES

La revisión de la norma primaria de calidad del aire de MP2,5, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024, considerándose válidos los datos generados de las mediciones de MP2,5, de la estación de Linares, perteneciente al Ministerio del Medio Ambiente. Para verificar el cumplimiento de la norma de MP2,5, se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado (MP2,5) y el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la constatación por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente de la correcta validación de los datos para los años 2022, 2023 y 2024.

Norma primaria de calidad del aire para MP2,5

La evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 en la estación Linares, determinó que los valores correspondientes al percentil 98 de las concentraciones diarias para los años 2022, 2023 y 2024, superaron el límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma de MP2,5.

El valor del percentil 98, determinado para la estación Linares en el año 2022, correspondió a una concentración de 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente a 186% del límite de la norma, mientras que para el año 2023 y el año 2024 no fue posible determinar el valor de percentil 98, debido a que no se dispone de un mínimo de 75% de datos diarios válidos por año calendario.

Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para la estación, determinándose para el año 2022 un número de resultando 58 días con excedencia a la norma, mientras que para el año 2023 y el año 2024 no es posible determinar el número de días con excedencias a la norma, debido a presentar un porcentaje de datos validos inferior al 75%.

En relación con la evaluación de la norma anual para MP2,5, se requieren de tres años calendarios sucesivos para ser evaluada y comparada con límite normativo de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Al respecto la norma anual en estación Linares, no pudo ser evaluada por no contar con 3 años calendario consecutivos de datos válidos, entre el año 2022 y el año 2024; determinándose durante el análisis de la información que el año 2023 presentó solo 8 meses de concentraciones mensuales, mientras que el año 2024 presentó solo 4 meses de concentraciones mensuales. Por lo tanto, con la información disponible no es posible evaluarla la norma anual en la estación Linares.



8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP
2	Datos de calidad del aire para el año 2022, 2023 y 2024

