



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR
MP10, PLOMO Y SO₂**

**RED DE CALIDAD DEL AIRE
DE COPIAPÓ Y TIERRA AMARILLA**

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS

DFZ-2025-1903-III-NC

NOVIEMBRE 2025

| | Nombre | Firma |
|-----------|-------------------------|-------|
| Aprobado | Juan Pablo Rodríguez F. | |
| Revisado | Karin Salazar N. | |
| Elaborado | Isabel Leiva C. | |



TABLA DE CONTENIDOS

| <i>Tema</i> | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| 1. RESUMEN EJECUTIVO | 3 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 3. OBJETIVOS | 7 |
| 4. ALCANCE | 7 |
| 5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS | 8 |
| 5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN | 9 |
| 5.2. Descripción de equipos de medición utilizados en la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla | 11 |
| 5.3. Auditoría de datos | 12 |
| 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA | 16 |
| 6.1. Evaluación de la norma para MP10 | 16 |
| 6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10 | 16 |
| 6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10 | 18 |
| 6.2. Evaluación de la norma plomo (Pb) | 19 |
| 6.2.1. Evaluación de la norma anual para Plomo (Pb) | 19 |
| 6.3. Evaluación de la norma primaria SO ₂ | 21 |
| 6.3.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO ₂ | 21 |
| 6.3.2. Evaluación de la norma primaria de 24 horas SO ₂ | 23 |
| 6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO ₂ | 25 |
| 6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO ₂ | 27 |
| 6.4.1. Evaluación de la norma secundaria de 1 hora para SO ₂ | 27 |
| 6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas SO ₂ | 29 |
| 6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual de SO ₂ | 31 |
| 7. CONCLUSIONES | 34 |
| 8. ANEXOS | 37 |



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para: MP10, contenida en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio de Medio Ambiente; norma primaria para SO₂, contenida en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente; norma secundaria para SO₂, contenida en el D.S. N° 22/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y norma de plomo (Pb) contenida en D.S. 136/2001 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Lo anterior de acuerdo con lo establecido en el Artículo 16° del párrafo II, de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente: “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 las normas de calidad del aire corresponde a un examen de información para MP10, plomo (Pb) y SO₂, donde se consideró los datos auditados en los informes DFZ-2023-2677-III-NC y DFZ-2024-1777-III-NC, los cuales incluyen el análisis de las normas de calidad del aire para dichos contaminantes para los años 2022 y 2023, respectivamente. Para el año 2024 se realizó una auditoría y validación de los datos proporcionados por los titulares, correspondientes a las estaciones declaradas con representatividad poblacional para MP10 (EMRP), representatividad poblacional para gases (EMRPG) y representatividad para recursos naturales (EMRRN). Las 10 estaciones declaradas como EMRP, EMRPG y/o EMRRN, corresponden a: Copiapó, San Fernando, Paipote, Tierra Amarilla (ENAMI), Pabellón, Los Volcanes, Candelaria, Luis Uribe, Tierra Amarilla (Candelaria) y Sociedad Punta del Cobre (Ojanco).

El análisis de datos de MP10 y SO₂ se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y 31 de diciembre de 2024, periodo en el cual se utilizaron instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos horarios se consideraron los criterios establecidos en las normas primaria y secundaria de calidad del aire, y aquellos contenidos 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. Para el cálculo del promedio diario en equipos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado, que establece el cálculo diario sobre la base de 18 horas continuas de medición. En el caso del SO₂ se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual, las concentraciones mensuales y para el promedio de 24 horas los promedios horarios, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma. Para el contaminante primario Plomo se utilizó como criterio lo descrito en la norma, que establece que se debe contar con al menos un 70% de los filtros de MP10 programados para el mes.



Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de MP10 de 24 horas, mediante el análisis del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10 para los años 2022, 2023 y 2024, se determinó superación al límite establecido en $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para la norma de 24 horas y al 80% del límite de esta. Las concentraciones obtenidas en las estaciones para el año 2022 correspondieron a: Paipote con $156 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (120%) y Tierra Amarilla (Candelaria) con $147 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (113%), por otra parte, se observa superación al 80% del límite normativo en estación Tierra Amarilla (ENAMI) con una concentración de $119 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%). En relación con el año 2023, se determinaron mediante el cálculo del percentil 98 las siguientes concentraciones: Paipote con $191 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (147%) y Tierra Amarilla (ENAMI) con $132 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%), por otra parte, se observa superación al 80% del límite normativo en la estación Tierra Amarilla (Candelaria) con una concentración de $109 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (84%). Finalmente, para el año 2024, las concentraciones determinadas que superaron el límite normativo fueron las siguientes: Paipote con $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (100%) y Tierra Amarilla (Candelaria) con $136 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (105%), también, se observó superación al 80% de la norma en las estaciones de Copiapó con $107 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (82%), Tierra Amarilla (ENAMI) con $116 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (89%) y Luis Uribe con $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%).

Para la evaluación de la norma anual, se calculó el promedio tres años calendario de las concentraciones, considerando el valor límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. La evaluación de los datos para el periodo 2022 al 2024, determinó que la norma anual de MP10 fue superada en (5) de las ocho (8) estaciones evaluadas, siendo la estación Tierra Amarilla (Candelaria) la que registró la concentración más alta con $63 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (126%), en Tierra Amarilla (ENAMI) presentó una concentración de $58 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (116%), en estación Paipote y Luis Uribe con una concentración de $56 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (112%), y, por último, en estación San Fernando con una concentración de $51 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%). En relación con la estación Kozan, la concentración obtenida a través del promedio tres años superó el 80% del valor límite de la norma anual, con una concentración de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%). Y las concentraciones obtenidas para las estaciones de Copiapó y Soc. Punta del Cobre (Ojanco) no superaron el 80% del valor límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para Plomo (Pb)

En el análisis de la norma anual de plomo se verificó que, en las estaciones de Copiapó, Paipote, San Fernando y Tierra Amarilla (ENAMI), para el periodo 2023-2024, no superaron el límite normativo y los valores se encontraron muy por debajo del 80% del valor de la norma anual de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂, concluyó que la norma 1 hora, que tiene como límite 134 ppbv no fue superada en ninguna de las estaciones para el período entre el año 2022 al 2024, y tampoco se superó el 80% del valor límite de la norma. Hay que señalar que, la concentración



más alta registrada como promedio tres años calendario se presentó en Paipote con 26,22 ppbv, equivalente al 20% del valor límite de la norma de 1 hora.

La evaluación de la norma primaria de SO₂ de 24 horas concluyó que, el límite de 57 ppbv, no fue superado en las estaciones evaluadas para el período de 2022 al 2024. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en la estación Paipote con 13,08 ppbv, equivalente al 23% del valor límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual, se determinó que no fue superada en ninguna de las estaciones para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024, y los valores se encontraron por debajo del 80% y del valor límite de la norma anual de 23 ppbv. Cabe señalar que, la concentración más alta fue en estación Paipote con 2,95 ppbv, equivalente al 13% del valor límite de la norma anual.

Norma secundaria de calidad del aire para SO₂

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria 1 hora, que establece un límite de 382 ppbv, mediante el cálculo del promedio tres años calendario del percentil 99,73, para el periodo comprendido entre el año 2022 y 2024; se constató que solo la estación que cuenta con la calificación EMRRN es la estación Tierra Amarilla (ENAMI). El resultado obtenido para la estación Tierra Amarilla (ENAMI) determinó que la concentración promedio tres años fue de 37,09 ppbv (10%), valor por debajo del 80% del límite de 382 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración mediante el percentil 99,73 para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del límite de 764 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria horaria no fue superada en la estación en estudio.

La evaluación de la norma secundaria de 24 horas (140 ppbv), mediante el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos, determinó que en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue 12,57 ppbv (9%), valor por debajo del 80% del límite de 140 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración mediante el percentil 99,7 para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del valor límite de 280 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria 24 horas no fue superada en la estación en estudio.

Por último, para la norma anual secundaria (31 ppbv), determinó mediante el cálculo del promedio tres años, que en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue de 2,15 ppbv (7%), valor por debajo del 80% del límite de 31 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del límite de 62 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria anual no fue superada en la estación en estudio.



2. INTRODUCCIÓN

A través del D.S. N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería, se comenzó la vigilancia de contaminantes atmosféricos en el entorno de la Fundición Hernán Videla Lira, perteneciente a ENAMI. Mediante la vigilancia de calidad del aire se constataron altos niveles de contaminación por anhídrido sulfuroso debido al impacto de sus emisiones.

En septiembre del año 1993, mediante el D.S. N° 255 del Ministerio de Agricultura, se declara Zona Saturada por Anhídrido Sulfuroso (SO₂) a la zona circundante a la Fundición Hernán Videla Lira, zona comprendida por las localidades de Tierra Amarilla, Pabellón, San Fernando y Paipote.

Posteriormente en el año 1995, mediante el D.S. N° 180 se aprueba el Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira de ENAMI, de acuerdo con los procedimientos establecidos tanto en el Título VI del D.S. N° 185/1991, como en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. La finalidad del Plan fue cumplir con un programa de reducción de emisiones de azufre por parte de la Fundición Hernán Videla Lira, de manera que en un plazo de cinco años se cumpliera cabalmente con las normas de calidad del aire en la zona declarada saturada. Además, se obligaba a la empresa a reducir en un 40% como mínimo, las emisiones de azufre a la atmósfera durante los meses de invierno a partir del año 1995 y mientras no se cumpliera con la norma de calidad del aire por anhídrido sulfuroso. Por otro lado, se restringieron las emisiones de material particulado y de arsénico de la Fundición, y a partir del año 1995, en un plazo de cinco años ambos contaminantes debían reducirse en un 67%.

Cabe señalar que, el día 18 de octubre de 2021 se publicó en el diario oficial la declaración de zona saturada por material particulado respirable MP10 como concentración de 24 horas y anual, a la zona de Copiapó y Tierra Amarilla. Además, mediante Resolución Exenta N°33 se da inicio al procedimiento para la elaboración del PDA.

Adicionalmente, hay que señalar que mediante Resolución Exenta N° 4612 que “Aprueba medidas provisionales en conformidad con el artículo 43 bis de la Ley N° 19.300, para la zona saturada de la ciudad de Copiapó y Tierra Amarilla, de 7 de agosto 2025.

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 SMA realizó una auditoría y análisis de los datos para el año 2024, con el fin de obtener información válida que permita evaluar las normas de calidad del aire. Cabe señalar que los informes DFZ-2023-2677-III-NC y DFZ-2024-1777-III-NC y, emitidos por la Superintendencia del Medio Ambiente, contienen la auditoría y validación de los datos generados durante los años 2022 y 2023, respectivamente.



Los datos fueron solicitados por esta Superintendencia mediante la Resolución Exenta N° 410/2015 a ENAMI, Resolución Exenta N° 40/2019 a Sociedad Punta del Cobre, Resolución Exenta N° 41/2019 a Sociedad Contractual Minera Atacama Kozan y Resolución Exenta N° 42/2019 a Compañía Contractual Minera Candelaria. La información remitida por los titulares mencionados corresponde a los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios para SO₂, diario para material particulado (MP10) y el resultado del análisis químico de plomo correspondiente a cada filtro de MP10. El proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias y secundaria de calidad del aire para cada contaminante y la R.E. 1.449/2023 de la Superintendencia del Medio Ambiente.

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 general es evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP10, Plomo (Pb), SO₂ y norma secundaria para SO₂; en su nivel horario, 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 cuentan con representatividad poblacional para material particulado MP10 y gases (específicamente SO₂), y además, cuenten con representatividad para recursos naturales.

Para lo anterior se determinó la validez de las mediciones de MP10, plomo (Pb) y SO₂ realizadas por la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla para el año 2024, en base a una auditoría de los datos. Para los años 2022 y 2023 se utilizaron los datos validados por esta Superintendencia y publicados en los informes DFZ-2023-2677-III-NC y DFZ-2024-1777-III-NC y, respectivamente.

4. ALCANCE

Los datos validados en el presente informe corresponden a los registros de MP10, plomo (Pb) y SO₂ de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla, para el periodo comprendido entre el 1° de enero 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

Para la evaluación de datos de MP10, plomo (Pb) y SO₂, se utilizaron las estaciones indicadas en la Tabla 2.



El presente documento evaluó el estado de cumplimiento de las normas primaria y secundaria de calidad vigentes para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

A continuación, en la Tabla 1, se muestran los valores límites por contaminante y cuerpo normativo:

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

| Norma | Descripción | Contaminante | Límite Concentración Horaria | Límite Concentración 24 horas | Límite Concentración Anual |
|------------|--|-----------------|---|---|---|
| Primaria | D.S. N° 104/2018 del Ministerio de Medio Ambiente | SO ₂ | 134 ppbv (350 µg/m ³ N) | 57 ppbv (150 µg/m ³ N) | 23 ppbv (60 µg/m ³ N) |
| | D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente | MP10 | No aplica | 130 µg/m ³ N | 50 µg/m ³ N |
| | D.S. N° 136/2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. | Pb | No Aplica | No Aplica | 0,5 µg/m ³ N |
| Secundaria | D.S. N° 22/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. | SO ₂ | 382 ppbv (promedio del percentil 99,73 de 3 años) o 764 ppbv (percentil 99,73 durante un año) | 140 ppbv (promedio del percentil 99,7 de 3 años) o 280 ppbv (percentil 99,7 durante un año) | 31 ppbv (promedio tres años) o 62 ppbv (promedio anual) |

5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

Los datos para los años 2022, 2023 y 2024 fueron solicitados a los titulares de las estaciones ubicadas en Copiapó y Tierra Amarilla, mediante las Resoluciones Exenta N° 410/2015 a ENAMI, N° 40/2019 a Sociedad Punta del Cobre, N° 41/2019 a Sociedad Contractual Minera Atacama Kozan y N° 42/2019 a Compañía Contractual Minera Candelaria. La información de calidad del aire, remitida por los titulares de acuerdo con los requerimientos mencionados, contiene los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios para SO₂, diario para material particulado (MP10) y concentraciones de plomo correspondiente a cada filtro de MP10. Los datos se reportaron de acuerdo con el formato establecido por la SMA, el cual incluye los códigos de invalidación definidos en la R.E. N°1.449/2023 de la SMA.

Los datos evaluados de MP10, plomo (Pb) y dióxido de azufre (SO₂), corresponde a las mediciones realizadas en las estaciones declaradas con representatividad poblacional para material particulado, gases y recursos naturales, indicadas en el punto 5.1 de este documento.



5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla, y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado (MP10), representatividad poblacional para gases (SO₂) y/o representatividad para recursos naturales.

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP10, EMRPG y EMRRN.

| Estación | Resolución que otorga EMRP para MP10 | Resolución que otorga EMRPG para SO ₂ | Resolución que otorga EMRRN para SO ₂ |
|-------------------------------|---|---|---|
| Copiapó | Res. N° 545 del 23 de Abril 2003, de SEREMI de Salud de Atacama | Res. N° 1729, del 14 de Septiembre de 2004, de SEREMI de Salud de Atacama | No posee |
| Los Volcanes | No posee | Res. N° 1729, del 14 de Septiembre de 2004 de SEREMI de Salud de Atacama | No posee |
| San Fernando | Res. N° 545 del 23 de Abril 2003, de SEREMI de Salud de Atacama | Res. N° 1729, del 14 de Septiembre de 2004 de SEREMI de Salud de Atacama | No posee |
| Paipote | Res. N° 880 del 7 de Agosto 1992, de SEREMI de Salud de Atacama y Res. N° 104, del 7 de Agosto 1992 del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama. | Res. N° 1729, del 14 de Septiembre de 2004, de Servicio de Salud Atacama. | No posee |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | Res. N° 545, del 23 de Abril 2003, de SEREMI de Salud de Atacama | Res. N° 1729, del 14 de Septiembre de 2004, de SEREMI de Salud de Atacama | Res. Exenta N° 523, del 12 de mayo de 2011, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama. |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | Res. N° 546 del 23 de Abril 2003, de SEREMI de Salud de Atacama | No posee | No posee |
| Kozan | Res. N° 6417 del 8 de noviembre 2007, de SEREMI de Salud de Atacama | No posee | No posee |
| Luis Uribe | Res. N° 294 del 2 de febrero 2010, de SEREMI de Salud de Atacama | No posee | No posee |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | Res. N° 1916 del 1° de agosto 2008, de SEREMI de Salud de Atacama | No posee | No posee |

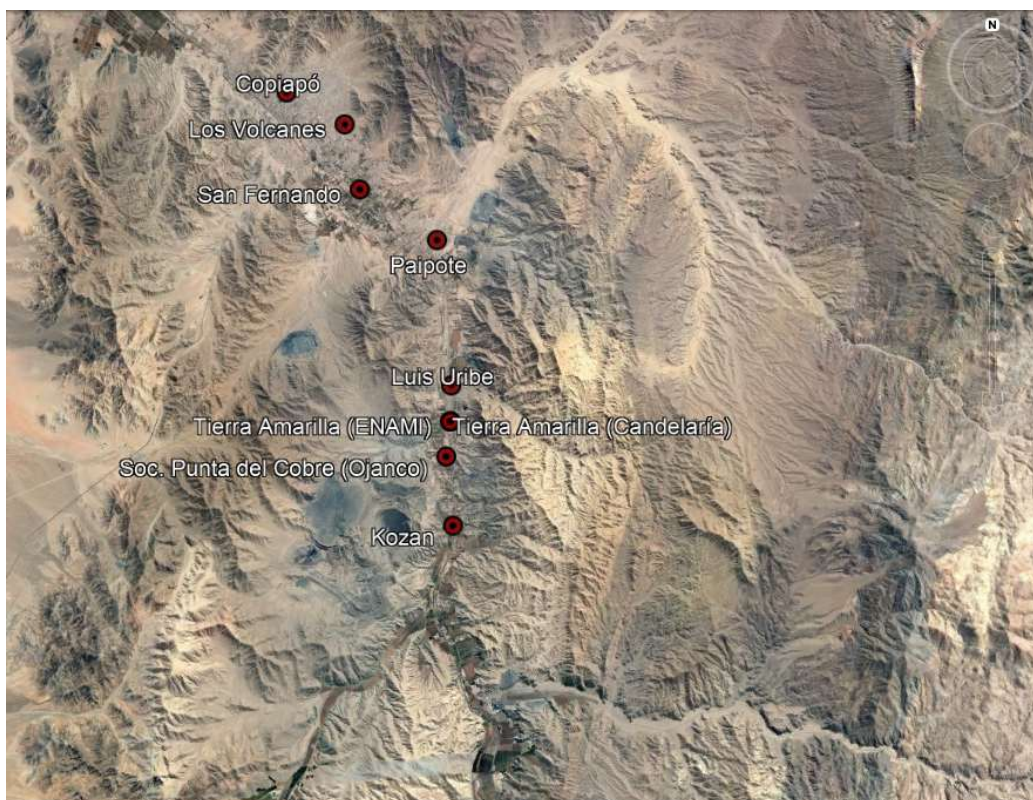
Por su parte, en la Tabla 3 se describe la ubicación de las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1.



Tabla 3 Georreferenciación de las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

| Estación | Coordenadas UTM (m)* | |
|-------------------------------|----------------------|-------------|
| Copiapó | 368.534 E | 6.972.643 N |
| Los Volcanes | 370.767 E | 6.971.457 N |
| San Fernando | 371.369 E | 6.968.993 N |
| Paipote | 374.340 E | 6.967.108 N |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 375.128 E | 6.960.567 N |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | 374.932 E | 6.960.235 N |
| Kozan | 375.070 E | 6.956.281 N |
| Luis Uribe | 374.942 E | 6.961.596 N |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | 374.782 E | 6.958.899 N |

* Ref. Google Earth.



Ref. Google Earth.

Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.



5.2. Descripción de equipos de medición utilizados en la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla

De acuerdo a los antecedentes entregados por los titulares para los años 2022, 2023 y 2024, los instrumentos de medición utilizados para medir MP10 y SO₂ en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de contar con aprobación USEPA, establecido en las normas primaria y secundaria de calidad del aire. En la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10 y SO₂, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2024.

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumento y método de medición.

| Estación | Parámetro | Método de Medición | Marca/Modelo | Método de Referencia o Equivalente EPA |
|-------------------------------|-----------------|--|--------------------------------------|--|
| Copiapó | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Graseby Andersen / GMW 1200 | RFPS-1287-063 |
| | SO ₂ | Fluorescencia ultravioleta | Thermo / 43i | EQSA -0486-060 |
| Los Volcanes | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Graseby Andersen / GMW 1200 | RFPS-1287-063 |
| | SO ₂ | Fluorescencia ultravioleta | Thermo / 43i | EQSA -0486-060 |
| San Fernando | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Graseby Andersen / GMW 1200 | RFPS-1287-063 |
| | SO ₂ | Fluorescencia ultravioleta | Thermo / 43i | EQSA -0486-060 |
| Paipote | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Graseby Andersen / GMW 1200 | RFPS-1287-063 |
| | SO ₂ | Fluorescencia ultravioleta | Thermo / 43i | EQSA -0486-060 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Graseby Andersen / GMW 1200 | RFPS-1287-063 |
| | SO ₂ | Fluorescencia ultravioleta | Thermo / 43i | EQSA -0486-060 |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Tisch/TE-6070 | RFPS-0202-141 |
| Kozan | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | W&A o Thermo Electron/ Model 600 HVL | RFPS-1087-062 |
| Luis Uribe | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Tisch/TE-6070 | RFPS-0202-141 |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | MP10 | Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen | Graseby Andersen / GMW 1200 | RFPS-1287-063 |



5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP10, plomo (Pb) y SO₂ para los años 2022, 2023 y 2024, validados previamente por los titulares, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en las normas primarias y secundarias de calidad del aire, para cada contaminante. 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 consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para el contaminante SO₂ de cada estación y su correspondiente registro de calibración de cero y span o multipunto. Para el caso de los datos diarios de MP10, medidos con equipos de tipo discreto, se evaluó el número de días sin dato o dato inválido. De este análisis se obtuvo el siguiente porcentaje de datos inválidos (Tabla 5):

Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios y diarios por contaminante para los años 2022, 2023 y 2024.

| Estación | 2022 | | 2023 | | 2024 | |
|-------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|
| | MP10 % Diario | SO ₂ % Horario | MP10 % Diario | SO ₂ % Horario | MP10 % Diario | SO ₂ % Horario |
| Copiapó | 1,7 | 2,2 | 4,9 | 3,7 | 2,5 | 1,5 |
| Los Volcanes | No Aplica | 1,0 | No Aplica | 1,8 | No Aplica | 2,4 |
| San Fernando | 1,7 | 0,8 | 13,1 | 12,3 | 20,5 | 18,0 |
| Paipote | 2,5 | 2,3 | 0,8 | 0,6 | 5,7 | 0,9 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 1,7 | 0,9 | 1,6 | 0,7 | 1,6 | 1,3 |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | 0,8 | No Aplica | 2,5 | No Aplica | 3,3 | No Aplica |
| Kozan | 0,8 | No Aplica | 0,8 | No Aplica | 0,8 | No Aplica |
| Luis Uribe | 7 | No Aplica | 3,3 | No Aplica | 5,7 | No Aplica |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | 7 | No Aplica | 1,6 | No Aplica | 3,3 | No Aplica |

De la Tabla 5, se puede observar que el porcentaje de datos inválidos para MP10 y SO₂ no superaron el 6%, a excepción de la estación San Fernando que presentó un porcentaje de 20,5% para MP10 y 18% para SO₂. En relación con la invalidación de datos en las estaciones que miden MP10, éstos correspondieron principalmente a: tiempo mínimo de muestreo, exceso de tiempo de muestreo, falla del instrumento y variaciones de energía. En las estaciones que miden SO₂ la invalidación de datos horarios se debió principalmente a: variaciones de energía, fallas en el instrumento de medición y mantenciones en terreno.

Para la evaluación de las normas de calidad, se determinó estadísticamente la cantidad de datos horarios disponibles para el cálculo de los promedios diarios de SO₂ y de días disponibles para MP10. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos horarios por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo con lo descrito en la R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 cada una de las normas primarias y secundarias de calidad del aire correspondiente a cada contaminante en evaluación. Para los datos obtenidos de equipos gravimétricos se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del equipo de alto volumen, MP10, respectivamente, con un mínimo de 18 horas continuas de medición.

En las Tabla 6 y Tabla 7, se resumen los días válidos por año y estación para cada contaminante. Se observa que para el período analizado existe un porcentaje de datos válidos superior al 75% para el contaminante de MP10 y SO₂.

El resumen de datos disponibles permite concluir que se dispone de la información suficiente para realizar un análisis estadístico, aplicando los criterios especificados en las normas primaria y secundaria de calidad del aire correspondientes a los distintos contaminantes evaluados.

Tabla 6 Resumen de datos disponibles de MP10 por estación para los años 2022, 2023 y 2024.

| Estación | Año | N° de Datos Disponibles (Días) MP10 | Porcentaje de datos (%) |
|-------------------------------|------|--|-------------------------|
| Copiapó | 2022 | 119 | 98,3 |
| | 2023 | 116 | 95,1 |
| | 2024 | 119 | 97,5 |
| Paipote | 2022 | 118 | 97,5 |
| | 2023 | 121 | 99,2 |
| | 2024 | 115 | 94,3 |
| San Fernando | 2022 | 119 | 98,3 |
| | 2023 | 106 | 86,9 |
| | 2024 | 97 | 79,5 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 2022 | 119 | 98,3 |
| | 2023 | 120 | 98,4 |
| | 2024 | 120 | 98,4 |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | 2022 | 121 | 99,2 |
| | 2023 | 119 | 97,5 |
| | 2024 | 118 | 96,7 |
| Kozan | 2022 | 123 | 99,2 |
| | 2023 | 121 | 99,2 |
| | 2024 | 121 | 99,2 |
| Luis Uribe | 2022 | 113 | 92,6 |
| | 2023 | 118 | 96,7 |
| | 2024 | 115 | 94,3 |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | 2022 | 113 | 92,6 |
| | 2023 | 122 | 100 |
| | 2024 | 118 | 96,7 |

Tabla 7 Resumen de datos disponibles de SO₂ por estación para los años 2022, 2023 y 2024.

| Estación | Año | N° de Datos Disponibles (Horarios) SO ₂ | Porcentaje de datos Nivel Horario (%) | N° de Datos Disponibles (Días) SO ₂ | Porcentaje de datos Nivel diario (%) |
|--------------|------|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Copiapó | 2022 | 8566 | 97,8 | 358 | 98,1 |
| | 2023 | 8438 | 96,3 | 353 | 96,7 |
| | 2024 | 8649 | 98,5 | 361 | 98,6 |
| Los Volcanes | 2022 | 8671 | 99,0 | 363 | 99,5 |
| | 2023 | 8603 | 98,2 | 356 | 97,5 |
| | 2024 | 8572 | 97,6 | 354 | 96,7 |



| Estación | Año | N° de Datos Disponibles (Horarios) SO ₂ | Porcentaje de datos Nivel Horario (%) | N° de Datos Disponibles (Días) SO ₂ | Porcentaje de datos Nivel diario (%) |
|-------------------------|------|--|---------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Paipote | 2022 | 8704 | 99,4 | 364 | 99,7 |
| | 2023 | 8704 | 99,4 | 365 | 100 |
| | 2024 | 8701 | 99,1 | 365 | 99,7 |
| San Fernando | 2022 | 8555 | 97,7 | 355 | 97,3 |
| | 2023 | 7683 | 87,7 | 319 | 87,4 |
| | 2024 | 7203 | 82,0 | 300 | 82,0 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 2022 | 8677 | 99,1 | 361 | 98,9 |
| | 2023 | 8695 | 99,3 | 365 | 100 |
| | 2024 | 8667 | 98,7 | 363 | 99,2 |

Para efectos de la evaluación anual de las normas para los contaminantes MP10 y SO₂, en la Tabla 8 y en la Tabla 9, se resumen los porcentajes de datos disponibles a nivel mensual de las estaciones de la Red de Copiapó y Tierra Amarilla. En el caso del contaminante MP10, Tabla 8, se observa un porcentaje de datos válidos superior al 75% para la mayoría de los meses del período analizado, a excepción de Copiapó con un 63,6% en enero de 2023 y San Fernando en marzo con 70% y junio con 0% del año 2023, por otra parte, en el año 2024 la estación San Fernando presentó tres meses con porcentajes de 0% en abril, 36,4% en mayo y 70% en julio.

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024.

| | | MESES (%) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|--|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|------|-----|------|
| | | Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla | | | | | | | | | | | |
| Estación | Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Copiapó | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 90 |
| | 2023 | 63,6 | 88,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 90 |
| Paipote | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 | 90 | 80 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 |
| San Fernando | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 |
| | 2023 | 100 | 100 | 70 | 90 | 90,9 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 90 | 0 | 36,4 | 90 | 70 | 100 | 90 | 90,9 | 100 | 90 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 |
| | 2023 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 90,9 | 100 | 90 | 100 | 100 |
| Kozan | 2022 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Luis Uribe | 2022 | 82 | 89 | 100 | 100 | 100 | 80 | 100 | 100 | 90 | 82 | 90 | 100 |
| | 2023 | 100 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90,9 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 90 | 90 | 100 | 90 | 100 | 100 | 80 | 100 | 100 | 81,8 |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | 2022 | 82 | 100 | 100 | 90 | 82 | 80 | 100 | 100 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 90 | 90 | 90 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Respecto del contaminante SO₂, se observa en la Tabla 9 un porcentaje de datos válidos superior al 75% para la mayoría de los meses del período analizado, a excepción de Copiapó en enero con un



64,5% y San Fernando en marzo con 67,7% y en junio con 6,7%, por otra parte, en el año 2024 la estación San Fernando presenta porcentaje de 0% en abril, 35,5% en mayo y 67,7% en julio.

Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de SO₂ mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024.

| MESES (%) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla | | | | | | | | | | | | | |
| Estación | Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Copiapó | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 94 | 97 | 100 | 100 | 87 |
| | 2023 | 64,5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96,8 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 100 | 93,5 | 100 | 100 | 93,5 | 100 | 96,8 | 100 | 100 |
| Los Volcanes | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 97 | 100 |
| | 2023 | 96,8 | 96,4 | 100 | 100 | 100 | 90 | 93,5 | 100 | 93,3 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 90,3 | 93,1 | 100 | 93,3 | 93,5 | 100 | 96,8 | 100 | 100 | 96,8 | 100 | 96,8 |
| Paipote | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96,7 | 100 |
| San Fernando | 2022 | 94 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 97 | 97 | 100 | 90 | 100 | 100 |
| | 2023 | 100 | 100 | 67,7 | 86,7 | 93,5 | 6,7 | 100 | 100 | 96,7 | 100 | 96,7 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 83,9 | 0 | 35,5 | 100 | 67,7 | 96,8 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 94 | 100 | 100 | 100 | 97 |
| | 2023 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 93,3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96,8 |

En el caso de las concentraciones de plomo (Pb), los datos válidos tienen directa relación con el número de filtros de MP10 analizados y deben cumplir, conforme lo establecido en la norma de plomo, con el 70% de los valores programados para el mes.

En la Tabla 10, se presenta el porcentaje mensual de filtros analizados químicamente para plomo, por año y estación. De la Tabla 10, se puede observar que para los años 2023 y 2024 se presentaron porcentajes de muestreo para análisis de Plomo superior al 70%, a excepción del mes de enero en estación Copiapó con 63,6% y 0% mes de junio en San Fernando, de igual manera, se dispone con la información suficiente para la evaluación de la norma de plomo. Por otra parte, en el año 2024 la estación San Fernando presentó dos meses con porcentajes de 0% en abril y 36,4% en mayo.

Tabla 10 Porcentaje de filtros analizados químicamente para Pb por estación para los años 2023 y 2024.

| MESES (%) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla | | | | | | | | | | | | | |
| Estación | Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Copiapó | 2023 | 63,6 | 88,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 |
| | 2024 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 90 |
| Paipote | 2023 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 | 90 | 80 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 |
| San Fernando | 2023 | 100 | 100 | 70 | 90 | 90,9 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 |
| | 2024 | 100 | 100 | 90 | 0 | 36,4 | 90 | 70 | 100 | 90 | 90,9 | 100 | 90 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 2023 | 90,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2024 | 100 | 90 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |



6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA

6.1. Evaluación de la norma para MP10

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10

El periodo de evaluación de la norma de 24 horas de MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 11, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2022, 2023 y 2024, de las estaciones de monitoreo de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

Cabe señalar que, de acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma de calidad del aire para material particulado respirable (MP10), se considerará sobrepasada en las siguientes condiciones:

- a) Cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- b) Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, sea mayor que siete.

Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022.

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10 para los años 2022, 2023 y 2024, se determinó superación al límite establecido en $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para la norma de 24 horas y al 80% del límite de la misma. Las concentraciones obtenidas en las estaciones para el año 2022 correspondieron a: Paipote con $156 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (120%) y Tierra Amarilla (Candelaria) con $147 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (113%), por otra parte, se observa superación al 80% del límite normativo en estación Tierra Amarilla (ENAMI) con una concentración de $119 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%). En relación con el año 2023, se determinaron mediante el cálculo del percentil 98 las siguientes concentraciones: Paipote con $191 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (147%) y Tierra Amarilla (ENAMI) con $132 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%), por otra parte, se observa superación al 80% del límite normativo en la estación Tierra Amarilla (Candelaria) con una concentración de $109 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (84%). Finalmente, para el año 2024, las concentraciones determinadas que superaron el límite normativo fueron las siguientes: Paipote con $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (100%) y Tierra Amarilla (Candelaria) con $136 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (105%), también, se observó superación al 80% de la norma en las estaciones de Copiapó con $107 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (82%), Tierra Amarilla (ENAMI) con $116 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (89%) y Luis Uribe con $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%).



Tabla 11 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 durante el período 2022 al 2024.

| Estación | Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | % de la Norma 24 horas 2022 (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Percentil 98 Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | % de la Norma 24 horas 2023 (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Percentil 98 Año 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | % de la Norma 24 horas 2024 (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) |
|-------------------------------|--|---|--|---|--|---|
| Copiapó | 100 | 77 | 101 | 78 | 107 | 82 |
| Paipote | 156 | 120 | 191 | 147 | 130 | 100 |
| San Fernando | 83 | 64 | 98 | 75 | 96 | 74 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 119 | 92 | 132 | 102 | 116 | 89 |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | 147 | 113 | 109 | 84 | 136 | 105 |
| Kozan | 91 | 70 | 80 | 62 | 93 | 72 |
| Luis Uribe | 95 | 73 | 103 | 79 | 120 | 92 |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | 100 | 77 | 39 | 30 | 23 | 18 |

A continuación, el Gráfico 1 muestra la concentración anual para los años 2022, 2023 y 2024, obtenida mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10.

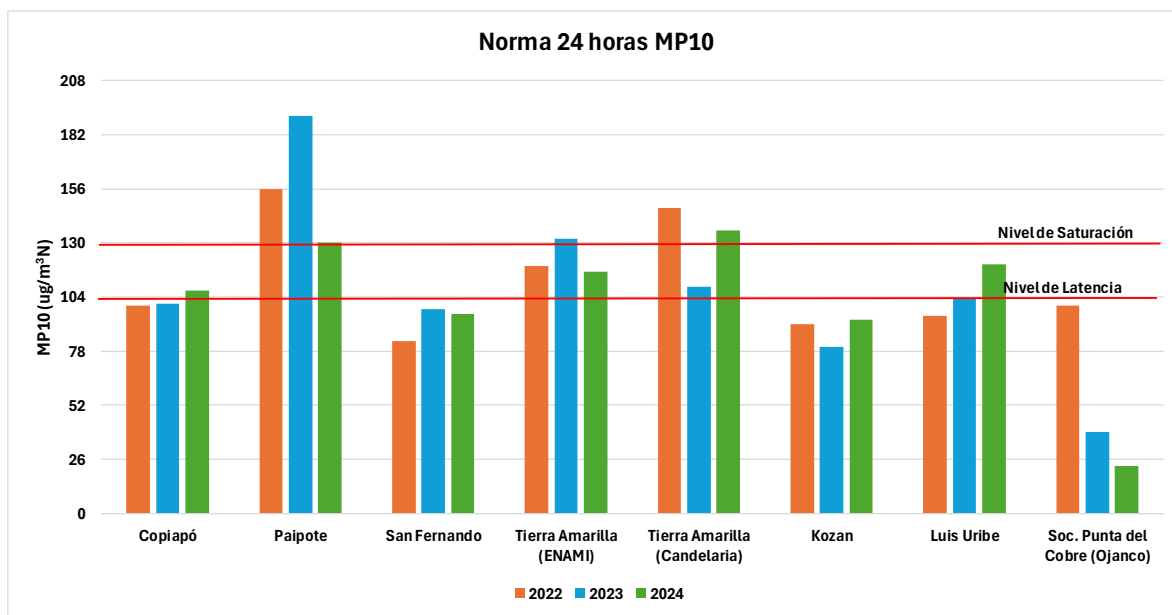


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10, para los años 2022, 2023 y 2024.



6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del MMA, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 12, 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 las estaciones de monitoreo de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

El promedio de tres años para el periodo entre el año 2022 al 2024, determinó que la norma anual de MP10 fue superada en cinco (5) de las ocho (8) estaciones evaluadas, siendo la estación Tierra Amarilla (Candelaria) la que registró la concentración más alta con 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (126%), en Tierra Amarilla (ENAMI) presentó una concentración de 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (116%), en estación Paipote y Luis Uribe con una concentración de 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (112%), y por último, en estación San Fernando con una concentración de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%). En relación con la estación Kozan, la concentración obtenida a través del promedio tres años superó el 80% del valor límite de la norma anual, con una concentración de 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%). Y las concentraciones obtenidas para las estaciones de Copiapó y Soc. Punta del Cobre (Ojanco) no superaron el 80% del valor límite de la norma anual.

Tabla 12 Evaluación de la norma anual para MP10 durante el período 2022 al 2024.

| Estación | Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio Tres Años 2022-2023-2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | % de la Norma Anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|
| Copiapó | 38 | 39 | 34 | 37 | 74 |
| Paipote | 59 | 60 | 50 | 56 | 112 |
| San Fernando | 50 | 53 | 51 | 51 | 102 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 62 | 57 | 54 | 58 | 116 |
| Tierra Amarilla (Candelaria) | 62 | 61 | 65 | 63 | 126 |
| Kozan | 45 | 47 | 47 | 46 | 92 |
| Luis Uribe | 55 | 59 | 53 | 56 | 112 |
| Soc. Punta del Cobre (Ojanco) | 45 | 23 | 14 | 27 | 54 |

Complementariamente, en el Gráfico 2, se pueden observar las concentraciones de la media de tres años calendario y la respectiva estación, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.



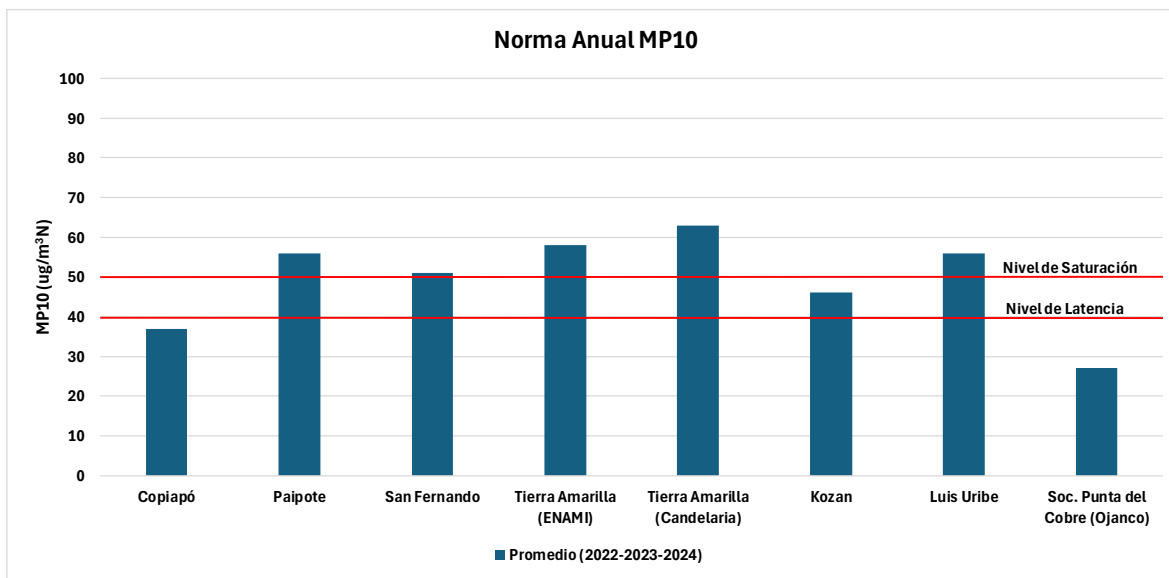


Gráfico 2 Norma anual para MP10, promedio tres años para el periodo 2022 al 2024.

6.2. Evaluación de la norma plomo (Pb)

6.2.1. Evaluación de la norma anual para Plomo (Pb)

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante plomo, D.S. N° 136/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, es 0,5 microgramos por metro cúbico normal ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como concentración anual.

Cabe señalar que se considerará sobrepasada la norma cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de dos años sucesivos supera el nivel de la norma en cualquier estación con representatividad poblacional. Asimismo, se considerará sobrepasada la norma si la concentración anual correspondiente al primer período anual contado desde la entrada en vigencia de la norma sea superior en más de un 100% al nivel de la norma, en cualquier estación con representatividad poblacional.

Para la evaluación de la norma de plomo se utilizaron los resultados de los análisis químicos efectuados a los filtros de material particulado MP10. El periodo de evaluación de la norma anual de plomo (Pb), corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2023 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 13 se presenta un resumen con las concentraciones anuales para plomo en las estaciones de monitoreo de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

El promedio dos años calendarios expresado en porcentaje muestra que la norma anual de plomo no fue superada en las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla, y los porcentajes obtenidos respecto de la norma se encontraron por debajo del 80% del límite normativo.



Tabla 13 Evaluación de la norma anual de Pb para el período 2023 al 2024.

| Estación | Concentración Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Concentración Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio 2023-2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | % de la Norma Anual ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) |
|----------------------------|---|---|---|--|
| Copiapó | 0,004 | 0,0003 | 0,0022 | 0,4 |
| Paipote | 0,004 | 0,0025 | 0,0033 | 0,7 |
| San Fernando | 0,001 | 0,0008 | 0,0009 | 0,2 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 0,001 | 0,0003 | 0,0007 | 0,1 |

En el Gráfico 3, se observan las concentraciones de plomo (Pb) obtenidas del análisis de los filtros de MP10, para el promedio bianual (2023-2024).

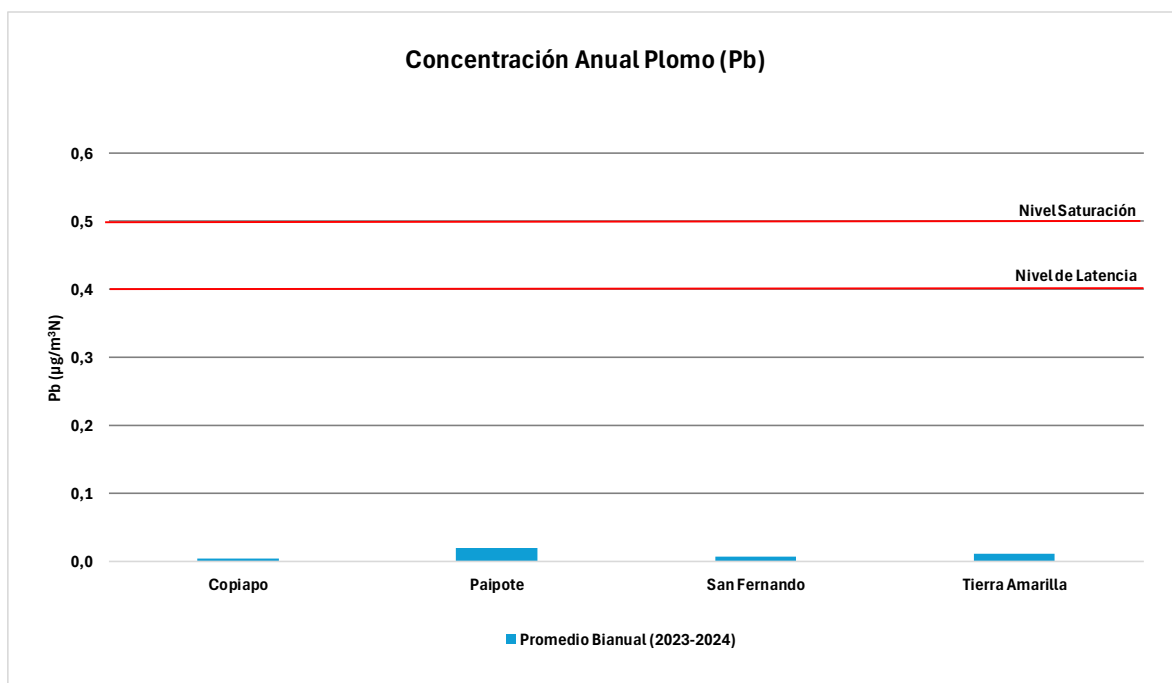


Gráfico 3 Norma Anual para Plomo.



6.3. Evaluación de la norma primaria SO₂

6.3.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria de 1 hora para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 14, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para SO₂, en las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, se establecen las siguientes condiciones:

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, fuere mayor o igual a 134 ppbv (350 µg/m³N). A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el diario oficial, se considerará un percentil 99 para evaluar esta condición.
- b. Se considerará superada la norma de 1 hora, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece. A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cabe destacar que el Artículo 5° de la norma establece que a partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el Diario Oficial (16 de mayo de 2019), se considera el percentil 99 para evaluar la condición a. y condición b. de la norma primaria horaria, por lo tanto se determinaron los valores para el año 2022 considerando el percentil 99 para obtener el promedio de tres años, de esta manera se obtuvo el promedio aritmético de estos tres años calendario sucesivos utilizando el mismo percentil.

De acuerdo con lo calculado, Tabla 14, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones para el período en estudio y tampoco se superó el 80% del valor límite de la norma. La concentración más alta como promedio tres años calendario se presentó en Paipote con 26,22 ppbv, equivalente al 20% del valor límite de la norma de 1 hora.



Tabla 14 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂ para el período 2022 al 2024.

| Estación | Percentil 99 Año 2022 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2022 (268 ppbv) | Percentil 99 Año 2023 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2023 (268 ppbv) | Percentil 99 Año 2024 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2024 (268 ppbv) | Percentil 99 Promedio Tres Años 2022-2023-2024 (ppbv) | % de la Norma 1 hora (134 ppbv) |
|-------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|---|---|--|
| Copiapó | 23,68 | 9 | 8,07 | 3 | 3,08 | 1,1 | 11,61 | 9 |
| Los Volcanes | 30,66 | 11 | 10,92 | 4 | 4,12 | 1,5 | 15,23 | 11 |
| Paipote | 41,92 | 16 | 34,37 | 13 | 2,37 | 0,9 | 26,22 | 20 |
| San Fernando | 19,10 | 7 | 10,87 | 4 | 2,35 | 0,9 | 10,77 | 8 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 38,75 | 14 | 14,47 | 5 | 6,02 | 2,2 | 19,75 | 15 |

El Gráfico 4 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio tres años calendario. Mientras que, el Gráfico 5 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años de periodo analizado.

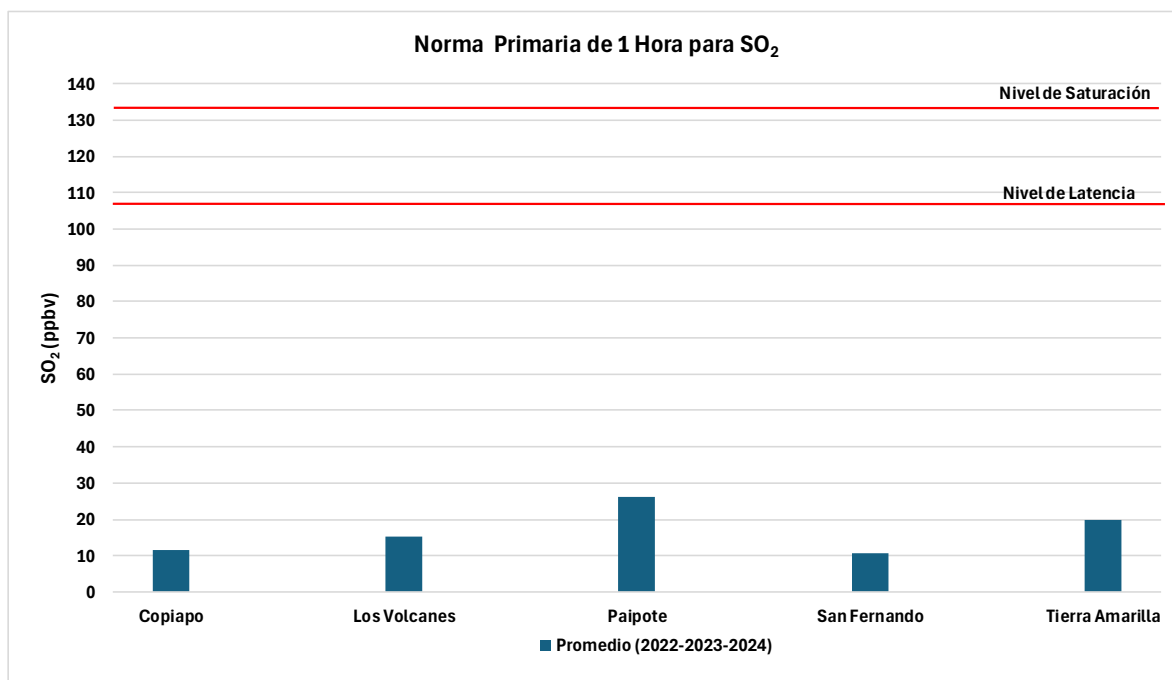


Gráfico 4 Norma primaria de 1 hora para SO₂, promedio tres años para el periodo 2022 al 2024 (condición a).



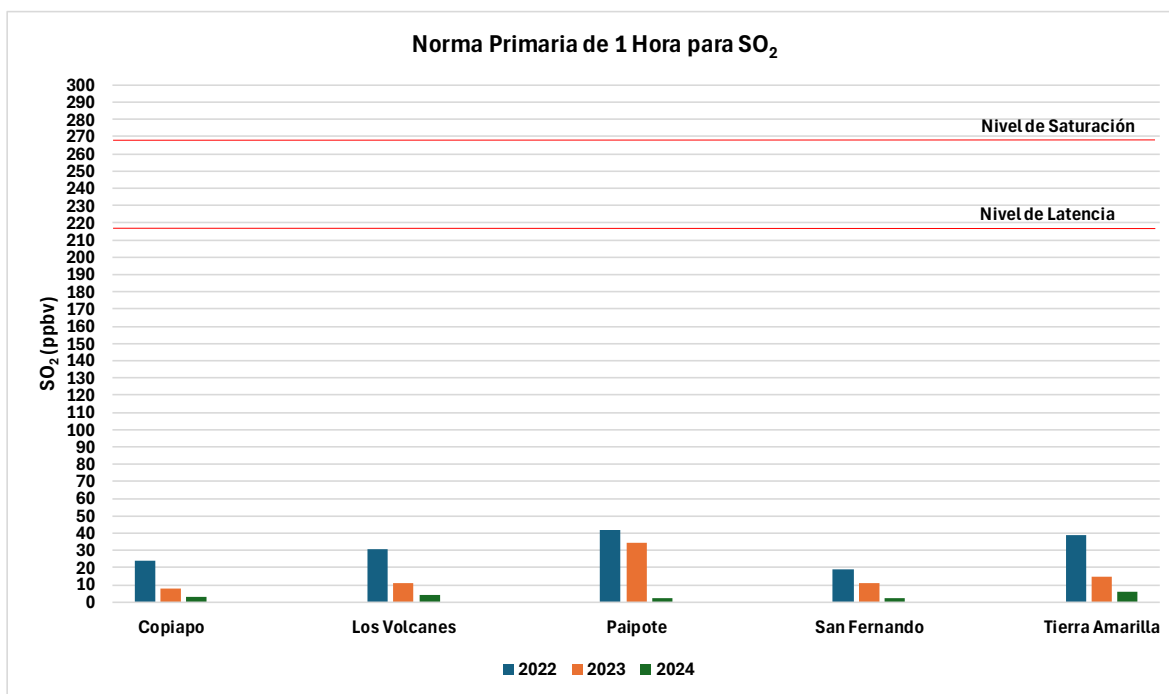


Gráfico 5 Norma primaria de 1 hora para SO₂, por año para el periodo 2022 al 2024 (condición b).

6.3.2. Evaluación de la norma primaria de 24 horas SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria de 24 horas para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 15, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO₂, en las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, se establecen las siguientes condiciones:

- Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos, de los valores del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual a 57 ppbv (150 µg/m³N).
- Se considerará superada la norma 24 horas también, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

De acuerdo a lo calculado, Tabla 15, se determinó que la norma 24 horas no fue superada en ninguna de las estaciones para el período en estudio y tampoco se superó el 80% del valor del límite de la norma. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en la estación Paipote con 13,08 ppbv, equivalente al 23% del valor límite de la norma de 24 horas.



Tabla 15 Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO₂ para el período 2022 al 2024.

| Estación | Percentil 99 Año 2022 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2022 (114 ppbv) | Percentil 99 Año 2023 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2023 (114 ppbv) | Percentil 99 Año 2024 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2024 (114 ppbv) | Percentil 99 Promedio Tres Años 2022-2023-2024 (ppbv) | % de la Norma 24 horas (57 ppbv) |
|-------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|---|---|---|
| Copiapó | 12,84 | 11 | 4,80 | 4 | 2,88 | 2,5 | 6,84 | 12 |
| Los Volcanes | 12,58 | 11 | 4,79 | 4 | 2,96 | 2,6 | 6,78 | 11,9 |
| Paipote | 21,79 | 19 | 13,22 | 12 | 4,22 | 3,7 | 13,08 | 23 |
| San Fernando | 8,65 | 8 | 6,21 | 5,5 | 9,88 | 8,7 | 8,25 | 14 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 14,07 | 12 | 5,14 | 4,5 | 3,37 | 3,0 | 7,53 | 13 |

El Gráfico 6 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio tres años calendario. Mientras que, el Gráfico 7 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años del periodo analizado.

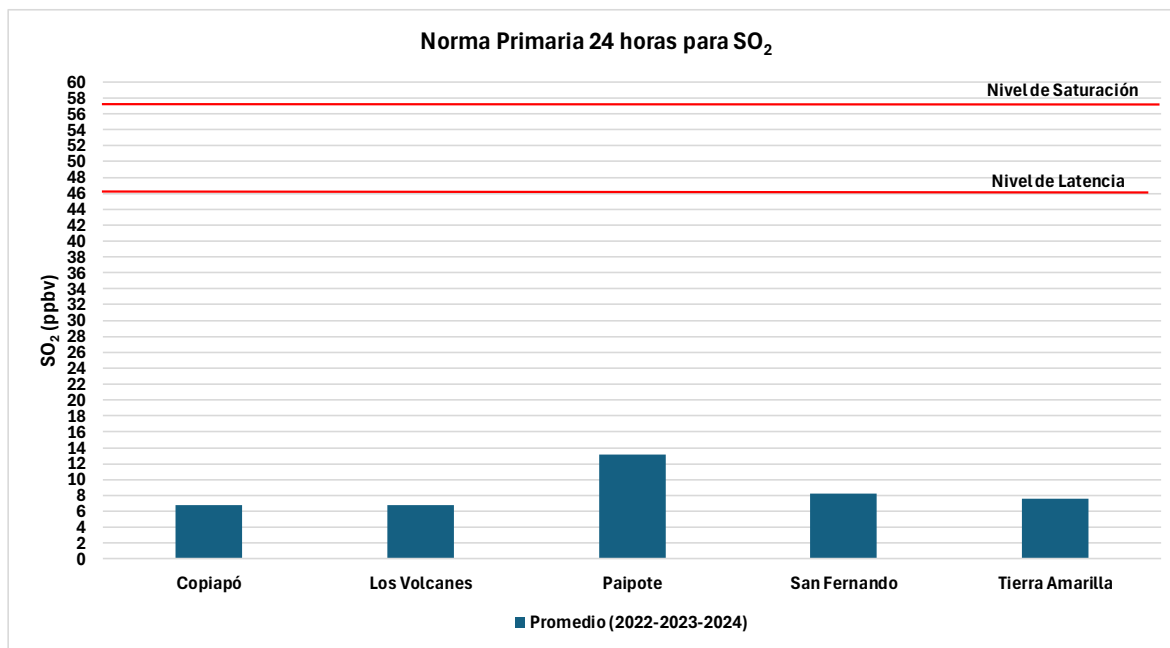


Gráfico 6 Norma primaria 24 horas para SO₂, promedio tres años para el periodo 2022 al 2024 (condición a).



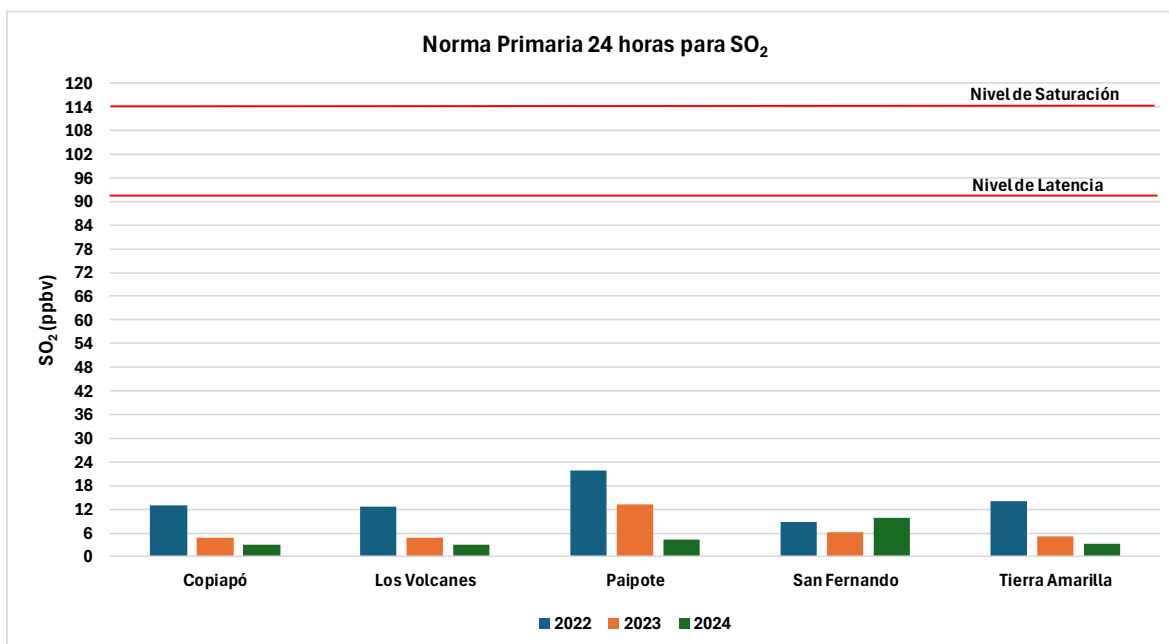


Gráfico 7 Norma primaria 24 horas para SO₂, por año para el periodo 2022 al 2024 (condición b).

6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria anual para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 16, se presenta un resumen con los promedios anuales de SO₂ en las estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, se establecen las siguientes condiciones:

- Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual a 23 ppbv (60 µg/m³N).
- Si en un año calendario, el valor de la concentración anual, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la norma primaria anual, presentados en la Tabla 16, se determinó que las concentraciones obtenidas correspondientes al promedio tres años calendario no superan el límite normativo y tampoco el 80% de la norma primaria anual, por lo tanto, en ninguna de ellas se superó el límite establecido en la norma primaria anual. Cabe señalar que, la concentración más alta fue en estación Paipote con 2,95 ppbv, equivalente al 13% del valor límite de la norma anual.



Tabla 16 Evaluación de la norma primaria anual de SO₂ para el período 2022 al 2024.

| Estación | Concentración Anual 2022 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2022 (46 ppbv) | Concentración Anual 2023 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2023 (46 ppbv) | Concentración Anual 2024 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2024 (46 ppbv) | Promedio Tres Años 2022-2023-2024 (ppbv) | % de la Norma Anual (23 ppbv) |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| Copiapó | 3,02 | 7 | 2,08 | 4,5 | 1,49 | 3,2 | 2,20 | 9,5 |
| Los Volcanes | 2,51 | 5 | 1,62 | 3,5 | 1,12 | 2,4 | 1,75 | 7,6 |
| Paipote | 3,91 | 8 | 3,52 | 7,7 | 1,43 | 3,1 | 2,95 | 13 |
| San Fernando | 2,24 | 5 | 2,38 | 5,2 | 1,77 | 3,8 | 2,13 | 9,3 |
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 3,73 | 8 | 1,73 | 3,8 | 0,99 | 2,2 | 2,15 | 9,4 |

El Gráfico 8, muestra el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios, y el Gráfico 9 presenta las concentraciones anuales para cada uno de los años de periodo analizado.

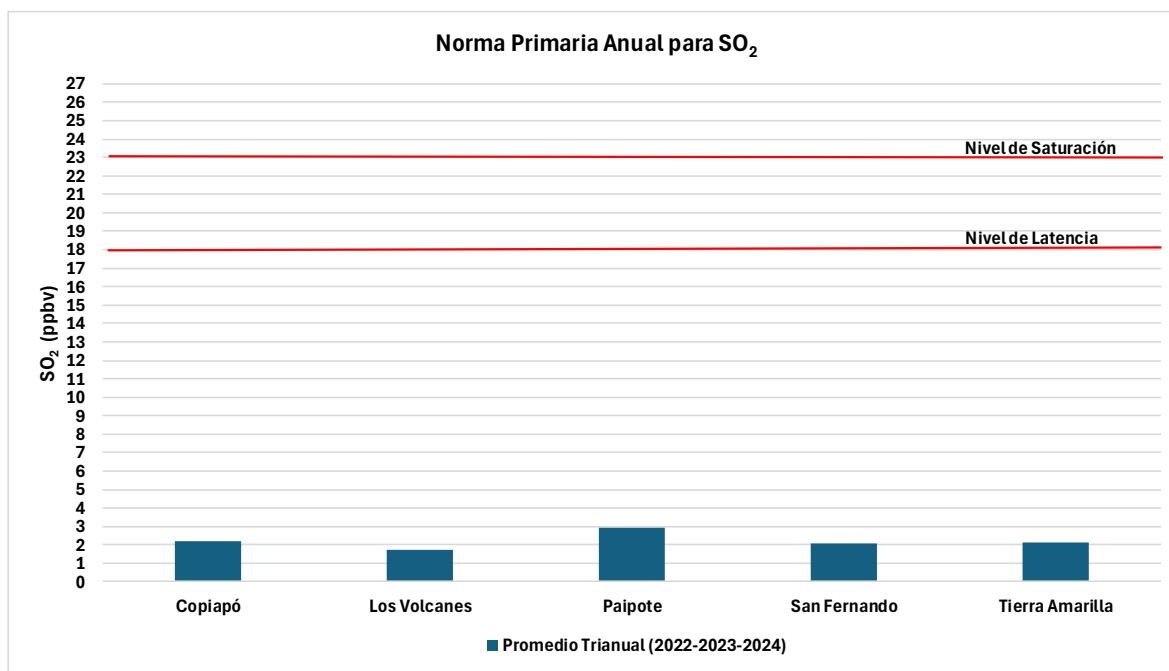


Gráfico 8 Norma primaria anual para SO₂, promedio tres años para el periodo 2022 al 2024 (condición a).



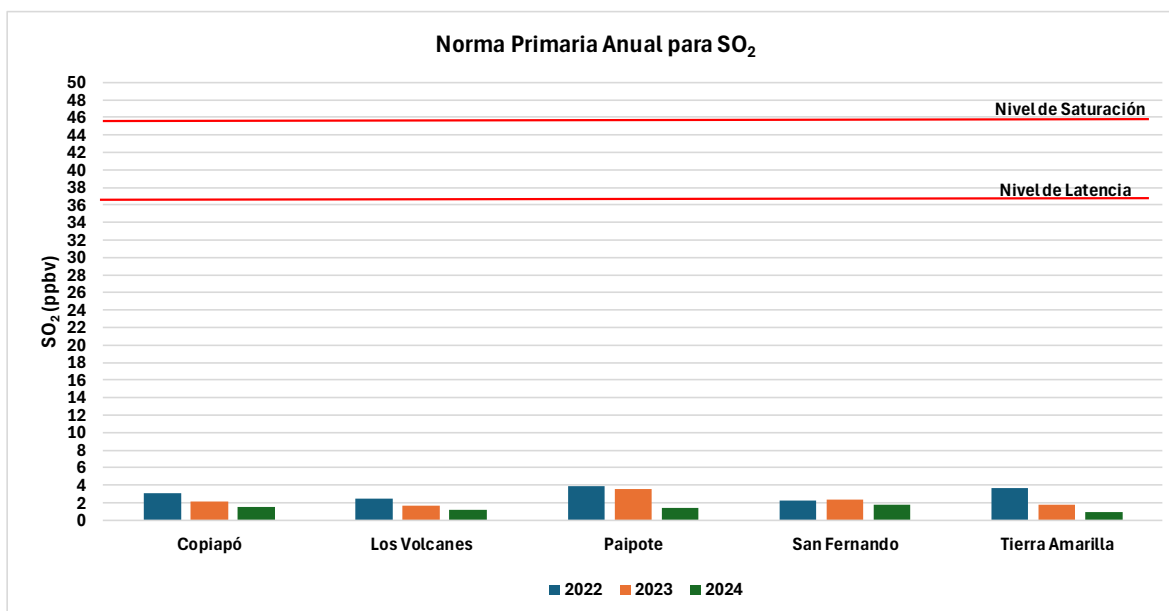


Gráfico 9 Norma primaria anual para SO₂, promedio anual por año para periodo 2022 al 2024 (condición b).

6.4. Evaluación de la norma secundaria para SO₂

6.4.1. Evaluación de la norma secundaria de 1 hora para SO₂

El periodo de evaluación de la norma secundaria 1 hora para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 17, se presenta un resumen con el cálculo del percentil 99,73 de la norma secundaria 1 hora para SO₂ en las estaciones de Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 382 ppbv. Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora, si en un año calendario el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 764 ppbv.

En la Tabla 17, se muestran los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 como promedio tres años calendario (2022 al 2024) y el porcentaje respecto de la norma secundaria horaria, constatándose que en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue de 37,09 ppbv (10%), valor por debajo del 80% del límite de la norma de 382 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración mediante el percentil 99,73 para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo



del 80% del límite de 764 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria horaria no fue superada en la estación en estudio.

Tabla 17 Evaluación de la norma secundaria 1 hora de SO₂ para el período 2022 al 2024.

| Estación | Percentil 99,73 Año 2022 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2022 (764 ppbv) | Percentil 99,73 Año 2023 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2023 (764 ppbv) | Percentil 99,73 Año 2024 (ppbv) | % de la Norma Horaria 2024 (764 ppbv) | Percentil 99,73 2022-2023-2024 (ppbv) | % de la Norma Horaria Promedio Tres Años (382 ppbv) |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 72,44 | 9 | 25,09 | 3 | 13,73 | 1,8 | 37,09 | 10 |

El Gráfico 10 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 del periodo como promedio tres años calendario para la estación Tierra Amarilla (ENAMI). Mientras que, el Gráfico 11 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,73 de las concentraciones horarias para cada uno de los años del periodo analizado, para la estación de Tierra Amarilla (ENAMI).

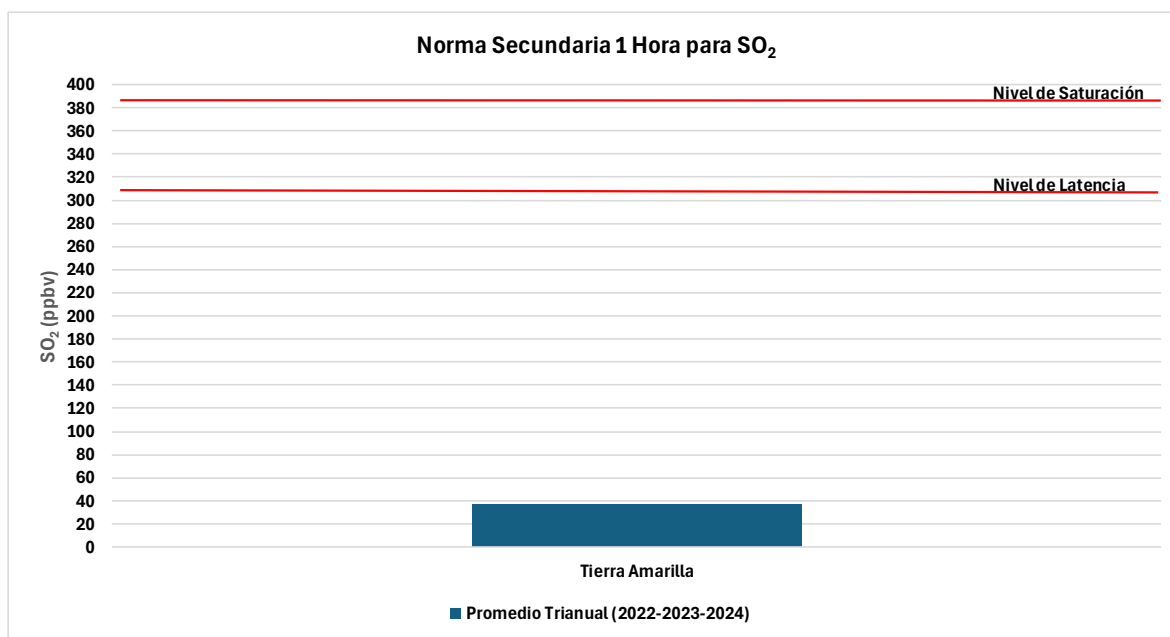


Gráfico 10 Norma secundaria 1 hora para SO₂, promedio tres años para el periodo del 2022 al 2024.



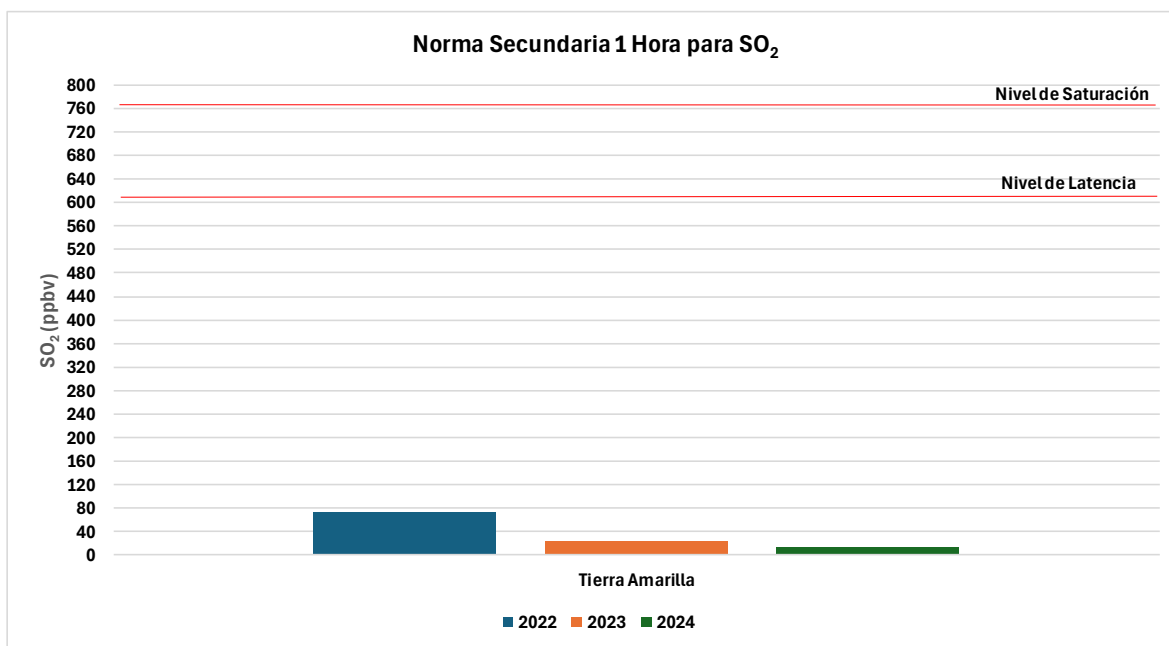


Gráfico 11 Norma secundaria 1 hora para SO₂, período 2022 al 2024.

6.4.2. Evaluación de la norma secundaria 24 horas SO₂

El periodo de evaluación de la norma secundaria de 24 horas para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. En la Tabla 18, se presenta un resumen con el cálculo del percentil 99,7 de la norma secundaria de 24 horas para SO₂ en las estaciones de Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla.

Se debe señalar que se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 140 ppbv. Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, si en un año calendario el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 280 ppbv.

En la Tabla 18, se muestran los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 como promedio tres años calendario y el porcentaje respecto de la norma secundaria 24 horas, constatándose que en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue de 12,57 ppbv (9%), valor por debajo del 80% del límite de 140 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración mediante el percentil 99,7 para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del límite de 280 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria 24 horas no fue superada en la estación en estudio.



Tabla 18 Evaluación de la norma secundaria 24 horas de SO₂ para el período 2022 al 2024.

| Estación | Percentil 99,7 Año 2022 (ppbv) | % de la Norma 24 horas 2022 (280 ppbv) | Percentil 99,7 Año 2023 (ppbv) | % de la Norma 24 horas 2023 (280 ppbv) | Percentil 99,7 Año 2024 (ppbv) | % de la Norma 24 horas 2024 (280 ppbv) | Promedio Percentil 99,7 24 horas 2022-2023-2024 (ppbv) | % de la Norma 24 horas (140 ppbv) |
|-------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 23,99 | 9 | 8,98 | 3 | 4,75 | 1,7 | 12,57 | 9,0 |

El Gráfico 12 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99,7 del periodo como promedio tres años calendario. Mientras que, el Gráfico 13 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años de periodo analizado.

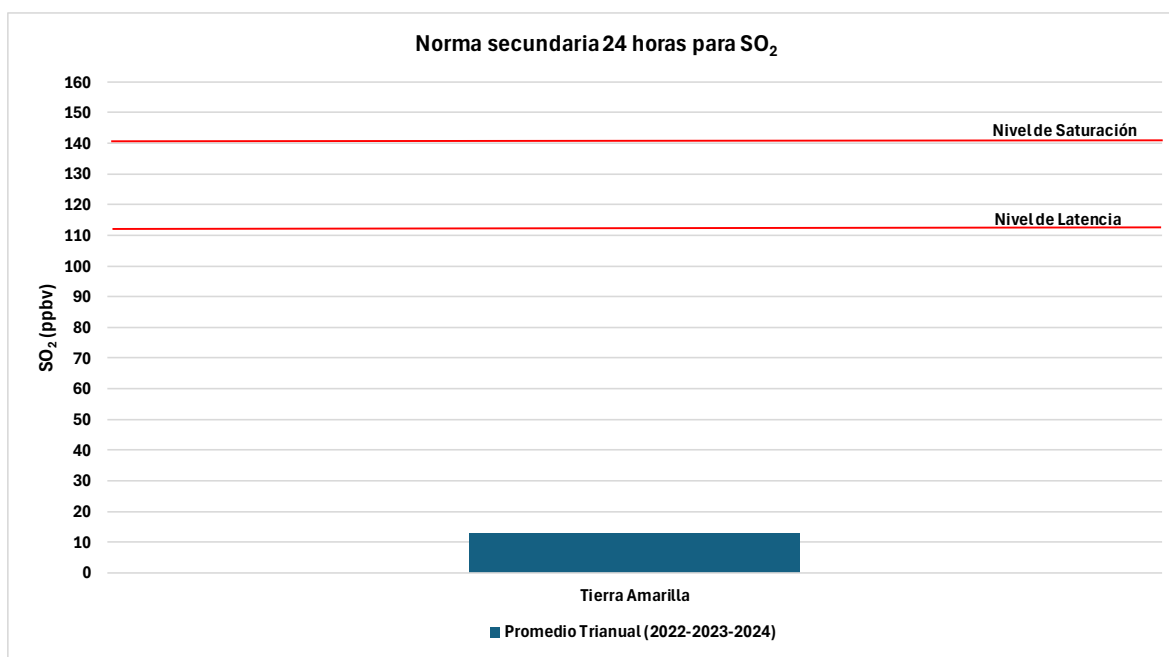


Gráfico 12 Norma secundaria 24 horas para SO₂, promedio tres años para el período del 2022 al 2024.



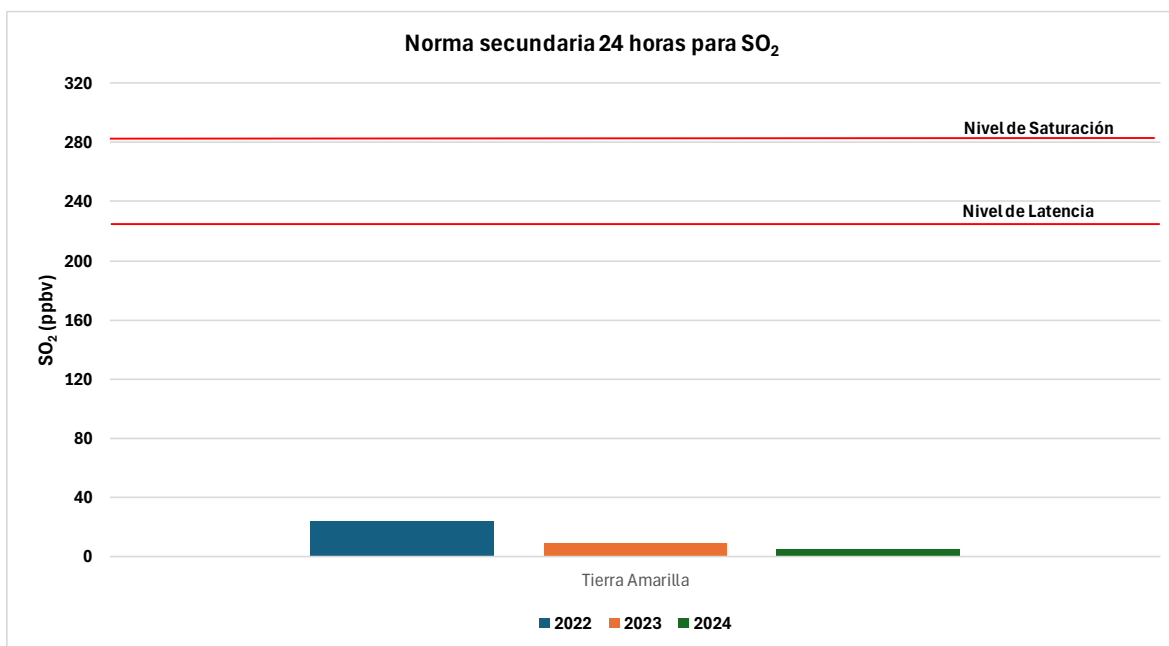


Gráfico 13 Norma secundaria 24 horas para SO₂, período 2022 al 2024.

6.4.3. Evaluación de la norma secundaria anual de SO₂

Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO₂ como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual a 31 ppbv. Se considera también sobrepasada la norma secundaria de calidad del aire como concentración anual, si en un año calendario, el valor de concentración en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 62 ppbv.

En la Tabla 19, se muestran los valores obtenidos del análisis de las concentraciones anuales del periodo como promedio tres años calendarios y el porcentaje respecto de la norma secundaria anual, constatándose que la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue de 2,15 ppbv (7%), valor por debajo del 80% del límite de 31 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del límite de 62 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria anual no fue superada en la estación en estudio.



Tabla 19 Evaluación de la norma secundaria anual de SO₂ para el período 2022 al 2024.

| Estación | Concentración Anual 2022 (ppbv) | % de la Norma Anual 2022 (62 ppbv) | Concentración Anual 2023 (ppbv) | % de la Norma Anual 2023 (62 ppbv) | Concentración Anual 2024 (ppbv) | % de la Norma Anual 2024 (62 ppbv) | Promedio Tres Años 2022-2023-2024 (ppbv) | % de la Norma Anual (31 ppbv) |
|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------|
| Tierra Amarilla (ENAMI) | 3,73 | 6 | 1,73 | 2,8 | 0,99 | 1,6 | 2,15 | 7 |

El Gráfico 14 muestra las concentraciones anuales del periodo como promedio tres años calendario. Mientras que, el Gráfico 15 presenta las concentraciones anuales para cada uno de los años de periodo analizado.

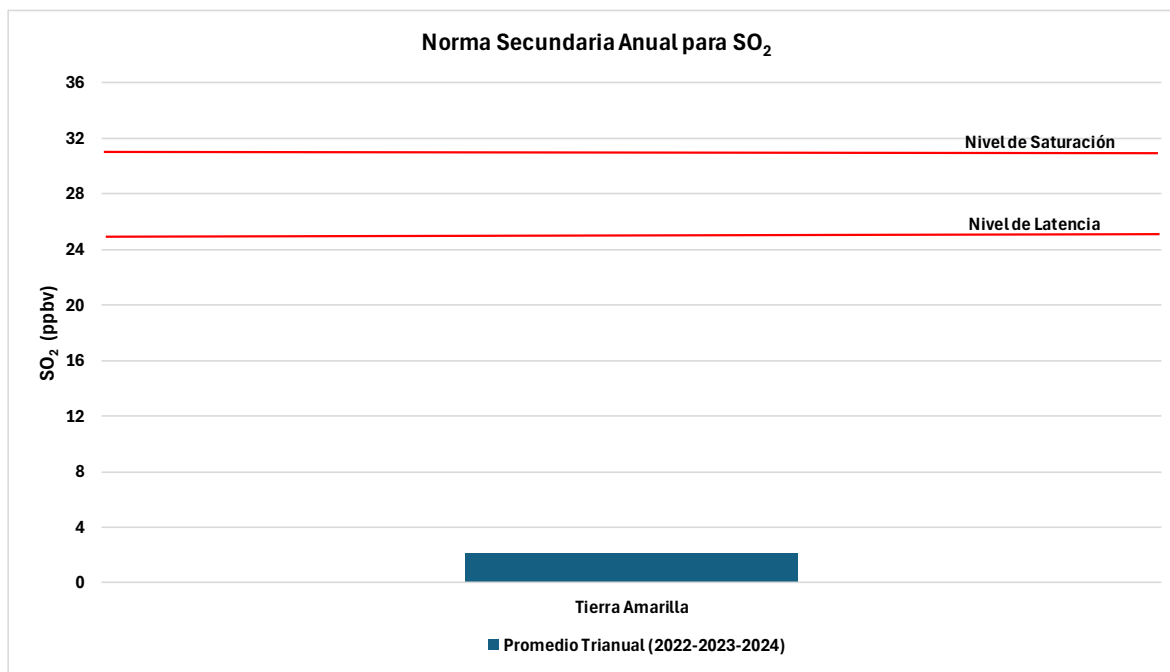


Gráfico 14 Norma secundaria anual para SO₂, promedio tres años entre el 2022 y 2024.



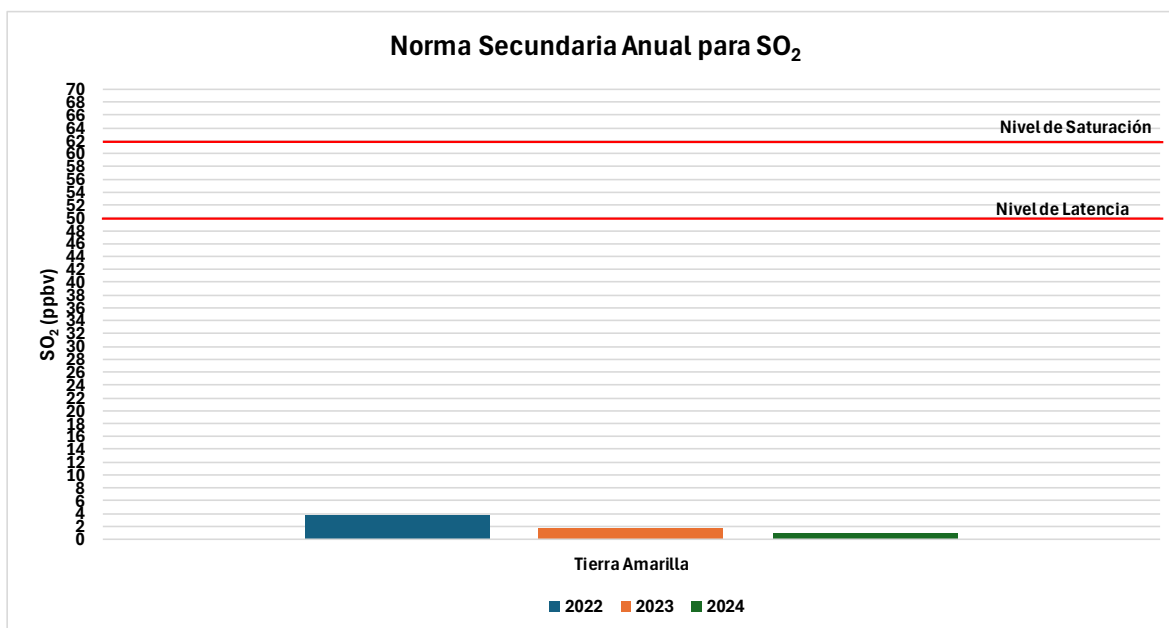


Gráfico 15 Norma secundaria anual para SO₂, período 2022 al 2024.



7. CONCLUSIONES

La revisión de las normas de calidad del aire primaria y secundaria, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10, plomo (Pb) y SO₂, según corresponda, de las 10 estaciones de la Red de calidad del aire de Copiapó y Tierra Amarilla; Copiapó, San Fernando, Paipote, Tierra Amarilla (ENAMI), Los Volcanes, Candelaria, Luis Uribe, Tierra Amarilla (Candelaria) y Sociedad Punta del Cobre (Ojanco). Para verificar el cumplimiento de las normas se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado (MP10), la representatividad poblacional para gases (SO₂) y representatividad para recursos naturales en el caso de la norma secundaria (SO₂), el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la constatación por parte de la SMA de la correcta validación de los datos por parte del titular para el año 2024.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de MP10 de 24 horas, mediante el análisis del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10 para los años 2022, 2023 y 2024, se determinó superación al límite establecido en 130 µg/m³N para la norma de 24 horas y al 80% del límite de esta. Las concentraciones obtenidas en las estaciones para el año 2022 correspondieron a: Paipote con 156 µg/m³N (120%) y Tierra Amarilla (Candelaria) con 147 µg/m³N (113%), por otra parte, se observa superación al 80% del límite normativo en estación Tierra Amarilla (ENAMI) con una concentración de 119 µg/m³N (92%). En relación con el año 2023, se determinaron mediante el cálculo del percentil 98 las siguientes concentraciones: Paipote con 191 µg/m³N (147%) y Tierra Amarilla (ENAMI) con 132 µg/m³N (102%), por otra parte, se observa superación al 80% del límite normativo en la estación Tierra Amarilla (Candelaria) con una concentración de 109 µg/m³N (84%). Finalmente, para el año 2024, las concentraciones determinadas que superaron el límite normativo fueron las siguientes: Paipote con 130 µg/m³N (100%) y Tierra Amarilla (Candelaria) con 136 µg/m³N (105%), también, se observó superación al 80% de la norma en las estaciones de Copiapó con 107 µg/m³N (82%), Tierra Amarilla (ENAMI) con 116 µg/m³N (89%) y Luis Uribe con 120 µg/m³N (92%).

Para la evaluación de la norma anual, se calculó el promedio tres años calendario de las concentraciones, considerando el valor límite de 50 µg/m³N. La evaluación de los datos para el periodo 2022 al 2024, determinó que la norma anual de MP10 fue superada en (5) de las ocho (8) estaciones evaluadas, siendo la estación Tierra Amarilla (Candelaria) la que registró la concentración más alta con 63 µg/m³N (126%), en Tierra Amarilla (ENAMI) presentó una concentración de 58 µg/m³N (116%), en estación Paipote y Luis Uribe con una concentración de 56 µg/m³N (112%), y, por último, en estación San Fernando con una concentración de 51 µg/m³N (102%). En relación con la estación Kozan, la concentración obtenida a través del promedio tres años superó el 80% del valor



límite de la norma anual, con una concentración de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (92%). Y las concentraciones obtenidas para las estaciones de Copiapó y Soc. Punta del Cobre (Ojanco) no superaron el 80% del valor límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para Plomo (Pb)

En el análisis de la norma anual de plomo se verificó que, en las estaciones de Copiapó, Paipote, San Fernando y Tierra Amarilla (ENAMI), para el periodo 2023-2024, no superaron el límite normativo y los valores se encontraron muy por debajo del 80% del valor de la norma anual de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Norma primaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO_2 , concluyó que la norma 1 hora, que tiene como límite 134 ppbv no fue superada en ninguna de las estaciones para el período entre el año 2022 al 2024, y tampoco se superó el 80% del valor límite de la norma. Hay que señalar que, la concentración más alta registrada como promedio tres años calendario se presentó en Paipote con 26,22 ppbv, equivalente al 20% del valor límite de la norma de 1 hora.

La evaluación de la norma primaria de SO_2 de 24 horas concluyó que, el límite de 57 ppbv, no fue superado en las estaciones evaluadas para el período de 2022 al 2024. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en la estación Paipote con 13,08 ppbv, equivalente al 23% del valor límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual, se determinó que no fue superada en ninguna de las estaciones para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024, y los valores se encontraron por debajo del 80% y del valor límite de la norma anual de 23 ppbv. Cabe señalar que, la concentración más alta fue en estación Paipote con 2,95 ppbv, equivalente al 13% del valor límite de la norma anual.

Norma secundaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación del cumplimiento de la norma secundaria 1 hora, que establece un límite de 382 ppbv, mediante el cálculo del promedio tres años calendario del percentil 99,73, para el periodo comprendido entre el año 2022 y 2024; se constató que solo la estación que cuenta con la calificación EMRRN es la estación Tierra Amarilla (ENAMI). El resultado obtenido para la estación Tierra Amarilla (ENAMI) determinó que la concentración promedio tres años fue de 37,09 ppbv (10%), valor por debajo del 80% del límite de 382 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración mediante el percentil 99,73 para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del límite de 764 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria horaria no fue superada en la estación en estudio.



La evaluación de la norma secundaria de 24 horas (140 ppbv), mediante el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos, determinó que en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue 12,57 ppbv (9%), valor por debajo del 80% del límite de 140 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración mediante el percentil 99,7 para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del valor límite de 280 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria 24 horas no fue superada en la estación en estudio.

Por último, para la norma anual secundaria (31 ppbv), determinó mediante el cálculo del promedio tres años, que en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) la concentración fue de 2,15 ppbv (7%), valor por debajo del 80% del límite de 31 ppbv. Del mismo modo, se evaluó la concentración anual para cada año, donde se obtuvo que, durante el periodo analizado, las concentraciones en la estación Tierra Amarilla (ENAMI) se encontraron por debajo del 80% del límite de 62 ppbv. Por lo tanto, se concluye que la norma secundaria anual no fue superada en la estación en estudio.



8. ANEXOS

| N° Anexo | Nombre Anexo |
|-------------|---|
| 1 | Resoluciones EMRP y EMRRN. |
| 2 | Datos de calidad del aire para el año 2024. |

