



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO**  
**CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR**  
**MP2,5, MP10, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Y CO**

**RED MACAM-3**  
**REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO**

**SECCIÓN CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS**

**DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN**

**DFZ-2024-1788-XIII-NC**

**JULIO 2024**

	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F.	
Revisado	Karin Salazar N.	
Elaborado	Isabel Leiva Campos	



## CONTENIDO

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>4. ALCANCE .....</b>	<b>8</b>
<b>5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS .....</b>	<b>9</b>
5.1. ESTACIONES DECLARADAS COMO EMRP-MP2,5, EMRP-MP10 Y EMRPG .....	10
5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN RED MACAM-3 .....	11
5.3. AUDITORÍA DE DATOS .....	13
<b>6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS NORMAS .....</b>	<b>22</b>
6.1. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP2,5.....	22
6.1.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas MP2,5.....</i>	22
6.1.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP2,5 .....</i>	24
6.2. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP10.....	26
6.2.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas MP10.....</i>	26
6.2.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP10 .....</i>	29
6.3. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA SO <sub>2</sub> .....	31
6.3.1. <i>Evaluación de la norma primaria horaria de SO<sub>2</sub> .....</i>	31
6.3.2. <i>Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO<sub>2</sub> .....</i>	33
6.3.3. <i>Evaluación de la norma primaria anual de SO<sub>2</sub>.....</i>	35
6.4. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA O <sub>3</sub> .....	37
6.4.1. <i>Evaluación de la norma 8 horas O<sub>3</sub> .....</i>	37
6.5. EVALUACIÓN DE LA NORMA CO .....	39
6.5.1. <i>Evaluación de la norma 1 hora CO .....</i>	39
6.5.2. <i>Evaluación de la norma 8 horas CO.....</i>	40
6.6. EVALUACIÓN DE LA NORMA NO <sub>2</sub> .....	42
6.6.1. <i>Evaluación de la norma 1 hora NO<sub>2</sub> .....</i>	42
6.6.2. <i>Evaluación de la norma anual NO<sub>2</sub>.....</i>	43
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>49</b>



## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5 y material particulado respirable MP10, establecidas en el D.S. N° 12/2011 y el D.S. N° 12/2021, respectivamente, ambos del Ministerio del Medio Ambiente. Además, dentro del análisis de cumplimiento normativo se evaluaron las normas primarias para gases; SO<sub>2</sub>, contenida en el D.S. N°104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente; para NO<sub>2</sub>, contenida en el D.S. N° 114/2002; para CO, contenida en el D.S. N° 115/2002 y para O<sub>3</sub>, contenida en el D.S. N° 112/2002, estas últimas del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. De acuerdo a lo establecido en la letra e) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, “fiscalizar las normas de calidad del aire y normas de emisión para cada región, incluida la Metropolitana”.

La actividad de fiscalización consideró la auditoría de los datos proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, de las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como estaciones de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado; MP2,5 y MP10; y representatividad poblacional para gases; SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO.

El análisis de datos de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO se realizó con las mediciones del período comprendido entre el 1° de enero de 2021 al 31 de diciembre de 2023, período en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos de mediciones horarias y diarios se consideraron los criterios establecidos en cada una de las normas primarias y aquellos contenidos en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, de MINSAL.

### **Norma de calidad del aire para MP2,5**

El resultado del análisis de los datos de MP2,5 para el año 2023, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m<sup>3</sup>, fue superada en siete (7) de las ocho (8) estaciones evaluadas, siendo la estación Cerro Navia (EMR) la que presentó la concentración más alta de 79 µg/m<sup>3</sup>, con un 158% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Pudahuel (EMO) con 76 µg/m<sup>3</sup> y Cerrillos (EMP) con 71 µg/m<sup>3</sup>, correspondiente al 152% y 142% del límite de la norma, en estación El Bosque (EMQ) con 69 µg/m<sup>3</sup> (138%), Quilicura (EMV) con 64 µg/m<sup>3</sup> (128%), La Florida (EML) con 62 µg/m<sup>3</sup> (124%), Puente Alto (EMS) con 51 µg/m<sup>3</sup> (102%). Por último, en la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 45 µg/m<sup>3</sup> (90%).

Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que las estaciones que presentaron un número superior a 7 días con



excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 50 días, El Bosque (EMQ) con 43 días, Pudahuel (EMO) con 42 días, Cerrillos (EMP) con 35 días, Quilicura (EMV) con 28 días, La Florida (EML) con 23 días y Puente Alto (EMS) con 9 días.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio trienal de las concentraciones, entre el año 2021 y 2023, se concluyó que la norma fue superada en seis (6) de las ocho (8) estaciones analizadas y que cumplen con el porcentaje de datos válidos para el periodo en estudio, determinándose en las estaciones las concentraciones de: El Bosque (EMQ) con  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (145%), Cerro Navia (EMR) con  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (140%), la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (135%); Quilicura (EMV) y La Florida, ambas con  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (120%); y Puente Alto (EMS) con  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (110%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

### **Norma de calidad del aire para MP10**

El análisis de la norma de MP10 de 24 horas, que establece como límite  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , determinó que en ocho (8) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas en el año 2023, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con  $175 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (135%), Parque O'Higgins (EMN) con  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (123%), Cerrillos (EMP)  $158 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (122%), El Bosque (EMQ) con  $157 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (121%), Pudahuel (EMO) con  $156 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (120%), Quilicura (EMV) con  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (112%), Puente Alto (EMS) con  $136 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (105%) y La Florida (EML) con  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (103%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en estación Talagante (EMT) se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas con  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (92%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las diez (10) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias en el año 2023 fueron: Cerro Navia (EMR) con 35 días, El Bosque (EMQ) con 33 días, Pudahuel (EMO) y Cerrillos (EMP) con 30 días, y Parque O'Higgins (EMN) con 27 días.

A nivel de norma anual de MP10, se concluyó que esta fue superada en ocho (8) estaciones que cumplían con los criterios establecidos en la norma para el periodo evaluado. Por otra parte, la evaluación determinó que las estaciones que presentaron superación a la norma anual fueron: El Bosque (EMQ) con  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (150%), Cerro Navia (EMR) con  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (142%), Puente Alto (EMS) con  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (140%), Parque O'Higgins (EMN) con  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (134%), mientras que, Pudahuel (EMO) se determinó una concentración de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (130%), La Florida (EML) con  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (128%), Quilicura (EMV) con  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (124%), y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (108%).



### **Norma primaria de calidad del aire para SO<sub>2</sub>**

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2021 al 2023 para el contaminante SO<sub>2</sub>, de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO<sub>2</sub>, solo fue posible realizar el análisis de información en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), el resto de las estaciones no presentaron mediciones.

El análisis de la norma de 1 hora que establece un límite de 134 ppbv, mediante el cálculo del percentil 99, determinó que esta no fue superada en las dos (2) estaciones evaluadas y las concentraciones determinadas mediante el promedio trianual del percentil 99 fueron de: 3,71 ppbv en El Bosque (EMQ) y 4,41 ppbv en La Florida (EML), equivalentes al 2,8% y 3,3% del límite de la norma horaria.

El resultado del análisis de la norma de 24 horas para SO<sub>2</sub> que establece como límite 57 ppbv, a través del cálculo del promedio trianual del percentil 99, concluyó que la norma 24 horas no fue superada en las estaciones evaluadas, El Bosque (EMQ) y La Florida (EML), de la Red MACAM-3 y los valores determinados fueron de 3,40 ppbv y 2,99 ppbv, equivalente al 6% y 5% del límite de la norma de 24 horas, respectivamente.

Respecto de la norma anual para SO<sub>2</sub> que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que de las dos (2) estaciones que miden el contaminante no superaron la norma anual, y los valores determinados como promedio trianual fueron de: 1,78 ppbv en estación de El Bosque (EMQ) y 1,83 ppbv en estación La Florida (EML), correspondiente al 7,7% y 8% respecto del valor del límite normativo.

### **Norma primaria de calidad del aire para O<sub>3</sub>**

Para el contaminante O<sub>3</sub> se evaluó la norma de 8 horas mediante el cálculo del percentil 99, para el periodo entre el año 2021 al 2023. Del análisis realizado a las seis (6) estaciones calificadas como EMRPG, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en cinco (5) estaciones. La evaluación concluyó que la norma de 8 horas, que establece como límite 61 ppbv, fue superada en todas las estaciones, y los valores obtenidos correspondieron a: 77ppbv (126%) en las Condes (EMM), 75 ppbv (123%) en La Florida (EML), 66 ppbv (108%) en Parque O'Higgins (EMN), 62 ppbv (102%) en Pudahuel (EMO) y 63 ppbv (103%) en El Bosque (EMQ).

### **Norma primaria de calidad del aire para CO**

De acuerdo al análisis efectuado para la norma de 1 hora de CO que establece como límite 26 ppmv, para el periodo 2021 al 2023, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las cinco (5) estaciones evaluadas de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma. Por otra



parte, indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 7,01 ppmv, correspondiente al 27% del límite de la norma de 1 hora.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio trianual (2021 al 2023) del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM- 3, encontrándose todas por debajo del 80% del límite normativo. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,85 ppmv, correspondiente al 54% del límite de la norma de 8 horas.

### **Norma primaria de calidad del aire para NO<sub>2</sub>**

La evaluación de la norma de 1 hora por NO<sub>2</sub> que establece como límite 213 ppbv, mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de tres años, entre los años 2021 y 2023, concluyó que la norma no fue superada y tampoco se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, del análisis realizado se determinó que la norma no fue superada en las dos (2) estaciones en estudio, determinándose en la estación Las Condes (EMM) una concentración de 98,08 ppbv (46%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 77,29 ppbv (36%), encontrándose ambas por debajo del 80% del límite normativo.

En relación a la evaluación de la norma de NO<sub>2</sub> a nivel anual y que establece como límite 53 ppbv, concluyó que la norma no fue superada en las estaciones Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO). Señalar que, se determinó el valor de la norma anual para NO<sub>2</sub>, mediante el cálculo del promedio trianual, determinándose una concentración de 19,27 ppbv en estación Pudahuel (EMO) y una concentración de 21,49 ppbv en estación Las Condes (EMM), equivalente al 36% y 41% del límite de la norma anual, respectivamente.



## 2. INTRODUCCIÓN

La declaración de Zona Saturada a la Región Metropolitana de Santiago, se efectuó el 12 de junio de 1996, mediante el D.S. N° 131/1996 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. En él se estableció zona saturada por material particulado respirable, partículas en suspensión, ozono y monóxido de carbono; y zona latente por dióxido de nitrógeno. El año 1998, el D.S. N° 16/1998, oficializa el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), que contiene las metas de calidad del aire y las medidas orientadas al control de las principales fuentes contaminantes identificadas en la región. Posteriormente el Plan fue reformulado en tres oportunidades a través del D.S. N° 59/2003, D.S. N° 66/2009 y del D.S. N° 31/2017, este último actualmente vigente.

El 18 de enero de 2011 el Ministerio del Medio Ambiente estableció la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5, D.S. N° 12/2011 del MMA, con entrada en vigencia a partir del 1° de enero de 2012. En ella se establecen los límites de calidad primaria para MP2,5, con un máximo de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración anual y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración de 24 horas.

En el año 2013 la Superintendencia del Medio Ambiente realizó una fiscalización ambiental a la Red Automática de Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos, Red MACAM-3, con el objeto de evaluar la representatividad poblacional para MP2,5. Producto de esta fiscalización en el año 2014, se calificaron como EMRP (estaciones de monitoreo con representatividad poblacional) por MP2,5, un total de 7 estaciones de monitoreo.

En el año 2014, se evaluaron los datos de material particulado fino MP2,5 proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente. La información evaluada correspondió a las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP2,5, para el período comprendido entre el 1 de enero y 31 de mayo de 2014, de esta evaluación anticipada de la norma se generó el informe DFZ-2014-371-XIII-NC-EI, el que constató el estado de cumplimiento de la norma por 24 horas.

Estos antecedentes permitieron al Ministerio del Medio Ambiente, declarar como zona saturada por material particulado fino respirable MP2,5, como concentración de 24 horas, a la región Metropolitana, el 15 de noviembre de 2014. Posteriormente, el 24 de noviembre de 2017 se promulgo el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, el que tiene por objetivo dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire vigentes, asociadas a los contaminantes Material Particulado Respirable (MP10), Material Particulado Fino Respirable (MP2,5), Ozono ( $\text{O}_3$ ) y Monóxido de Carbono (CO), en un plazo de 10 años.



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 los años 2021, 2022 y 2023, con el fin de obtener información válida que permita evaluar las normas de calidad del aire. Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, mediante correo electrónico. Las estaciones informadas cuentan con declaración de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP2,5, MP10 y representatividad poblacional de gases (EMRPG en adelante). El proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias de calidad del aire de cada contaminante y el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009, del Ministerio de Salud.

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 exento 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 MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO; en su nivel horario, diario y anual, según corresponda, para las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para MP2,5, MP10 y de gases de la Red MACAM-3. Para lo anterior se determinará la validez de las mediciones realizadas por la Red MACAM-3, en base a una auditoría de los datos; para el período comprendido entre el 1° de enero al 31 de diciembre de 2023. Para los años 2021 y 2022 se utilizaron los datos validados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2022-733-XIII-NC y DFZ-2023-2618-XIII-NC.

### **4. ALCANCE**

La evaluación se realizó en las estaciones que conforman la Red MACAM-3 y que cuenten con EMRP por material particulado y/o gases, según corresponda.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP2,5, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para MP2,5 son: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las Condes (EMM), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), El Bosque (EMQ), Cerro Navia (EMR), Puente Alto (EMS) y Quilicura (EMV).





Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para MP10 son: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las Condes (EMM), Parque O'Higgins (EMN), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), El Bosque (EMQ), Cerro Navia (EMR), Puente Alto (EMS), Talagante (EMT) y Quilicura (EMV).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de NO<sub>2</sub>, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para Gases son: Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de SO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para Gases son: Las Condes (EMM), La Florida (EML), Pudahuel (EMO), El Bosque (EMQ), Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN).

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

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

Norma	Contaminante	Límite Concentración Horaria	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Anual
D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP2,5	No aplica	50 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>
D.S. N° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP10	No aplica	130 µg/m <sup>3</sup> N	50 µg/m <sup>3</sup> N
D.S. N° 112/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.	O <sub>3</sub>	61 ppbv (8 Horas)	-----	-----
D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente	SO <sub>2</sub>	134 ppbv	57 ppbv	23 ppbv
D.S. N° 114/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.	NO <sub>2</sub>	213 ppbv (1 Hora)	-----	53 ppbv
D.S. N° 115/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.	CO	26 ppmv (1 Hora) 9 ppmv (8 Horas)	-----	-----

## 5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones para MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO, se reportó a esta Superintendencia por parte del Ministerio del Medio Ambiente, mediante correo electrónico, incluyendo los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios y en el formato establecido en el D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, del MINSAL.



## 5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP2,5, EMRP-MP10 y EMRPG

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red MACAM-3 y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado (MP10 y MP2,5) y representatividad poblacional para gases.

**Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP para MP10, MP2,5, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>**

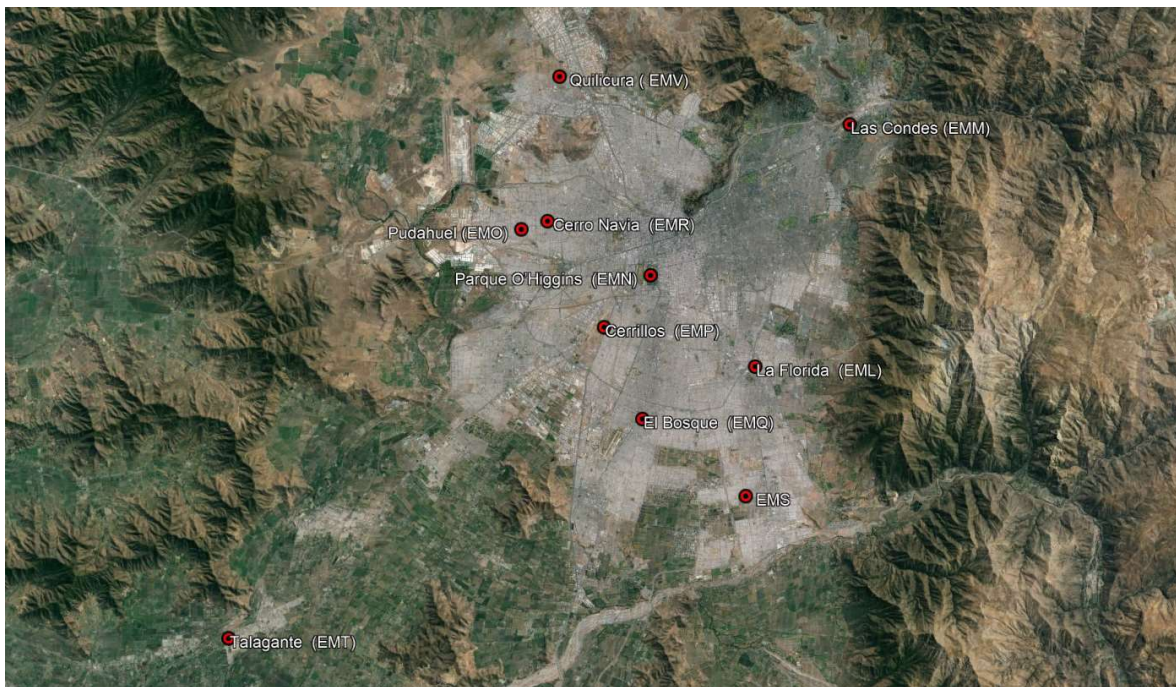
Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRPG para SO <sub>2</sub> , CO y O <sub>3</sub>	Resolución que otorga EMRPG para NO <sub>2</sub>
Independencia (EMF)	Res. Exenta N° 83 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
La Florida (EML)	Res. Exenta N° 82 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Las Condes (EMM)	Res. Exenta N° 84 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	Res. N° 121820 del 4 de enero de 2006 de MINSAL
Pudahuel (EMO)	Res. Exenta N° 88 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	Res. N° 121820 del 4 de enero de 2006 de MINSAL
El Bosque (EMQ)	Res. Exenta N° 87 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Puente Alto (EMS)	Res. Exenta N° 85 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 13454 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene	No Tiene
Quilicura (EMV)	Res. Exenta N° 439 del 18 de mayo de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 245 del 18 de febrero de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No Tiene	No Tiene
Parque O'Higgins (EMN)	No Tiene	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Cerrillos (EMP)	Res. Exenta N° 2324 del 29 de diciembre de 2022, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 2325 del 29 de diciembre de 2022, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No Tiene	No Tiene
Cerro Navia (EMR)	Res. Exenta N° 573 del 24 de junio de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente	Res. N° 66862 del 23 de noviembre de 2007 del MINSAL	No Tiene	No Tiene
Talagante (EMT)	No Tiene	Res. N° 13454 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene	No Tiene



Por su parte, en la Tabla 3 se describe la ubicación de las estaciones de la Red MACAM-3, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1.

**Tabla 3 Estaciones de la Red MACAM-3 Georreferenciadas**

Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m)	
	Datum WGS84, Huso 19 S	
Independencia (EMF)	346.488 E	6.300.681 N
La Florida (EML)	352.504 E	6.290.304 N
Las Condes (EMM)	358.305 E	6.305.906 N
Pudahuel (EMO)	337.311 E	6.298.809 N
El Bosque (EMQ)	345.313 E	6.286.825 N
Puente Alto (EMS)	352.049 E	6.282.013 N
Quilicura (EMV)	339.594 E	6.308.625 N
Parque O'Higgins (EMN)	345.673 E	6.296.019 N
Cerrillos (EMP)	342.746 E	6.292.645 N
Cerro Navia (EMR)	338.984 E	6.299.360 N
Talagante (EMT)	318.945 E	6.272.298 N



**Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red MACAM-3.**

## 5.2. Descripción de los equipos de medición utilizados en Red MACAM-3

De acuerdo a los antecedentes entregados por el Ministerio del Medio Ambiente para el periodo, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10, MP2,5, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y SO<sub>2</sub> en



las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en las normas primarias. En la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10, MP2,5, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y SO<sub>2</sub> utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas.

**Tabla 4 Listado de instrumentos y métodos de medición de los equipos de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP10, MP2,5, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>**

Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
La Florida (EML)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	SO <sub>2</sub>	Fluorescencia	Thermo 43i	EQSA-0486-060
	O <sub>3</sub>	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQQA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
Las Condes (EMM)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	O <sub>3</sub>	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQQA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	NO <sub>2</sub>	Quimiluminiscencia	Thermo 42i	RFNA-1289-074
Pudahuel (EMO)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	O <sub>3</sub>	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQQA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	NO <sub>2</sub>	Quimiluminiscencia	Thermo 42i	RFNA-1289-074
El Bosque (EMQ)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	SO <sub>2</sub>	Fluorescencia	Thermo 43i	EQSA-0486-060
	O <sub>3</sub>	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQQA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
Cerrillos (EMR)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Puente Alto (EMS)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Parque O'Higgins (EMN)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	O <sub>3</sub>	Fotometría ultravioleta	Thermo 49i	EQQA-0880-047
Cerro Navia (EMR)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122



Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Quilicura (EMV)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Talagante	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122

Cabe señalar que para las estaciones Parque O’Higgins (EMN), Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO), a pesar de contar con representatividad poblacional para el contaminante de SO<sub>2</sub>, se constató que no se realizan mediciones de este contaminante a la fecha de elaboración de este informe. En relación con la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de 2021.

### 5.3. Auditoría de datos

Los datos validados por el MMA, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en cada una de las normas de calidad del aire primaria y de acuerdo a lo indicado en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009 de MINSAL. Además, se evaluó el comportamiento de los datos de manera anual, mediante gráficas de series de tiempo para cada una de las variables.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para los contaminantes MP10, MP2,5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> de cada estación. En la

Tabla 5 se recopilan los porcentajes de datos inválidos por estación y contaminante para el año 2023, en la tabla se observa que el porcentaje de datos inválidos más alto se presentan en la estación La Florida (EML) con 16,7% en O<sub>3</sub>, Puente Alto (EMS) con 11,2% en MP10 y 12,3% en MP2,5. Por otra parte, señalar que la estación Independencia (EMF) calificada con representatividad poblacional para MP10, MP2,5, CO y O<sub>3</sub>, no presenta mediciones (S/I) desde mediados del año 2021.

Por otro lado, cabe destacar que los datos correspondientes a los años 2021 y 2022 fueron auditados en los informes DFZ-2022-733-XIII-NC y DFZ-2023-2618-XIII-NC, respectivamente.

**Tabla 5 Porcentaje de datos horarios inválidos en el año 2023**

Estación	MP10 (%)	MP2,5 (%)	SO <sub>2</sub> (%)	CO (%)	O <sub>3</sub> (%)	NO <sub>2</sub> (%)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	
La Florida (EML)	2,7	4,4	1,7	2,7	16,7	
Las Condes (EMM)	2,7	5,2	S/I	5,3	2,6	5,5
Parque O’Higgins (EMN)	0,3		S/I	9,5	4,2	
Pudahuel (EMO)	4,7	6,6	S/I	4,8	6,8	2,3





Cerrillos (EMP)	1,4	3,3				
El Bosque (EMQ)	9,3	9,9	0,4	7,9	8,7	
Cerro Navia (EMR)	4,4	5,8				
Puente Alto (EMS)	11,2	12,3				
Talagante (EMT)	3,6					
Quilicura (EMV)	0,8	2,7				

S/I: estaciones sin mediciones del contaminante.

Se determinó estadísticamente la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo a 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 horas, éstos se invalidaron de acuerdo a lo descrito en el decreto mencionado.

En la Tabla 6 se presentan el número de días válidos y el porcentaje de datos disponibles para el período 2021 al 2023, para los contaminantes MP10, MP2,5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO, según corresponda a cada estación. De la Tabla 6, se puede concluir que la mayoría de las estaciones que miden los contaminantes antes mencionados, presentan un porcentaje de datos válidos superior al 75% para el periodo, a excepción del año 2021 en el que se observa en la estación Independencia (EMF) porcentaje de 56% en MP10, 54% en MP2,5, 55% en CO y 36% en O<sub>3</sub>, además, la estación Cerrillos (EMP) para MP10 y MP2,5 presento un 52%, y Talagante (EMT) con 57% para MP10. En el caso del año 2022, se aprecia que la gran mayoría de las estaciones esta por sobre el 75% de datos válidos, a excepción de la estación Cerrillos (EMP) que inicio sus mediciones para material particulado MP10 y MP2,5 en abril y mayo respectivamente, por otra parte, en la estación Independencia (EMF) se encuentra apagada desde mediados del año 2022. Finalmente, en el año 2023, en la tabla se observa un porcentaje de datos válidos por sobre el 75% en todas las estaciones.

Cabe señalar que, para el periodo analizado (2021 al 2023), se observa una disminución en el número de estaciones que monitorean el contaminante SO<sub>2</sub>, las que corresponden a estaciones calificadas como EMRPG, de un número de seis (6) estaciones calificadas para medir SO<sub>2</sub> en la actualidad (2023) solo miden dos (2) estaciones (ver Tabla 6).



Tabla 6 Porcentaje de datos válidos para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	2021						2022						2023					
	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO <sub>2</sub> % 1 hr	CO % 1 hr	O <sub>3</sub> % 1 hr	NO <sub>2</sub> % 1 hr	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO <sub>2</sub> % 1 hr	CO % 1 hr	O <sub>3</sub> % 1 hr	NO <sub>2</sub> % 1 hr	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO <sub>2</sub> % 1 hr	CO % 1 hr	O <sub>3</sub> % 1 hr	NO <sub>2</sub> % 1 hr
Independencia (EMF)	56	54	S/I	55	36		S/I	S/I	S/I	S/I	S/I		S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	
La Florida (EML)	99	97	86	98	90		97	94	95	97	97		97	96	98	97	83	
Las Condes (EMM)	99	97	S/I	83	88	96	96	96	S/I	92	93	96	97	95	S/I	95	97	94,5
Parque O'Higgins (EMN)	99		S/I	95	97		99		S/I	90	99		99,7		S/I	91	96	
Pudahuel (EMO)	99,5	96	S/I	97	99,7	98	100	98	S/I	77	98	98	95,3	93	S/I	95	93	97,7
Cerrillos (EMP)	52	52					73 <sup>1</sup>	72 <sup>2</sup>					98,6	97				
El Bosque (EMQ)	99,5	97	85	94	95		99	99	100	92	98		91	90	99,6	92	91	
Cerro Navia (EMR)	99,7	98					100	98					96	94				
Puente Alto (EMS)	99,7	98					99	97					89	88				
Talagante (EMT)	57						98						96					
Quilicura (EMV)	98,6	98					99	98					99	97				

<sup>1</sup>Estación Cerrillos: inicio de mediciones válidas de MP10 en nueva ubicación a partir del 6 de abril de 2022.

<sup>2</sup>Estación Cerrillos: inicio de mediciones válidas de MP2,5 en nueva ubicación a partir del 12 de abril de 2022.

S/I: estaciones sin mediciones del contaminante.



A continuación, en las siguientes tablas se resumen los porcentajes de datos válidos a nivel mensual para los años 2021, 2022 y 2023, para los diferentes parámetros en estudio. En la Tabla 7, se observa que para el contaminante MP10 la mayoría de las estaciones registra un porcentaje de datos válidos superior al 75% a nivel mensual. Respecto del año 2021, la estación Talagante (EMT) presentó 5 meses con 0% de datos, por otra parte, la estación Cerrillos (EMP) presentó 6 meses con porcentajes de datos por debajo del 75%. En el año 2022 la estación Cerrillos (EMP) dio inicio a sus mediciones en el mes de abril de 2022 en una nueva ubicación. Finalmente, en el año 2023 solo se observan porcentajes de datos bajo el 75% en estación Pudahuel (EMO) con 74% en octubre, El Bosque (EMQ) con 20% en noviembre, Cerro Navia (EMR) con 58% en diciembre y la estación Puente Alto (EMS) con 71% en octubre y 0% en noviembre. Cabe señalar que, la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de julio de 2021 a la fecha.

**Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP10 por mes y estación para los años 2021, 2022 y 2023**

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2021	94	96	100	100	87	100	94	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	87	100	97	100	100	100	94	97	100	97	100	94
	2023	100	100	97	100	97	100	97	100	100	100	77	100
Las Condes (EMM)	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2022	90	89	90	100	100	100	97	100	100	100	90	94
	2023	100	86	94	100	100	100	94	100	93	100	100	100
Parque O'Higgins (EMN)	2021	100	100	100	100	100	93	100	100	100	100	100	90
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100
Pudahuel (EMO)	2021	100	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	97	100	100	97	97	74	93	87
Cerrillos (EMP)	2021	100	96	97	100	100	93	45	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	80	100	100	100	100	100	100	93	100
	2023	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90
El Bosque (EMQ)	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87





Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2023	100	100	94	100	100	100	100	100	100	94	20	81
Cerro Navia (EMR)	2021	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100
	2023	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	93	58
Puente Alto (EMS)	2021	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	94
	2023	100	100	97	100	100	100	100	97	100	71	0	100
Talagante (EMT)	2021	0	0	0	0	0	93	100	100	100	100	100	100
	2022	100	93	100	100	97	100	100	90	100	100	100	100
	2023	100	100	100	97	100	100	100	100	100	81	97	84
Quilicura (EMV)	2021	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	94
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2023	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En la Tabla 8, se observa que para el contaminante MP2,5 la mayoría de las estaciones presentó un porcentaje de datos válidos superior al 75% de los registros mensuales para el periodo 2021 al 2023. En relación al año 2021 se observa que la estación Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO) presentaron porcentajes de 74% y 58%, respectivamente, en el mes de marzo. Por otra parte, en el año 2022 se observa que la estación Cerrillos (EMP) dio inicio a sus mediciones en abril de 2022 en una nueva ubicación. Finalmente, en el año 2023 solo se observan porcentajes de datos bajo el 75% en estación Pudahuel (EMO) con 74% en marzo y octubre, Cerrillos (EMP) con 73% en abril, El Bosque (EMQ) con 20% en noviembre, Cerro Navia (EMR) con 61% en diciembre, y la estación Puente Alto (EMS) con 71% en octubre y 0% en noviembre. Cabe señalar que, la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de julio de 2021 a la fecha.

**Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 por estación para el año 2021, 2022 y 2023**

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2021	94	96	84	100	87	100	94	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2021	100	100	81	100	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	90	100	61	100	100	100	94	97	100	94	100	94



Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2023	100	100	77	100	97	100	97	100	100	100	77	100
Las Condes (EMM)	2021	100	100	74	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2022	100	89	81	100	100	100	97	100	100	100	90	94
	2023	100	86	77	100	100	97	84	100	93	100	100	100
Pudahuel (EMO)	2021	100	100	58	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	74	100	100	100	100	100	97	74	93	84
Cerrillos (EMP)	2021	100	96	87	100	100	100	45	-	-	-	-	-
	2022	-	-	-	63	100	100	100	100	100	100	93	100
	2023	94	100	100	73	100	100	100	100	100	100	100	94
El Bosque (EMQ)	2021	100	100	84	100	94	100	100	100	93	97	100	97
	2022	100	100	84	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	84	100	100	100	100	100	100	97	20	81
Cerro Navia (EMR)	2021	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	77	100	100	100	100	100	100	100	97	100
	2023	100	100	94	90	100	100	100	100	100	97	90	61
Puente Alto (EMS)	2021	97	100	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	77	100	100	100	100	94	100	100	100	94
	2023	100	100	84	100	100	100	100	97	100	71	0	100
Quilicura (EMV)	2021	100	100	100	87	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	100	100	97	87	100	100	100	100	100	100	97	90
	2023	100	82	94	100	94	100	100	100	97	100	100	100

En la Tabla 9, se resumen los porcentajes de datos validados de ozono para los años 2021, 2022 y 2023, se observa en general un porcentaje de datos válidos es superior al 75%, sin embargo, en el año 2021, se observa que la estación Independencia (EMF) presentó 8 meses con porcentaje de datos inferior al 75%, la estación Las Condes (EMM) 3 meses, por último, la estación El Bosque (EMQ) y La Florida (EML), presentaron solo 1 mes con porcentaje de datos inferior al 75%. En relación con en el año 2022, solo en estación Las Condes se observó un porcentaje de 58% en el mes de marzo, y en estación Independencia no se realizaron mediciones. Finalmente, en el año 2023 en estación La Florida (EML) se observó un porcentaje de 7% en noviembre y 0% en diciembre, y en estación Pudahuel (EMO) con 38% en el mes de septiembre.



**Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de O<sub>3</sub> por estación para los años 2021, 2022 y 2023**

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2021	90	96	100	100	0	50	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2021	100	100	100	100	100	97	97	16	80	94	100	94
	2022	90	100	100	100	100	97	94	97	100	97	93	94
	2023	100	100	99	100	99	99	97	100	100	99	7	0
Las Condes (EMM)	2021	100	100	100	97	100	60	58	84	100	100	100	55
	2022	100	89	58	100	100	100	90	94	100	97	90	94
	2023	99	95	97	100	100	100	91	100	97	99	92	100
Parque O'Higgins (EMN)	2021	100	100	84	100	100	93	100	100	100	100	97	90
	2022	100	96	100	100	100	100	100	97	100	100	100	94
	2023	95	95	95	95	99	95	99	99	99	97	84	98
Pudahuel (EMO)	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
	2022	100	100	84	100	100	100	100	97	100	100	100	97
	2023	100	100	99	100	99	98	100	98	38	97	93	97
El Bosque (EMQ)	2021	100	100	100	100	87	100	100	100	100	74	77	97
	2022	97	100	100	100	100	97	100	100	100	94	100	90
	2023	96	96	96	96	96	96	82	75	95	93	82	94

En la Tabla 10, se resumen los datos válidos de SO<sub>2</sub> a nivel mensual para los años 2021, 2022 y 2023, para el año en las estaciones Bosque (EMQ) y La Florida (EML) las mediciones de SO<sub>2</sub> presentan 2 y 3 meses, respectivamente, con concentraciones por debajo del 75%. En relación al año 2022 solo se presenta un mes con un porcentaje de 68% en la estación La Florida (EML). Por otra parte, en el año 2023 las dos estaciones evaluadas presentan concentraciones superiores al 75% de datos válidos.

Cabe señalar que, las estaciones de Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN) no realizan mediciones de SO<sub>2</sub>, en el caso de la primera desde octubre de 2014 y en caso de la segunda desde octubre de 2015.



**Tabla 10 Porcentaje de datos válidos de SO<sub>2</sub> por estación para los años 2021, 2022 y 2023**

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2021	32	100	100	100	100	87	29	100	100	94	100	94
	2022	90	100	68	100	100	100	94	97	100	97	100	94
	2023	100	100	97	100	97	100	97	100	100	100	77	100
Parque O'Higgins (EMN)	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2021	55	100	90	100	100	73	6	97	100	97	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97

En la Tabla 11, se resumen los datos válidos de NO<sub>2</sub> a nivel mensual para los años 2021, 2022 y 2023, en ésta se observa que estación Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO) presentó en general un porcentaje de datos válidos superior al 75%. Cabe señalar que, para el año 2021 solo en enero la estación Las Condes se presentó un porcentaje de 58%.

**Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de NO<sub>2</sub> por estación para los años 2021, 2022 y 2023**

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Las Condes (EMM)	2021	58	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90
	2022	94	89	94	100	100	100	97	100	100	100	90	94
	2023	100	89	77	83	100	100	94	100	93	100	100	100
Pudahuel (EMO)	2021	100	100	100	100	97	97	100	100	100	97	87	100
	2022	100	100	100	77	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	83	100	100	100	100	100	100	100	100



En la Tabla 12, se resumen los datos válidos de CO a nivel mensual en los años 2021, 2022 y 2023, se observa que la mayoría de las estaciones presentaron porcentajes de datos válidos superior al 75%, cabe mencionar que el año 2021, se observó que la estación Independencia (EMF) presentó 4 meses con 0% de datos y 1 mes con 3%; la estación Las Condes (EMM) 3 meses con 58%, 13% y 42%, y El Bosque (EMQ) solo abril con 63%. Para el año 2022 se presentaron porcentajes de 65% enero y 73% en noviembre en Las Condes (EMM), 37% en septiembre en la estación Parque O'Higgins (EMN) y 4 meses por debajo del 75% en la estación Pudahuel (EMO) y 71% en enero para la estación de El Bosque (EMQ). Por último, en el año 2023 solo en la estación Parque O'Higgins (EMN) un 49% en el mes de marzo y El Bosque (EMQ) se presentó un 45% en el mes de mayo.

**Tabla 12 Porcentaje de datos válidos de CO por estación para los años 2021, 2022 y 2023**

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2021	94	89	97	97	87	100	100	3	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2021	100	93	100	93	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	87	100	100	100	97	100	94	97	100	97	100	94
	2023	98	100	99	100	99	99	99	99	100	99	77	99
Las Condes (EMM)	2021	58	100	100	100	100	100	100	13	97	100	87	42
	2022	65	89	94	100	100	100	97	97	100	100	73	94
	2023	100	95	97	100	100	88	87	96	93	95	91	95
Parque O'Higgins (EMN)	2021	77	100	100	100	100	93	100	100	83	100	100	90
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	37	84	87	77
	2023	86	88	49	100	100	95	96	96	96	95	92	94
Pudahuel (EMO)	2021	100	100	100	100	77	100	100	100	100	84	100	100
	2022	100	100	100	100	61	0	10	100	100	94	100	65
	2023	99	83	98	98	97	93	96	96	95	95	93	97
Cerrillos (EMP)	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2021	100	100	90	63	97	87	100	97	100	97	100	100
	2022	71	93	90	90	94	97	100	94	93	100	90	97
	2023	98	98	98	98	45	96	96	96	95	95	95	95



## 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS NORMAS

### 6.1. Evaluación de la norma para MP2,5

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

El período de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 13 se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2021, 2022 y 2023, en las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

De acuerdo a 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cualquier estación monitora calificada como EMRPMP2,5.

De acuerdo al análisis efectuado en la Tabla 13, se determinó mediante el percentil 98, que el límite de la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas fue superado en el año 2023, en siete (7) de las ocho (8) estaciones que contaban con disponibilidad de información, siendo la estación Cerro Navia (EMR) la que presentó la concentración más alta con 79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un 158% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Pudahuel (EMO) con 76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y Cerrillos (EMP) con 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , correspondiente al 152% y 142% del límite de la norma, en estación El Bosque (EMQ) con 69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (138%), Quilicura (EMV) con 64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (128%), La Florida (EML) con 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (124%), Puente Alto (EMS) con 51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (102%). Por último, en la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (90%), concentración superior al 80% del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 13 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 98 Año 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma 24 horas 2021 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Percentil 98 Año 2022 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma 24 horas 2022 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Percentil 98 Año 2023 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma 24 horas 2023 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Independencia (EMF)	---	----	---	----	---	----
La Florida (EML)	73	146	70	140	62	124
Las Condes (EMM)	45	90	50	100	45	90
Pudahuel (EMO)	103	206	79	158	76	152
Cerrillos <sup>1</sup> (EMP)	---	----	---	----	71	142
El Bosque (EMQ)	90	180	86	172	69	138
Cerro Navia	107	214	79	158	79	158



(EMR)						
<b>Puente Alto (EMS)</b>	60	120	60	120	51	102
<b>Quilicura (EMV)</b>	77	154	72	144	64	128

<sup>1</sup>Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022.

Adicionalmente, en el Gráfico 1, se pueden observar los percentiles 98 de las concentraciones de 24 horas, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

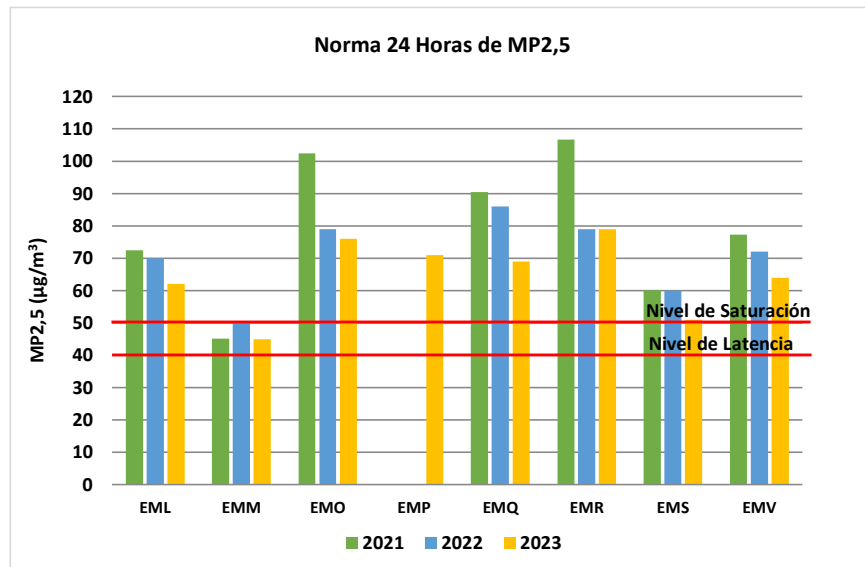


Gráfico 1 Norma 24 Horas MP2,5 para el periodo 2021 al 2023

Cabe señalar que al considerar las concentraciones diarias de MP2,5 para un año calendario (365 o 366 días), el cálculo del percentil 98 permite un máximo de 7 excedencias, es decir 7 días con registros mayores a 50 µg/m<sup>3</sup> como concentración de 24 horas.

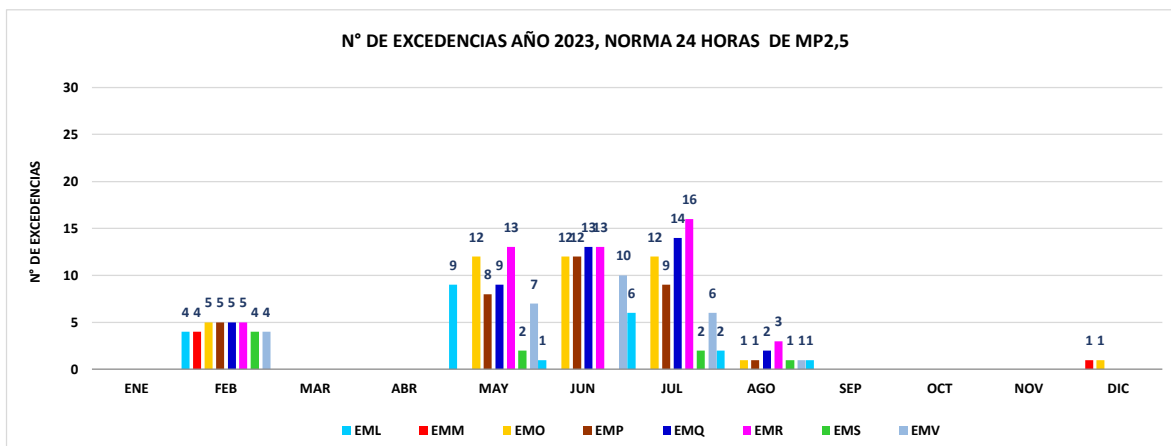
En la Tabla 14 se resume el número de días de excedencias a la norma de 24 horas por estación durante el año 2023, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentó en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 50 días, El Bosque (EMQ) con 43 días, Pudahuel (EMO) con 42 días, Cerrillos (EMP) con 35 días, Quilicura (EMV) con 28 días, La Florida (EML) con 23 días, y Puente Alto (EMS) con 9 días.



**Tabla 14 Días superación norma 24 horas de MP2,5 para el año 2023**

Estación	Días superación Norma 24 horas 2023
Independencia (EMF)	----
La Florida (EML)	23
Las Condes (EMM)	5
Pudahuel (EMO)	42
Cerrillos (EMP)	35
El Bosque (EMQ)	43
Cerro Navia (EMR)	50
Puente Alto (EMS)	9
Quilicura (EMV)	28

El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por estación, desagregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del 2023, donde se observa que los días en los cuales se excede la norma se distribuyen en su mayoría es entre abril y agosto, siendo la estación de Cerro Navia (EMR), El Bosque (EMQ), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), Quilicura (EMV), La Florida (EML) y Puente Alto (EMS), las que presentaron el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 50, 43, 42, 35, 28, 23 y 9 días, respectivamente.



**Gráfico 2 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el año 2023**

### 6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma anual para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 15, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo de la media anual de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2021, 2022 y 2023, en las estaciones de monitoreo de la Red.





De acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N°12/2011 del MMA, la norma para MP2,5 se considerará sobrepasada cuando el promedio trianual de las concentraciones anuales sea mayor a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

Cabe señalar que la norma anual para MP2,5 requiere determinar el promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos de las concentraciones anuales. Si al cabo de un año, en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se verifica la superación de la norma, su frecuencia de medición deberá ser diaria.

La evaluación de la norma anual, con la información disponible para los años 2021, 2022 y 2023, mediante el cálculo del promedio trianual, se determinó que la norma fue superada en seis (6) de las ocho (8) estaciones evaluadas, presentando las siguientes concentraciones: El Bosque (EMQ) con  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (145%), Cerro Navia (EMR) con  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (140%), la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (135%), Quilicura (EMV) con  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (120%), La Florida (EML) con  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (120%) y Puente Alto (EMS) con  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (110%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

**Tabla 15 Concentración trianual y porcentaje de la norma MP2,5**

Estación	Concentración Anual Año 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentración Anual Año 2022 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentración Anual Año 2023 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Trianual (2021-2022-2023) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma Anual 20 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Independencia (EMF)	----	----	----	----	----
La Florida (EML)	24	25	24	24	120
Las Condes (EMM)	18	18	19	18	90
Pudahuel (EMO)	28	25	29	27	135
Cerrillos (EMP) <sup>1</sup>	----	----	25	----	----
El Bosque (EMQ)	30	28	28	29	145
Cerro Navia (EMR)	29	28	27	28	140
Puente Alto (EMS)	22	21	22	22	110
Quilicura (EMV)	25	24	23	24	120

<sup>1</sup>Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022.

Complementariamente, en el Gráfico 3, se pueden observar las concentraciones de la media trianual por estación, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.



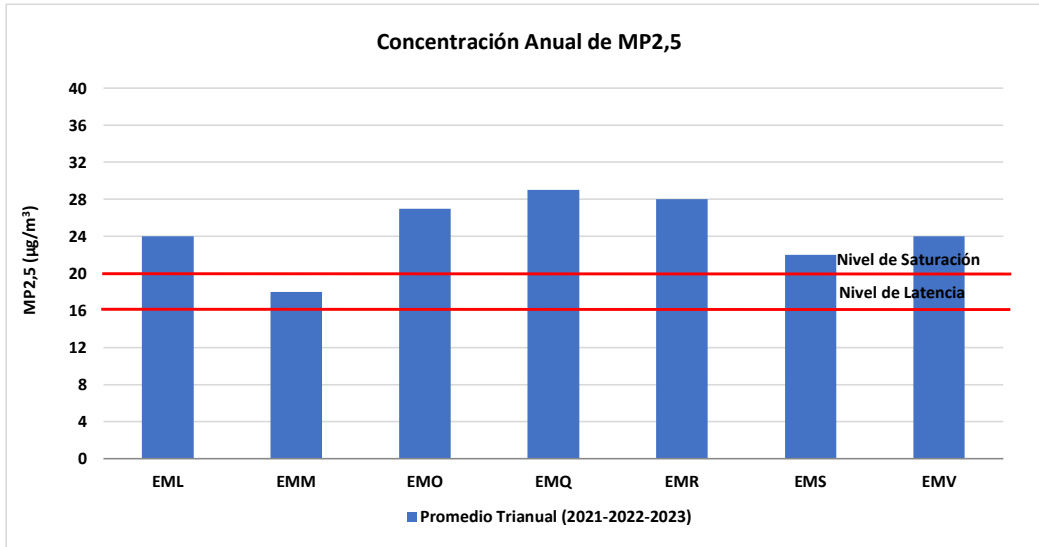


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, Promedio Trianual periodo 2021 al 2023

## 6.2. Evaluación de la norma para MP10

### 6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas MP10

El período de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en estación Talagante (EMT) se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas con 120 µg/m<sup>3</sup>N (92%).

Tabla 16, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2021, 2022 y 2023, de las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

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:

- En un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas, sea mayor o igual a 130 µg/m<sup>3</sup>N.
- Si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 µg/m<sup>3</sup>N, sea mayor que siete.

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022, y para el periodo anterior se encontraba vigente la norma de MP10, D.S. N°59/1998, del MINSEGPRES.



De acuerdo a la condición a), de las diez (10) estaciones evaluadas para el año 2023, es posible señalar que en ocho (8) estaciones se superó el límite normativo de 24 horas, las concentraciones obtenidas, corresponden a: Cerro Navia (EMR) con 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (135%), Parque O'Higgins (EMN) con 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (123%), Cerrillos (EMP) 158  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (122%), El Bosque (EMQ) con 157  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (121%), Pudahuel (EMO) con 156  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (120%), Quilicura (EMV) con 145  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (112%), Puente Alto (EMS) con 136  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (105%) y La Florida (EML) con 134  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (132%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en estación Talagante (EMT) se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas con 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (92%).

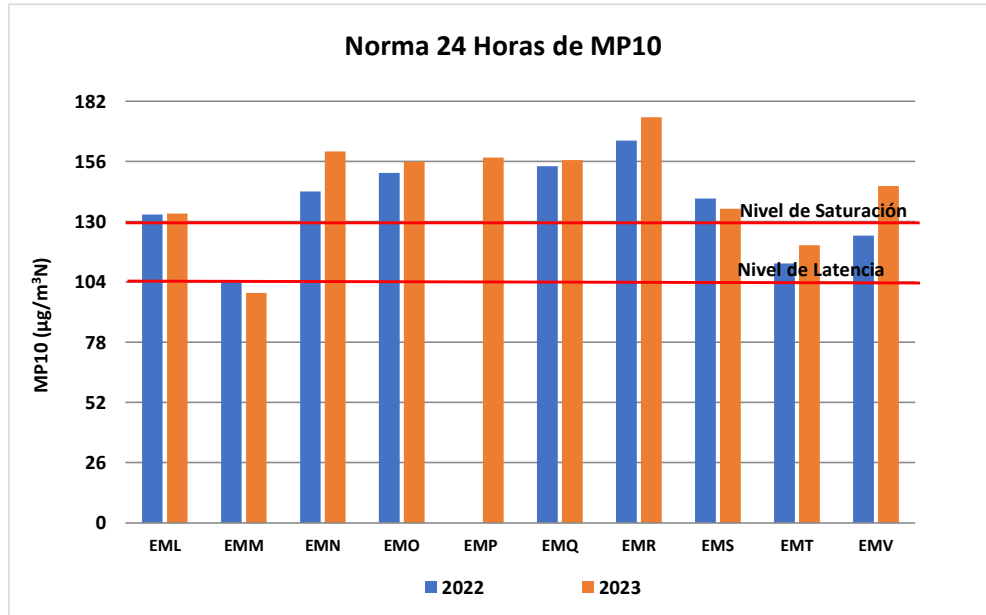
Tabla 16 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 98 Año 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas Año 2021 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Percentil 98 Año 2022 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma 24 horas Año 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 Año 2023 (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
Independencia (EMF)	S/I	----	S/I	----	S/I	----
La Florida (EML)	139	93	133	102	134	103
Las Condes (EMM)	109	73	104	80	99	76
Parque O'Higgins (EMN)	137	91	143	110	160	123
Pudahuel (EMO)	176	117	151	116	156	120
Cerrillos <sup>1</sup> (EMP)	----	----	----	----	158	122
El Bosque (EMQ)	167	111	154	118	157	121
Cerro Navia (EMR)	187	125	165	127	175	135
Puente Alto (EMS)	144	96	140	108	136	105
Talagante (EMT)	----	----	112	86	120	92
Quilicura (EMV)	154	103	124	95	145	112

<sup>1</sup>Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022. S/I: Sin información.

El Gráfico 4 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2022 y 2023.





**Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 para los años 2022 y 2023**

En la Tabla 17 se resume el número de días con excedencias a la norma de 24 horas de MP10, por estación durante el año 2023, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentaron en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 35 días, El Bosque (EMQ) con 33 días, Pudahuel (EMO) y Cerrillos (EMP) con 30 días, Parque O’Higgins (EMN) con 27 días, Quilicura (EMV) con 18 días y Puente Alto (EMS) con 11 días.

**Tabla 17 Días superación norma 24 horas de MP10 para el año 2023**

Estación	Días superación Norma 24 horas 2023
Independencia (EMF)	---
La Florida (EML)	8
Las Condes (EMM)	0
Parque O’Higgins (EMN)	27
Pudahuel (EMO)	30
Cerrillos (EMP)	30
El Bosque (EMQ)	33
Cerro Navia (EMR)	35
Puente Alto (EMS)	11
Talagante (EMT)	2
Quilicura (EMV)	18



Adicionalmente, en el Gráfico 5, se recopilan el número de excedencias de la norma de 24 horas por MP10, a nivel mensual y por estación durante el año 2023, donde se aprecia que las excedencias se dieron mayoritariamente en los meses de mayo y agosto.

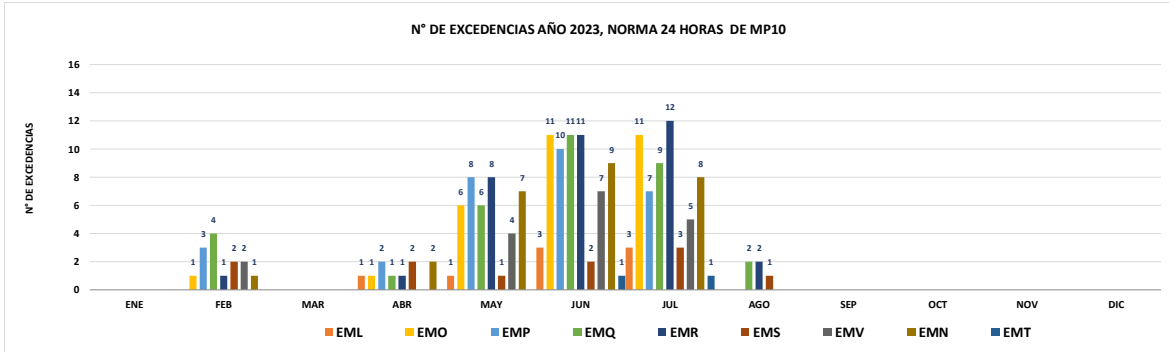


Gráfico 5 Excedencias a la Norma de 24 horas de MP10 en el año 2023

### 6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10 como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier estación monitorea calificada como EMRP, sea mayor o igual a 50 µg/m<sup>3</sup>N.

El período de evaluación de la norma anual para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 18, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2021, 2022 y 2023, para las estaciones de vigilancia de la Red MACAM-3.

La evaluación de los datos válidos de MP10 como norma anual determinó que la norma anual de MP10 fue superada en ocho (8) estaciones. Las concentraciones determinadas en las estaciones, mediante el promedio trianual correspondieron a: El Bosque (EMQ) con 75 µg/m<sup>3</sup>N (150%), Cerro Navia (EMR) con 71 µg/m<sup>3</sup>N (142%), Puente Alto (EMS) con 70 µg/m<sup>3</sup>N (140%), Parque O'Higgins (EMN) con 67 µg/m<sup>3</sup>N (134%), mientras que, Pudahuel (EMO) se determinó una concentración de 65 µg/m<sup>3</sup>N (130%), La Florida (EML) con 64 µg/m<sup>3</sup>N (128%), Quilicura (EMV) con 62 µg/m<sup>3</sup>N (124%), y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de 54 µg/m<sup>3</sup>N (108%).

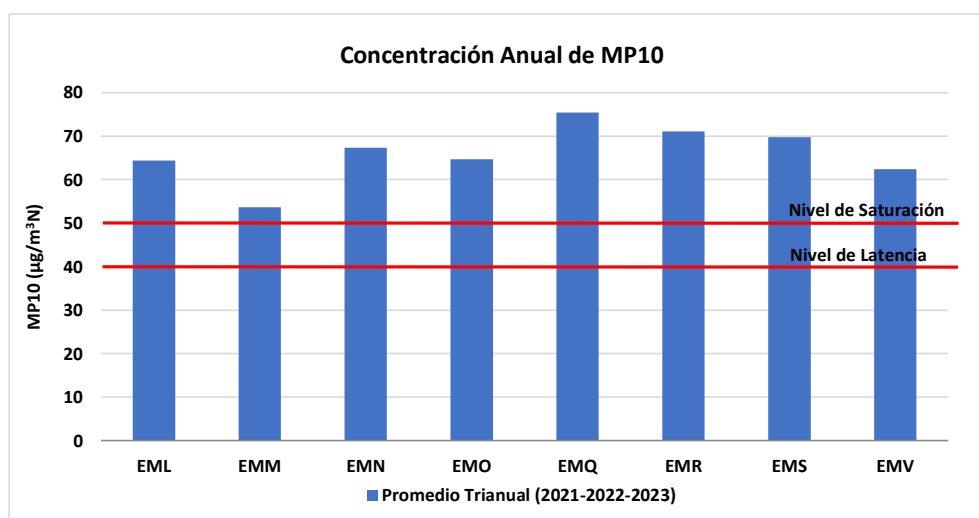


**Tabla 18 Evaluación de la norma anual para MP10 para el período 2021 al 2023**

Estación	Promedio Anual 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio Anual 2022 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio Anual 2023 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Promedio Trianual (2021-2022-2023) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	% de la Norma Anual ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
<b>Independencia (EMF)</b>	----	----	----	----	----
La Florida (EML)	62	66	65	64	128
Las Condes (EMM)	55	55	51	54	108
Parque O'Higgins (EMN)	63	68	71	67	134
Pudahuel (EMO)	63	65	66	65	130
Cerrillos <sup>1</sup> (EMP)	----	----	69	----	----
El Bosque (EMQ)	75	74	77	75	150
Cerro Navia (EMR)	70	71	72	71	142
Puente Alto (EMS)	68	70	73	70	140
Talagante (EMT)	----	50	50	----	----
Quilicura (EMV)	63	61	63	62	124

<sup>1</sup>Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022.

Complementariamente, en el Gráfico 6, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de los tres años calendarios consecutivos, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.



**Gráfico 6 Norma Anual para MP10 Promedio Trianual para el período 2021 al 2023**



### 6.3. Evaluación de la norma primaria SO<sub>2</sub>

#### 6.3.1. Evaluación de la norma primaria horaria de SO<sub>2</sub>

El periodo de evaluación de la norma primaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 19, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para SO<sub>2</sub>, en todas las estaciones de vigilancia de la calidad del aire de la Red MACAM-3.

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

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>N). 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 año de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cabe señalar que, las estaciones Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN), no presentan información desde octubre de 2014 y octubre de 2015, respectivamente, por lo que no fue posible evaluar la norma en dichas estaciones. Por otra parte, el análisis permitió concluir que la norma solo es posible evaluarla en la estación El Bosque (EMQ) y en estación La Florida (EML).

De acuerdo a lo calculado, Tabla 19, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en las estaciones de El Bosque (EMQ) y La Florida (EML), las concentraciones determinadas mediante el promedio trianual del percentil 99 fue de 3,71 ppbv y 4,41 ppbv, equivalente al 2,8% y 3,3% del límite de la norma horaria.

**Tabla 19 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO<sub>2</sub> para el período 2021 al 2023**

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual 2021-2022-2023 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (134 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	----	----
La Florida (EML)	3,41	3,30	4,43	3,71	2,8
Parque O'Higgins	S/I	S/I	S/I	----	----



Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual 2021-2022-2023 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (134 ppbv)
(EMN)					
<b>El Bosque (EMQ)</b>	3,44	5,24	4,54	4,41	3,3

\*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

El Gráfico 7 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio trianual. Mientras que, el Gráfico 8 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años de periodo analizado.

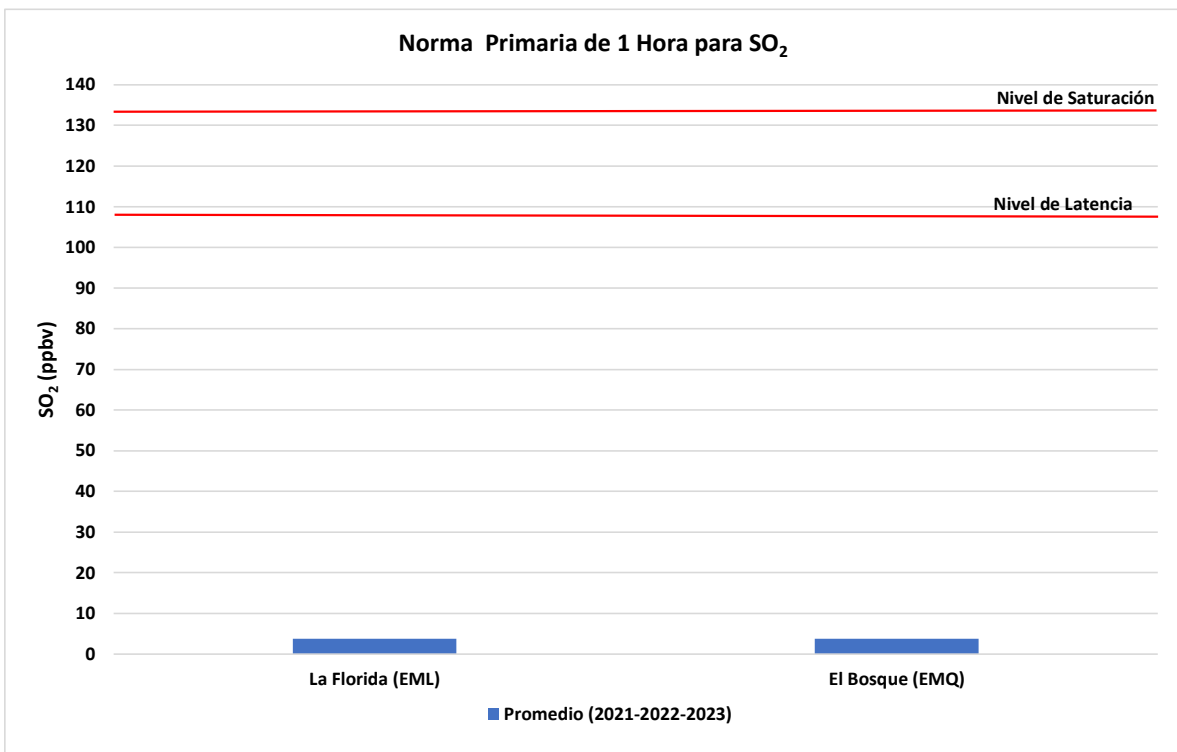


Gráfico 7 Norma primaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, promedio trianual periodo 2021 al 2023 (condición a)





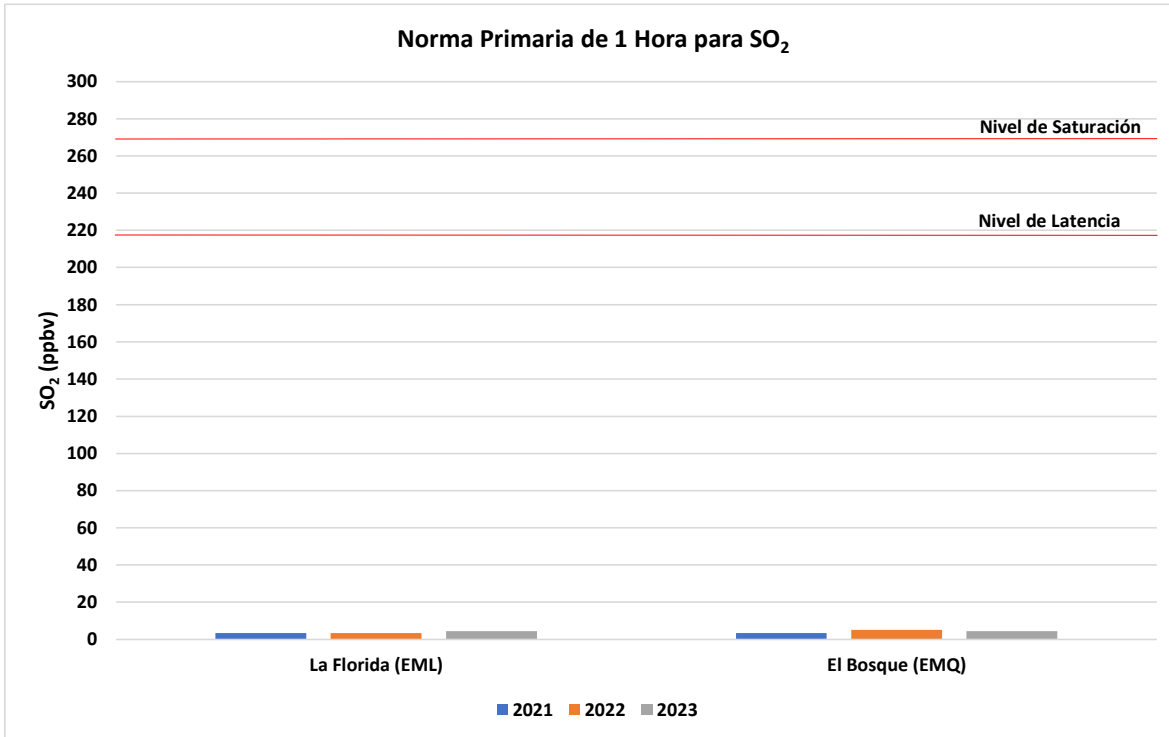


Gráfico 8 Norma primaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, por año para el periodo 2021 al 2023 (condición b)

### 6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO<sub>2</sub>

El período de evaluación de la norma 24 horas para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 20 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO<sub>2</sub>, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

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

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>N).
- b. 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.

La Tabla 20, muestra el análisis del cumplimiento de la norma de 24 horas por SO<sub>2</sub> como promedio trianual del percentil 99, el que determinó que la norma 24 horas no fue superada en las estaciones



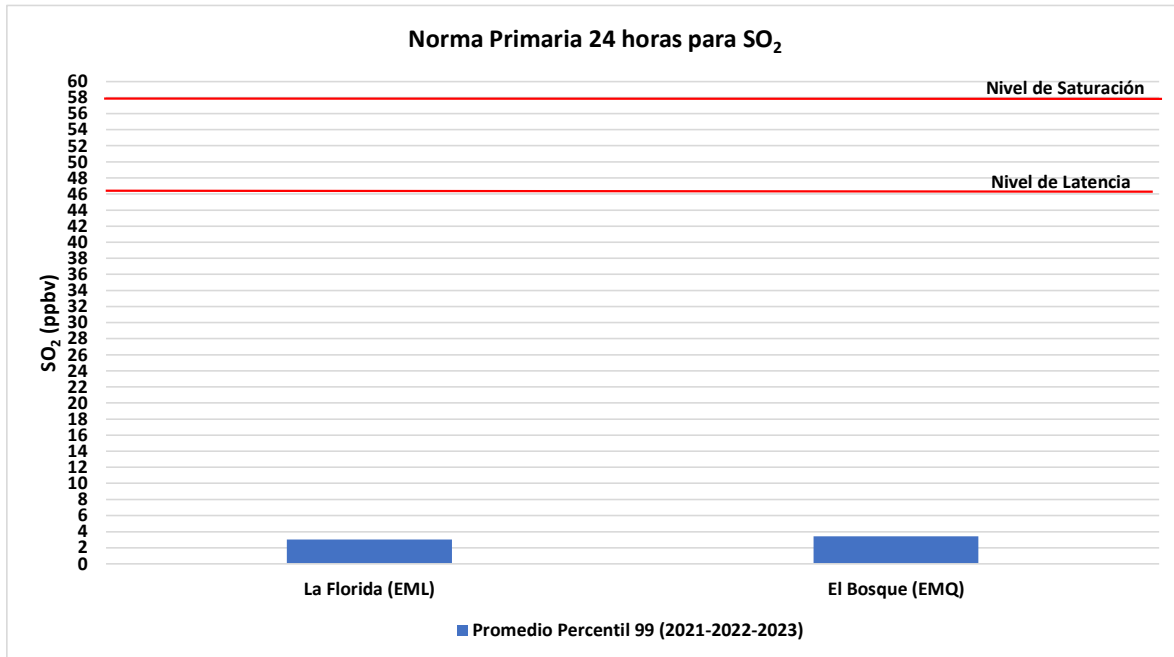
evaluadas, El Bosque (EMQ) y La Florida (EML), de la Red MACAM-3 y los valores determinados fueron de 3,40 ppbv y 2,99 ppbv, equivalente al 6% y 5% del límite de la norma de 24 horas.

**Tabla 20 Evaluación de la norma 24 horas de SO<sub>2</sub> para el período 2021 al 2023**

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma 24 horas (57 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	2,57	2,58	3,83	2,99	5
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	2,89	4,15	3,15	3,40	6

\*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

A continuación, en los Gráfico 9, se observa el promedio trianual del percentil 99 de las concentraciones diarias por estación para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En el Gráfico 10, se muestra la evaluación de norma de manera anual.



**Gráfico 9 Norma primaria 24 horas para SO<sub>2</sub>, promedio trianual periodo 2021 al 2023 (condición a)**



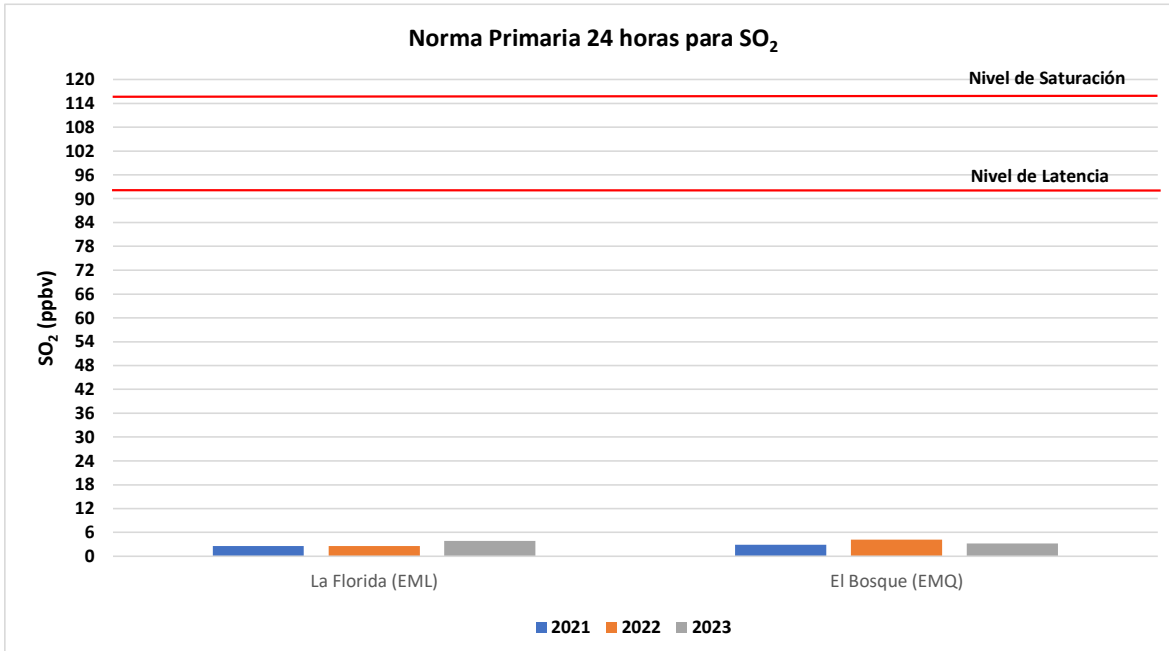


Gráfico 10 Norma primaria 24 horas para SO<sub>2</sub>, por año para el periodo 2021 al 2023 (condición b)

### 6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO<sub>2</sub>

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

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>N).
- b. 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.

El período de evaluación de superación de la norma anual para SO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. Se debe señalar que, las estaciones Independencia (EMF) y Parque O’Higgins (EMN), no presentaron información desde octubre de 2014 y desde octubre de 2015, respectivamente, por lo que no fue posible evaluar la norma anual en ambas estaciones. En el caso de la estación de la Florida (EML) no se cuenta con tres años calendarios consecutivos de concentraciones para evaluar la norma anual de SO<sub>2</sub>.

En la Tabla 21, se presenta un resumen con los promedios anuales y la evaluación de la norma anual para SO<sub>2</sub> en las estaciones de la Red MACAM-3. La evaluación de la norma de SO<sub>2</sub> se realizó en las dos (2) estaciones que miden el contaminante, encontrándose que la concentración promedio trianual está muy por debajo del límite establecido de 23 ppbv, los valores determinados como



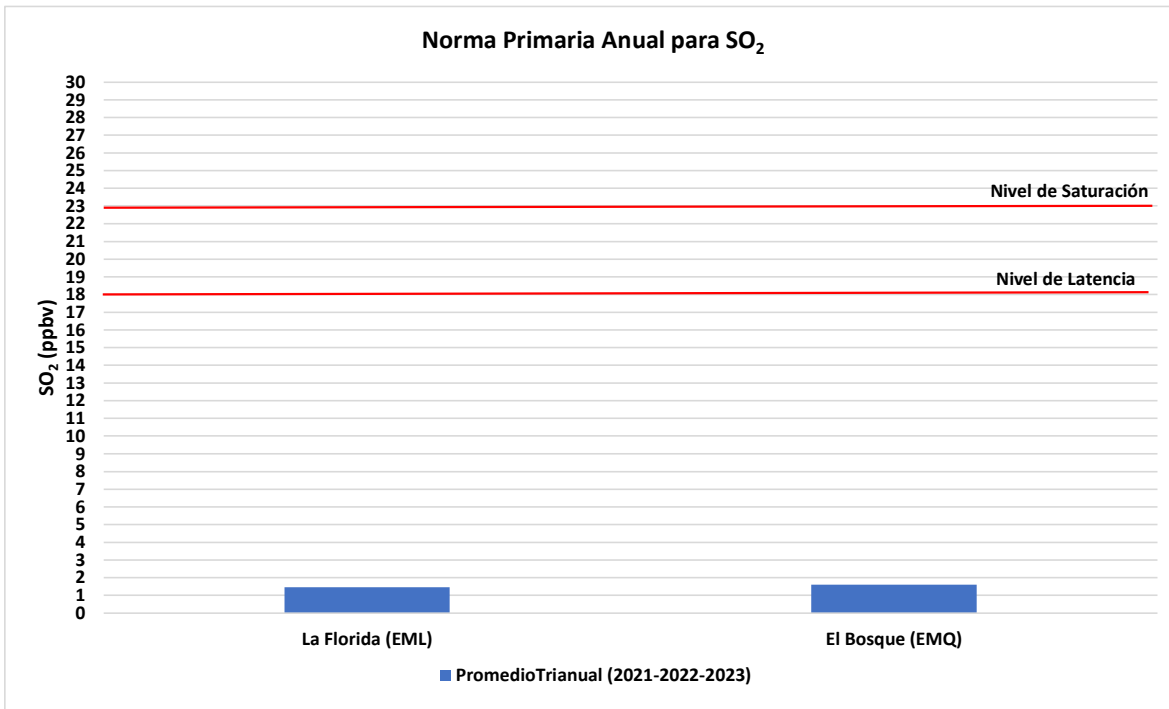
promedio trianual fueron de: 1,78 ppbv en estación de El Bosque (EMQ) y 1,83 ppbv en estación La Florida (EML), correspondiente al 7,7% y 8% respecto del valor del límite normativo.

**Tabla 21 Evaluación de la norma anual para SO<sub>2</sub> para el período 2021 al 2023**

Estación	Promedio Anual 2021 (ppbv)	Promedio Anual 2022 (ppbv)	Promedio Anual 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma Anual (23 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	1,28	1,65	2,57	1,83	8,0
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	1,37	2,18	1,78	1,78	7,7

\*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

A continuación, en el Gráfico 11, se observa el promedio trianual de las concentraciones anuales por estación para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En el Gráfico 12, se muestran los promedios anuales para el mismo periodo.



**Gráfico 11 Norma primaria anual para SO<sub>2</sub>, promedio trianual periodo 2021 al 2023 (condición a)**



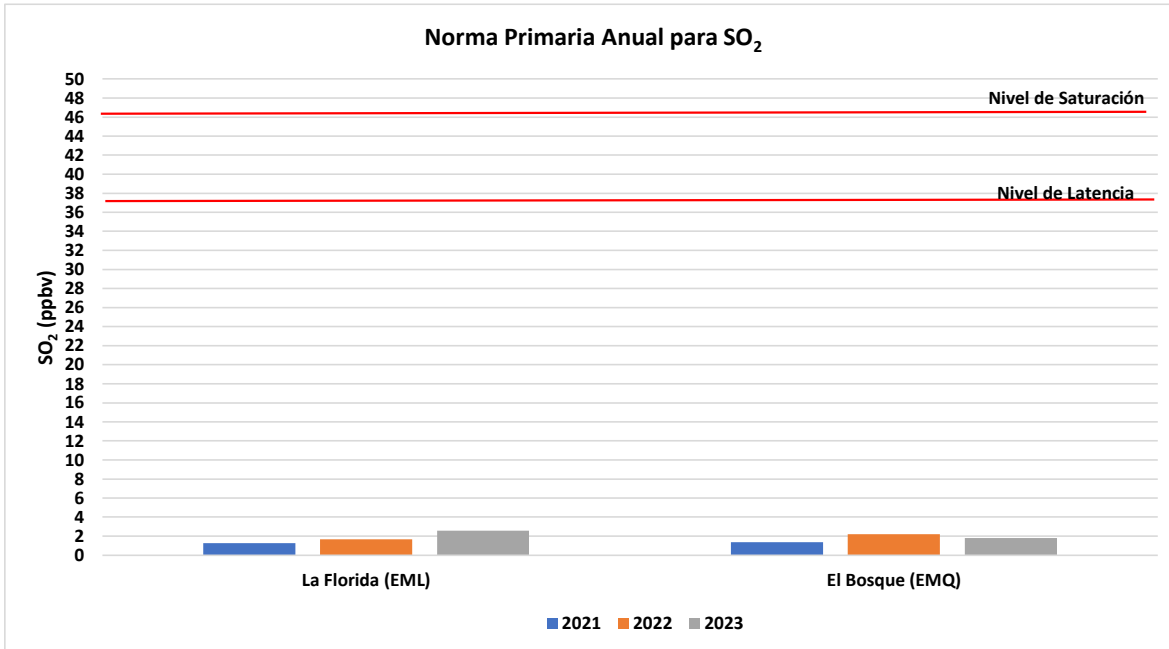


Gráfico 12 Norma primaria anual para SO<sub>2</sub>, promedio anual por año para periodo 2021 al 2023 (condición b)

## 6.4. Evaluación de la norma primaria O<sub>3</sub>

### 6.4.1. Evaluación de la norma 8 horas O<sub>3</sub>

El período de evaluación de la norma 8 horas para O<sub>3</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 112/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para O<sub>3</sub> como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 61 ppbv (120 µg/m<sup>3</sup>N).

Cabe señalar que, para el periodo evaluado, en la mayoría de las estaciones presentaron un porcentaje de datos validos superior al 75% requerido en la norma, mientras que la estación de Independencia (EMF) no presenta mediciones desde el año 2021 a la fecha. Por lo anterior, solo fue posible evaluar la norma de 8 horas en cinco (5) de las seis (6) estaciones.

Los resultados del cálculo del percentil 99, presentados en la 77ppbv (126%) en las Condes (EMM), 75 ppbv (123%) en La Florida (EML), 66 ppbv (108%) en Parque O'Higgins (EMN), 62 ppbv (102%) en Pudahuel (EMO) y 63 ppbv (103%) en El Bosque (EMQ).



Tabla 22 muestran que la norma como concentración de 8 horas fue superada en todas las estaciones evaluadas, y las concentraciones obtenidas fueron de: 77ppbv (126%) en las Condes (EMM), 75 ppbv (123%) en La Florida (EML), 66 ppbv (108%) en Parque O’Higgins (EMN), 62 ppbv (102%) en Pudahuel (EMO) y 63 ppbv (103%) en El Bosque (EMQ).

Tabla 22 Evaluación de la norma 8 horas para O<sub>3</sub> para el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma 8 horas (61 ppbv)
Independencia (EMF)	*	S/I	S/I	-----	-----
La Florida (EML)	70	68	88	75	123
Las Condes (EMM)	72	67	93	77	126
Parque O’Higgins (EMN)	64	62	71	66	108
Pudahuel (EMO)	54	54	77	62	102
El Bosque (EMQ)	59	55	76	63	103

\* El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%.

El Gráfico 13, muestra el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas, donde se pueden observar de manera gráfica los valores obtenidos en las estaciones.

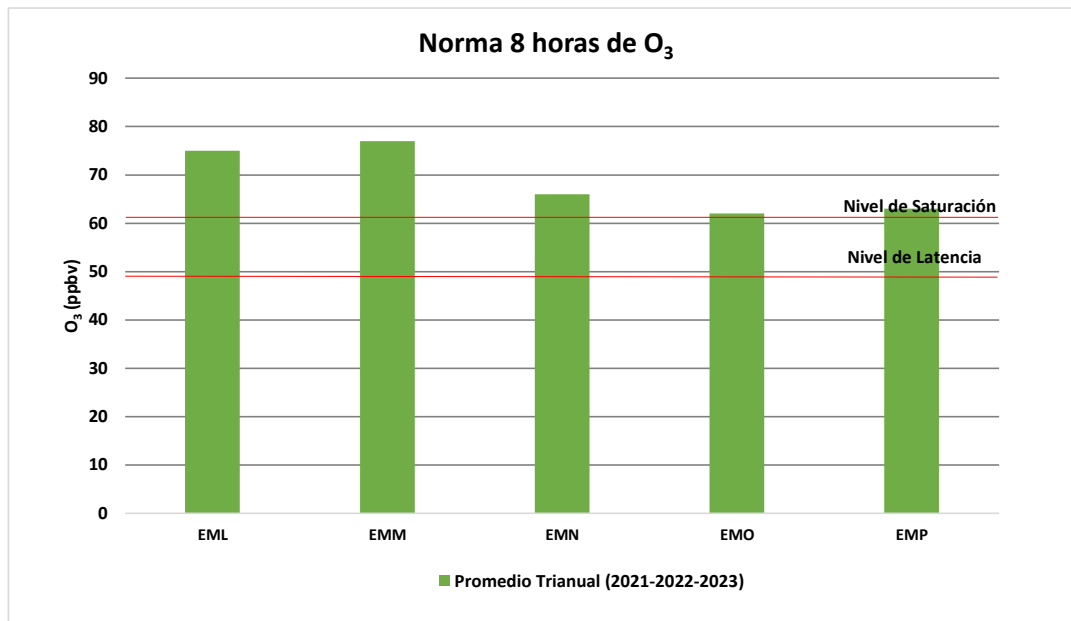


Gráfico 13 Norma 8 Horas para O<sub>3</sub> Promedio Trianual para el período 2021 al 2023



## 6.5. Evaluación de la norma CO

### 6.5.1. Evaluación de la norma 1 hora CO

El período de evaluación de la norma 1 hora para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 23, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para CO, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para CO como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 26 ppmv (30  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ).

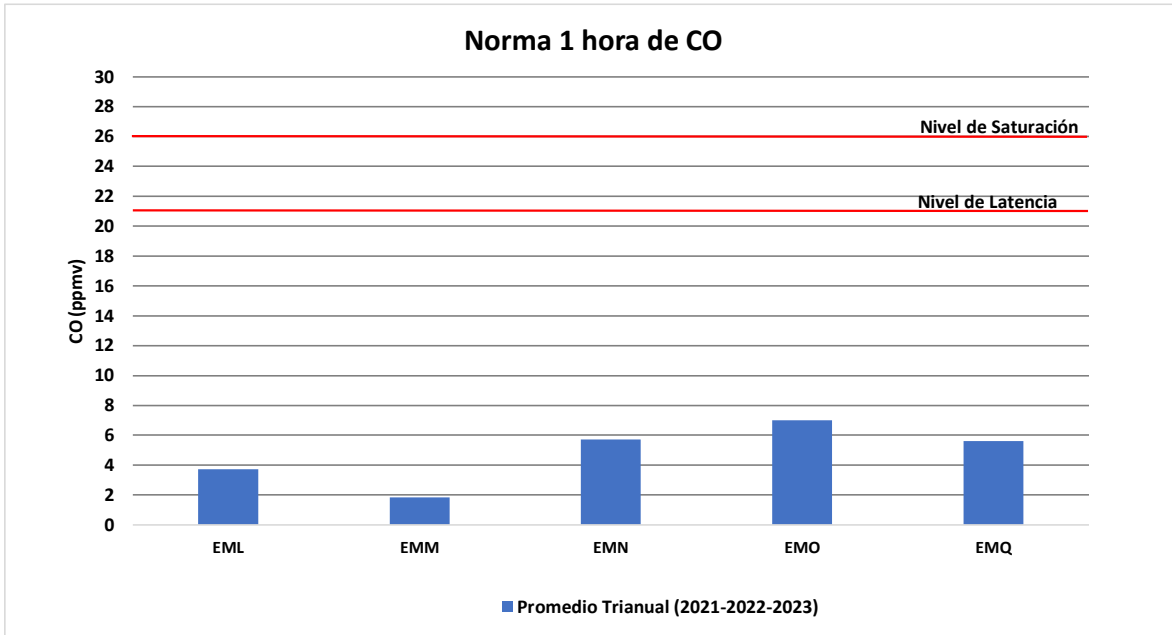
De acuerdo al análisis efectuado, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma (Tabla 23). Por otra parte, indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 7,01 ppmv, correspondiente al 27% del límite de la norma de 1 hora.

**Tabla 23 Evaluación de la norma 1 hora de CO para el período 2021 al 2023**

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Percentil 99 Año 2023 (ppmv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppmv)	% de la Norma 1 hora (26 ppmv)
Independencia (EMF)	*	S/I	S/I	----	----
La Florida (EML)	4,29	3,35	3,57	3,74	14
Las Condes (EMM)	1,61	1,99	1,91	1,84	7
Parque O'Higgins (EMN)	5,24	6,20	5,75	5,73	22
Pudahuel (EMO)	9,54	5,46	6,03	7,01	27
El Bosque (EMQ)	6,14	5,72	4,96	5,61	22

El Gráfico 14, muestra el comportamiento del percentil 99 de las concentraciones de CO para los años 2021, 2022 y 2023.





**Gráfico 14 Norma 1 Hora para CO Promedio Trianual para el período 2021 al 2023**

### 6.5.2. Evaluación de la norma 8 horas CO

El período de evaluación de la norma 8 horas para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 24 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 8 horas para CO, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para CO como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 9 ppmv (10 mg/m<sup>3</sup>N).

De la Tabla 24, es posible observar que la norma de 8 horas de CO no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3 y tampoco se superó el 80% de la norma de 8 horas de CO. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,85 ppmv, correspondiente al 54% del límite de la norma de 8 horas.

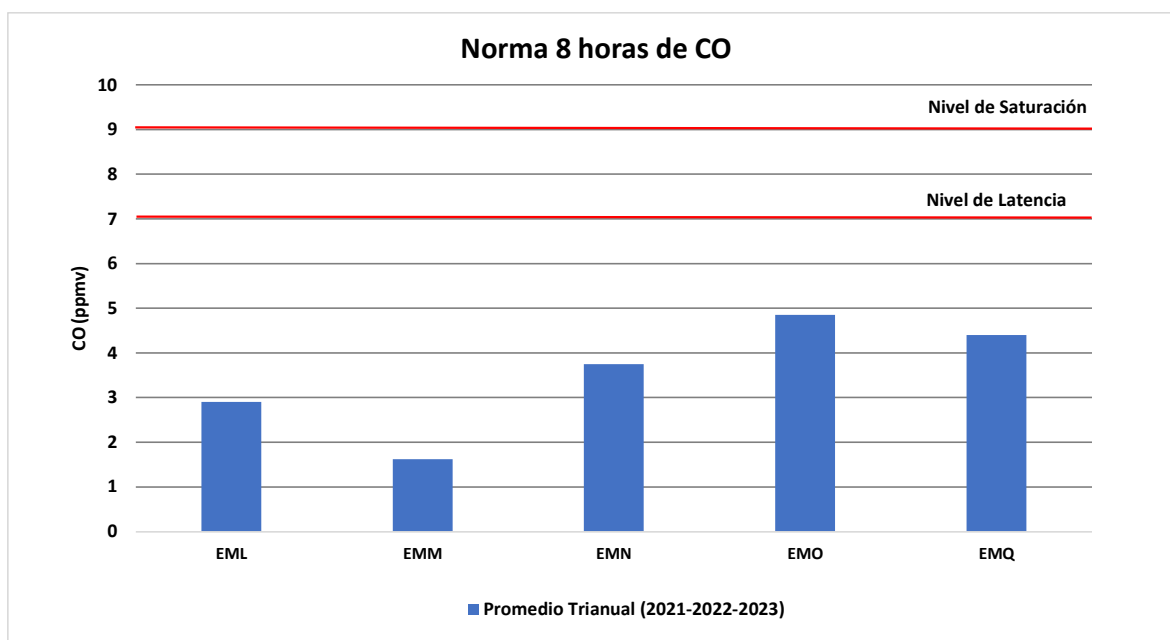




**Tabla 24 Evaluación de la norma 8 horas para CO para el período 2021 al 2023**

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Percentil 99 Año 2023 (ppmv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppmv)	% de la Norma 8 horas (9 ppmv)
Independencia (EMF)	*	S/I	S/I	----	----
La Florida (EML)	3,09	2,71	2,89	2,90	32
Las Condes (EMM)	1,46	1,70	1,69	1,62	18
Parque O'Higgins (EMN)	4,00	3,30	3,94	3,75	42
Pudahuel (EMO)	6,52	3,85	4,17	4,85	54
El Bosque (EMQ)	4,72	4,47	4,02	4,40	49

El Gráfico 15, presenta el promedio trianual del percentil 99 de las concentraciones de 8 horas para CO por estación para el período 2021 al 2023.



**Gráfico 15 Norma 8 Horas para CO Promedio Trianual para el período 2021 al 2023**



## 6.6. Evaluación de la norma NO<sub>2</sub>

### 6.6.1. Evaluación de la norma 1 hora NO<sub>2</sub>

El período de evaluación de la norma 1 hora para NO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 25, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para NO<sub>2</sub>, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO<sub>2</sub> como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 213 ppbv (400 µg/m<sup>3</sup>N).

En la Tabla 25, se muestra la evaluación de la norma de 1 hora a través del promedio del percentil 99, del análisis realizado se determinó que la norma no fue superada en las dos (2) estaciones en estudio, determinándose en la estación Las Condes (EMM) una concentración de 98,08 ppbv (46%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 77,29 ppbv (36%), encontrándose ambas por debajo del 80% del límite normativo.

Tabla 25 Evaluación de la norma de 1 hora para NO<sub>2</sub> para el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Percentil 99 Año 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma 1 hora (213 ppbv)
Las Condes (EMM)	108,50	88,14	97,60	98,08	46
Pudahuel (EMO)	83,30	67,53	81,03	77,29	36

En el Gráfico 16, se observa el comportamiento el percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para NO<sub>2</sub> para las estaciones de Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO).



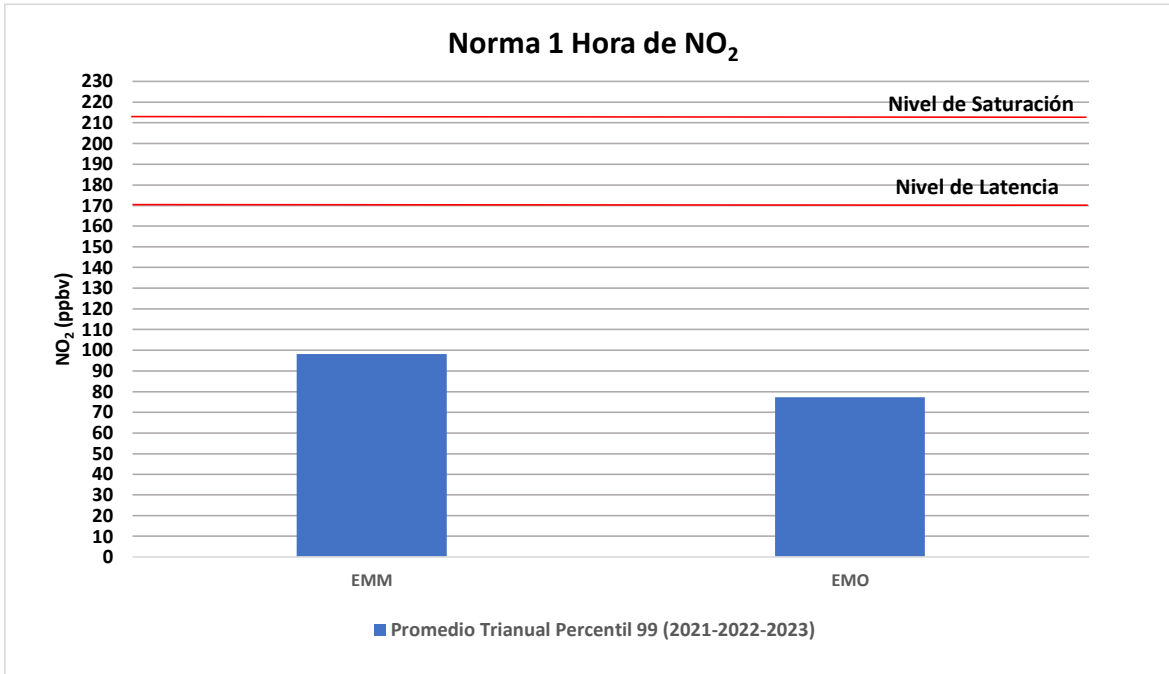


Gráfico 16 Norma 1 Hora para NO<sub>2</sub> Promedio Trianual para el período 2021 al 2023

### 6.6.2. Evaluación de la norma anual NO<sub>2</sub>

El período de evaluación de la norma anual para NO<sub>2</sub>, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 26, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma anual para NO<sub>2</sub>, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO<sub>2</sub> como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 53 ppbv (100 µg/m<sup>3</sup>N).

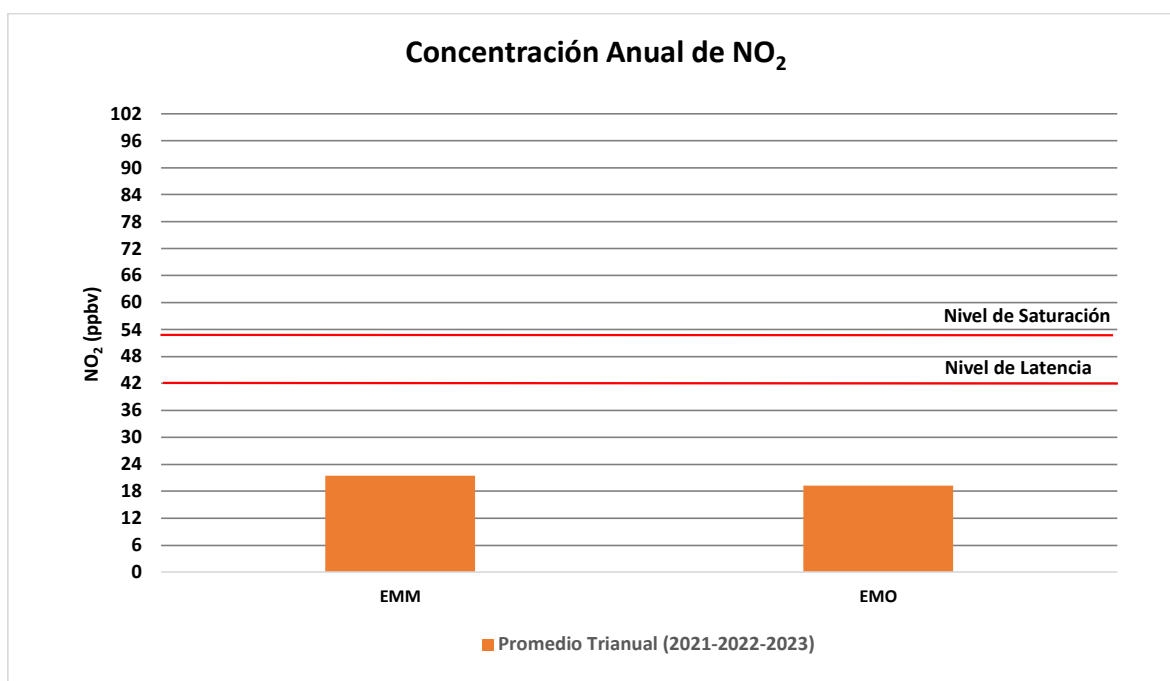
A continuación, en la Tabla 26, se resumen los valores obtenidos del promedio anual de las concentraciones de NO<sub>2</sub> para los años 2021, 2022 y 2023. El análisis de los datos disponibles para la evaluación de la norma anual de NO<sub>2</sub>, se determinó que las estaciones Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO), es posible evaluar la norma. Por último, se determinó el valor de la norma anual para NO<sub>2</sub>, mediante el cálculo del promedio trianual, se obtuvo una concentración de 19,27 ppbv en estación Pudahuel (EMO) y una concentración de 21,49 ppbv en estación Las Condes (EMM), equivalente al 36% y 41% del valor límite de la norma anual, respectivamente.

}



**Tabla 26 Evaluación de la norma anual para NO<sub>2</sub> para el período 2021 al 2023**

Estación	Promedio Anual 2021 (ppbv)	Promedio Anual 2022 (ppbv)	Promedio Anual 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma anual (53 ppbv)
Las Condes (EMM)	20,52	21,92	22,03	21,49	41
Pudahuel (EMO)	19,09	18,76	19,97	19,27	36



**Gráfico 17 Norma Anual para NO<sub>2</sub>, Promedio Trianual para el período 2021 al 2023**



## 7. CONCLUSIONES

El análisis de los datos de calidad del aire de la Red MACAM-3, consideró la información válida generada de las mediciones de MP10, MP2,5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO, en base al período comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023, de las estaciones de la Red MACAM-3 con representatividad poblacional por material particulado y gases, período en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para este informe de examen de información se consideraron como requisitos; la representatividad poblacional por MP10, MP2,5 y gases, de acuerdo a la Tabla 2, el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la correcta validación de los datos por parte del MMA.

Para la auditoría de los datos de mediciones horarias y diarios se consideraron los criterios establecidos en cada una de las normas primarias y aquellos contenidos en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, de MINSAL.

### **Norma de calidad del aire para MP2,5**

El resultado del análisis de los datos de MP2,5 para el año 2023, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m<sup>3</sup>, fue superada en siete (7) de las ocho (8) estaciones evaluadas, siendo la estación Cerro Navia (EMR) la que presentó la concentración más alta con 79 µg/m<sup>3</sup>, con un 158% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Pudahuel (EMO) con 76 µg/m<sup>3</sup> y Cerrillos (EMP) con 71 µg/m<sup>3</sup>, correspondiente al 152% y 142% del límite de la norma en estación El Bosque (EMQ) con 69 µg/m<sup>3</sup> (138%), Quilicura (EMV) con 64 µg/m<sup>3</sup> (128%), La Florida (EML) con 62 µg/m<sup>3</sup> (124%), Puente Alto (EMS) con 51 µg/m<sup>3</sup> (102%). Por último, en la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 45 µg/m<sup>3</sup> (90%).

Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que las estaciones que presentaron un número superior a 7 días con excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 50 días, El Bosque (EMQ) con 43 días, Pudahuel (EMO) con 42 días, Cerrillos (EMP) con 35 días, Quilicura (EMV) con 28 días, La Florida (EML) con 23 días y Puente Alto (EMS) con 9 días.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, entre el año 2021 y 2023, se concluyó que la norma fue superada en seis (6) de las ocho (8) estaciones analizadas y que cumplen con el porcentaje de datos válidos para el periodo en estudio, determinándose en las estaciones las concentraciones de: El Bosque (EMQ) con 29 µg/m<sup>3</sup> (145%), Cerro Navia (EMR) con 28 µg/m<sup>3</sup> (140%), la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 27 µg/m<sup>3</sup> (135%), Quilicura (EMV) y La Florida ambas con 24 µg/m<sup>3</sup> (120%), y



Puente Alto (EMS) con  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (110%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

### **Norma de calidad del aire para MP10**

El análisis de la norma de MP10 de 24 horas, que establece como límite  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , determinó que en ocho (8) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas en el año 2023, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con  $175 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (135%), Parque O'Higgins (EMN) con  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (123%), Cerrillos (EMP)  $158 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (122%), El Bosque (EMQ) con  $157 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (121%), Pudahuel (EMO) con  $156 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (120%), Quilicura (EMV) con  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (112%), Puente Alto (EMS) con  $136 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (105%) y La Florida (EML) con  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (103%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en estación Talagante (EMT) se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas con  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (92%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las diez (10) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias en el año 2023 fueron: Cerro Navia (EMR) con 35 días, El Bosque (EMQ) con 33 días, Pudahuel (EMO) y Cerrillos (EMP) con 30 días, y Parque O'Higgins (EMN) con 27 días.

A nivel de norma anual de MP10, se concluyó que esta fue superada en ocho (8) estaciones que cumplían con los criterios establecidos en la norma para el periodo evaluado. Por otra parte, la evaluación determinó que las estaciones que presentaron superación a la norma anual en el año 2023 fueron: El Bosque (EMQ) con  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (150%), Cerro Navia (EMR) con  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (142%), Puente Alto (EMS) con  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (140%), Parque O'Higgins (EMN) con  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (134%), mientras que, Pudahuel (EMO) se determinó una concentración de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (130%), La Florida (EML) con  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (128%), Quilicura (EMV) con  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (124%), y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (108%).

### **Norma primaria de calidad del aire para SO<sub>2</sub>**

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2021 al 2023 para el contaminante SO<sub>2</sub>, de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO<sub>2</sub>, solo fue posible realizar el análisis de información en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), el resto de las estaciones no presentaron mediciones.

El análisis de la norma de 1 hora que establece un límite de 134 ppbv, mediante el cálculo del percentil 99, determinó que esta no fue superada en las dos (2) estaciones evaluadas y las concentraciones determinadas mediante el promedio trianual del percentil 99 fueron de: 3,71 ppbv en El Bosque (EMQ) y 4,41 ppbv en La Florida (EML), equivalentes al 2,8% y 3,3% del límite de la norma horaria.



El resultado del análisis de la norma de 24 horas para SO<sub>2</sub> que establece como límite 57 ppbv, a través del cálculo del promedio trianual del percentil 99, concluyó que la norma 24 horas no fue superada en las estaciones evaluadas, El Bosque (EMQ) y La Florida (EML), de la Red MACAM-3 y los valores determinados fueron de 3,40 ppbv y 2,99 ppbv, equivalente al 6% y 5% del límite de la norma de 24 horas, respectivamente.

Respecto de la norma anual para SO<sub>2</sub> que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que de las dos (2) estaciones que miden el contaminante no superaron la norma anual, y los valores determinados como promedio trianual fueron de: 1,78 ppbv en estación de El Bosque (EMQ) y 1,83 ppbv en estación La Florida (EML), correspondiente al 7,7% y 8% respecto del valor del límite normativo.

### **Norma primaria de calidad del aire para O<sub>3</sub>**

Para el contaminante O<sub>3</sub> se evaluó la norma de 8 horas mediante el cálculo del percentil 99, para el periodo entre el año 2021 al 2023. Del análisis realizado a las seis (6) estaciones calificadas como EMRPG, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en cinco (5) estaciones. La evaluación concluyó que la norma de 8 horas, que establece como límite 61 ppbv, fue superada en todas las estaciones, y los valores obtenidos correspondieron a: 77ppbv (126%) en las Condes (EMM), 75 ppbv (123%) en La Florida (EML), 66 ppbv (108%) en Parque O'Higgins (EMN), 62 ppbv (102%) en Pudahuel (EMO) y 63 ppbv (103%) en El Bosque (EMQ).

### **Norma primaria de calidad del aire para CO**

De acuerdo al análisis efectuado para la norma de 1 hora de CO que establece como límite 26 ppmv, para el periodo 2021 al 2023, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las cinco (5) estaciones evaluadas de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma. Por otra parte, indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 7,01 ppmv, correspondiente al 27% del límite de la norma de 1 hora.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio trianual (2021 al 2023) del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM- 3, encontrándose todas por debajo del 80% del límite normativo. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,85 ppmv, correspondiente al 54% del límite de la norma de 8 horas.

### **Norma primaria de calidad del aire para NO<sub>2</sub>**

La evaluación de la norma de 1 hora por NO<sub>2</sub> que establece como límite 213 ppbv, mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de tres años, entre los años 2021 y 2023, concluyó que la norma no fue superada y tampoco se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, del



análisis realizado se determinó que la norma no fue superada en las dos (2) estaciones en estudio, determinándose en la estación Las Condes (EMM) una concentración de 98,08 ppbv (46%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 77,29 ppbv (36%), encontrándose ambas por debajo del 80% del límite normativo.

En relación a la evaluación de la norma de NO<sub>2</sub> a nivel anual y que establece como límite 53 ppbv, concluyó que la norma no fue superada en las estaciones Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO). Señalar que, se determinó el valor de la norma anual para NO<sub>2</sub>, mediante el cálculo del promedio trianual, determinándose una concentración de 19,27 ppbv en estación Pudahuel (EMO) y una concentración de 21,49 ppbv en estación Las Condes (EMM), equivalente al 36% y 41% del límite de la norma anual, respectivamente.





## 8. ANEXOS

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

