

Comité Operativo Ampliado (COA)

**Revisión D.S. N°104/2018 - MMA
NPCA Dióxido de azufre (SO₂)**

Sesión N°4

25 de junio de 2025



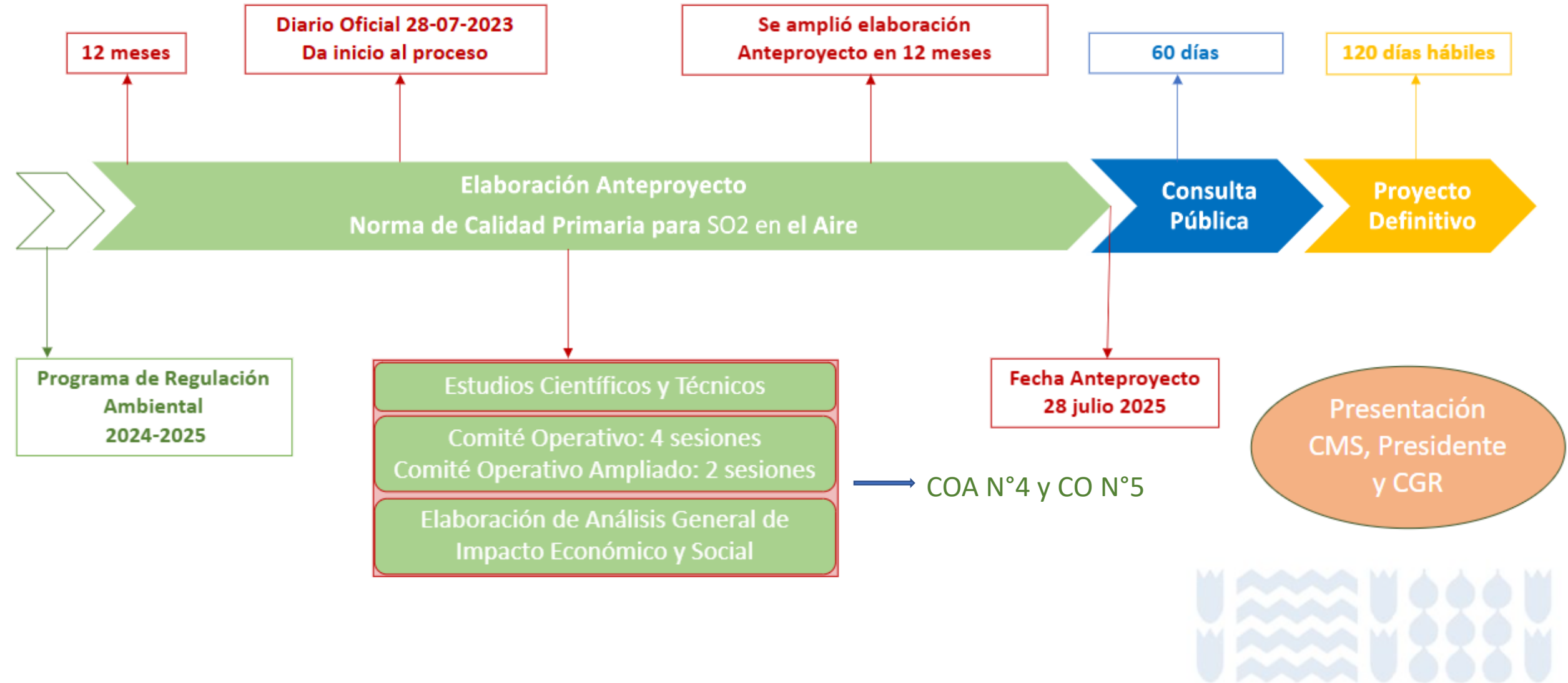
Tabla de sesión

- Antecedentes generales
- Efectos en la salud
- Normativa internacional
- Propuesta Escenarios Normativos NPCA SO₂
- Valores propuestos y AGIES preeliminar



Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión (D.S. N°38/2012, MMA)

000419



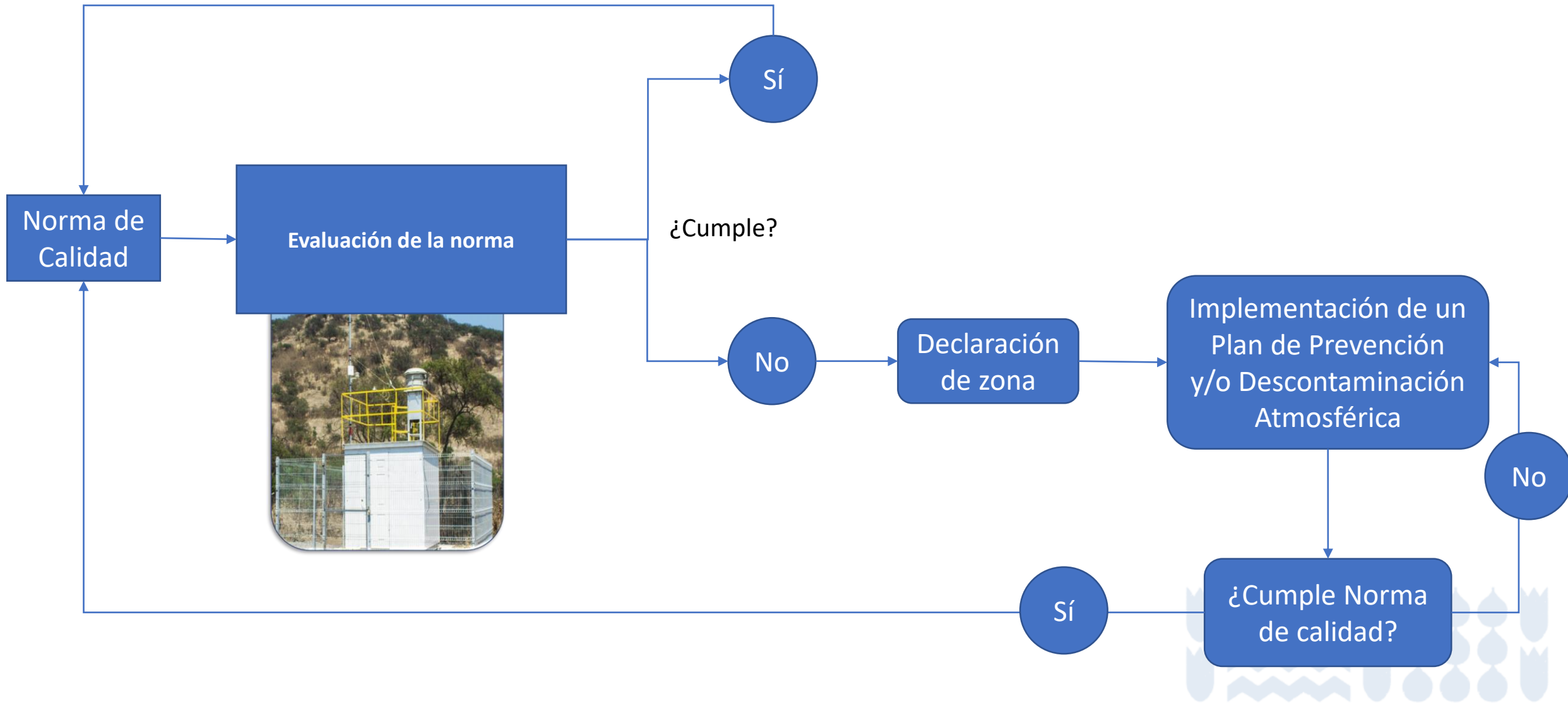
¿Qué es una norma ambiental?

Son disposiciones legales que establecen, por acuerdo entre los distintos sectores de la sociedad, cuáles serán los niveles de sustancias contaminantes que serán consideradas aceptables y seguros para proteger la salud de las personas y el medio ambiente.



<https://normasaire.mma.gob.cl/>

¿Cómo se implementa una norma de calidad?



Antecedentes generales

¿Qué es el dióxido de azufre (SO₂) ?

- Es un gas incoloro con un olor irritante característico. Este olor es perceptible a diferentes niveles, dependiendo de la sensibilidad individual.
- El SO₂ no es inflamable, no es explosivo y es relativamente estable.

Formación

- El SO₂ se forma a partir de la oxidación del azufre (S) contenido en el combustible, y en el S contenido en compuestos como el ácido sulfhídrico (H₂S) y sulfuros metálicos.

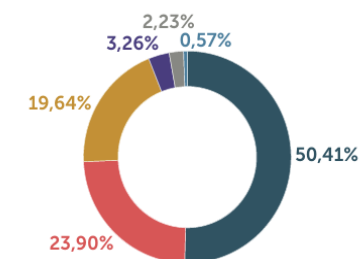
Principales fuentes de emisión

- Naturales → erupciones volcánicas e incendios forestales.
- Antropogénicas → Fundiciones de cobre, Procesos de Combustión de combustibles fósiles (carbón y derivados del petróleo), fábricas de celulosa y papel, cementeras, siderúrgicas, refinerías de petróleo y plantas de procesamiento químico.

Emisiones atmosféricas:

- Inventario de emisiones nacional año 2021, estima 121.254 t/a, donde el **99,3% provienen de fuentes puntuales**.

Indicador i6 | SO₂ - Emisiones puntuales por rubro (2021)



Fuente imagen: RETC 2021.

● Minería ● Otras industrias manufactureras
 ● Termoeléctricas ● Industria del papel y celulosa
 ● Producción de cemento, cal y yeso
 ● Otros rubros

Efectos en salud humana

Efectos Crónicos (largo plazo)

La evidencia existente es **sugere**nte, pero no **suficiente** para determinar efectos respiratorios por exposición a largo plazo.

Efectos agudos (corto plazo)

Existen **pruebas sólidas de una relación causal** respecto a efectos respiratorios por exposición de corto plazo, en particular para la población de riesgo o grupos sensibles (Niños y personas con asma o rinitis alérgica).

Relación periodo y respuesta

Peso de la evidencia de efectos del SO2 (USEPA, ISA del SO2 2017)

Exposición	Mortalidad	Morbilidad cardiovascular	Morbilidad respiratoria	Morbilidad metabólica	Morbilidad en el sistema nervioso	Morbilidad reproductiva y del desarrollo		Cáncer
						Reproducción y fertilidad en mujeres y hombres	Efectos del embarazo y el parto	
Largo Plazo	Inadecuado	Inadecuado (2)	Sugerente (1)	-	-	Inadecuado	-	Inadecuado
Corto Plazo	Sugerente	Inadecuado	Causal	-	-	-	-	-

(1) En la versión anterior se clasificó como inadecuado. Fuente: (US-EPA, 2017)
(2) En la versión anterior no fue incluido.

Relaciones de causalidad identificadas por la OMS en guía 2021

Exposición	Mortalidad cardiovascular y respiratoria	Mortalidad total	Morbilidad respiratoria	Morbilidad cardiovascular	Cáncer
Corto Plazo	Causal (1)(3)	Causal (3)	Causal (2)	-	-

Fuente: (OMS,). WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
(1) Solo respiratoria.
(2) Health Canada considera solo adultos.
(3) El grupo de trabajo de las Directrices de Calidad del Aire decide incluirlo, pero la evidencia no reporta realmente una relación de causalidad con mortalidad.

Historia Normativa de SO₂: mayor avance en valores aplicables a efectos agudos

000421 vta

R.E N° 1215/1987 (Min. Salud)

Valor Anual	24 horas
80 µg/Nm ³	365 µg/Nm ³

D.S. N° 185/1991 (Min. Minería)

Valor Anual	24 horas
80 µg/Nm ³	365 µg/Nm ³

Mantuvo niveles y estableció por primera vez Niveles de Emergencia como concentraciones horarias

Nivel 1: 750 - 999 ppbv	(1.962 - 2.615 ug/m ³ N)
Nivel 2: 1.000 - 1.499 ppbv	(2.616 - 3.923 ug/m ³ N)
Nivel 3: 1.500 ppbv o superior	(3.924 ug/m ³ N o superior)

D.S. N° 113/2002 (Min. Segpres)

Valor Anual	24 horas
80 µg/Nm ³	250 µg/Nm ³

Redujo norma de 24 horas. Mantuvo valor anual y Niveles de Emergencia

D.S. N° 104/2018 (MMA)

Valor Anual	24 horas	1 hora
60 µg/Nm ³ 23ppbv	150 µg/Nm ³ 57ppbv	350 µg/Nm ³ 134 ppbv

Se consideró evidencia epidemiológica de los efectos agudos. Se incluyó valor horario y nuevos valores para todas las métricas y niveles de emergencia

		Niveles de emergencia expresados como concentración de 1 hora de dióxido de azufre en µg/m ³ N (en ppbv)	
1	Alerta	500 - 649 ug/m ³ N	(191 - 247 ppbv)
2	Preemergencia	650 - 949 ug/m ³ N	(248 - 362 ppbv)
3	Emergencia	950 ug/m ³ N o superior	(363 ppbv o superior)

Cumplimiento Normativo SO2 - Norma de 1 hora

000422

Norma Horaria

134 ppbv
350 µg/Nm³

P.99 Concentraciones horarias SO2, promedio trianual (ppb)

Region			Estacion (IdiMonitores)		Rango Trienio		2022-2024	
Region	Comuna	Estacion (IdiMonitores)	2021-2023		2022-2024			
			1	2	1	2	1	2
Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	1					
	Calama	Club Deportivo 23 de Marzo	8				12	
		Estacion Centro	6				10	
		Hospital del Cobre	7				9	
		Nueva ChiuChiu	5				7	
		Oasis	2				3	
	Tocopilla	Gobernacion	3				3	
		Super Site	27				17	
	Copiapó	Copiapó Sívica					3	
		Copiapó*	18				11	
Atacama		Los Volcanes*	24				15	
		Paipote*	40				26	
		San Fernando*	14				10	
	Huasco	EME F*	4				3	
		EME M*	6				6	
		SM1**					14	
		SM2**	5				5	
		SM3**	24				24	
		SM4**	11				9	
		SM5**	4				4	
Valparaíso	Freirina	SM6**	3				2	
		SM8**	4				5	
	Tierra Amarilla	Tierra Amarilla***	32				19	
	Catemu	Catemu*	23				20	
		Romeral*	28				25	
		Santa Margarita*	80				74	
	Concon	Colmo***	10				8	
		Concon***	24				21	
		Junta de Vecinos***	8				9	
		Las Gaviotas***	10				8	
Metropolitana	Panquehue	Lo Campo*	43				37	
	Puchuncavi	La Greda***	17				10	
		Los Maitenes***	68				45	
		Puchuncavi***	22				16	
		Ventanas	17				11	
	Quillota	Cuerpo de Bomberos	29				27	
		La Palma	9				8	
		San Pedro	21				19	
	Quintero	Centro Quintero***	44				28	
		Loncura***	26				16	
O'Higgins		Quintero***	54				29	
		Sur**	38				25	
		Valle Alegre***	24				15	
	La Florida	La Florida*	3				4	
	El Bosque	El Bosque*	4				4	
	Rancagua	Rancagua I	1				1	
	Machali	Cauquenes	15				17	
		Cipreses	12				13	
		Coya Poblacion	14				18	
	Talca	La Florida	3				3	
Biobío	Chiguayante	Punteras	2				2	
	Talcahuano	Consultorio - San Vicente	9				8	
		Indura	8				6	
		Inpesca	13				13	
	Tome	Liceo Polivalente	3				3	
	Concepcion	Kingston College	3				2	
	Hualqui	Hualqui	2				2	
	Coronel	Calabozo	11				7	
		Coronel Norte	15				6	
		Coronel Sur	9				5	
Aysén	Hualpen	Bocatoma	6				5	
		ENAP Price	24				20	
		JUNJI	42				38	
	Laja	Laja	2				5	
	Nacimiento	Lautaro	7				6	
	Coyhaique	Coyhaique II	4				3	
							134	
							107	
							134	
							107	

* Corresponde a una estación monitorea con representatividad poblacional.
** Corresponde a una estación monitorea con representatividad de recursos naturales.
*** Corresponde a una estación monitorea con representatividad poblacional y también con representatividad de recursos naturales.

Cumplimiento Normativo SO2 - Norma de 24 horas

000422 vta

Norma 24 horas

57 ppbv
150 µg/Nm³

P.99 concentraciones diarias SO2, promedio trianual (ppb)



Fuente: estudio de antecedentes

Cumplimiento Normativo SO2 - Norma anual

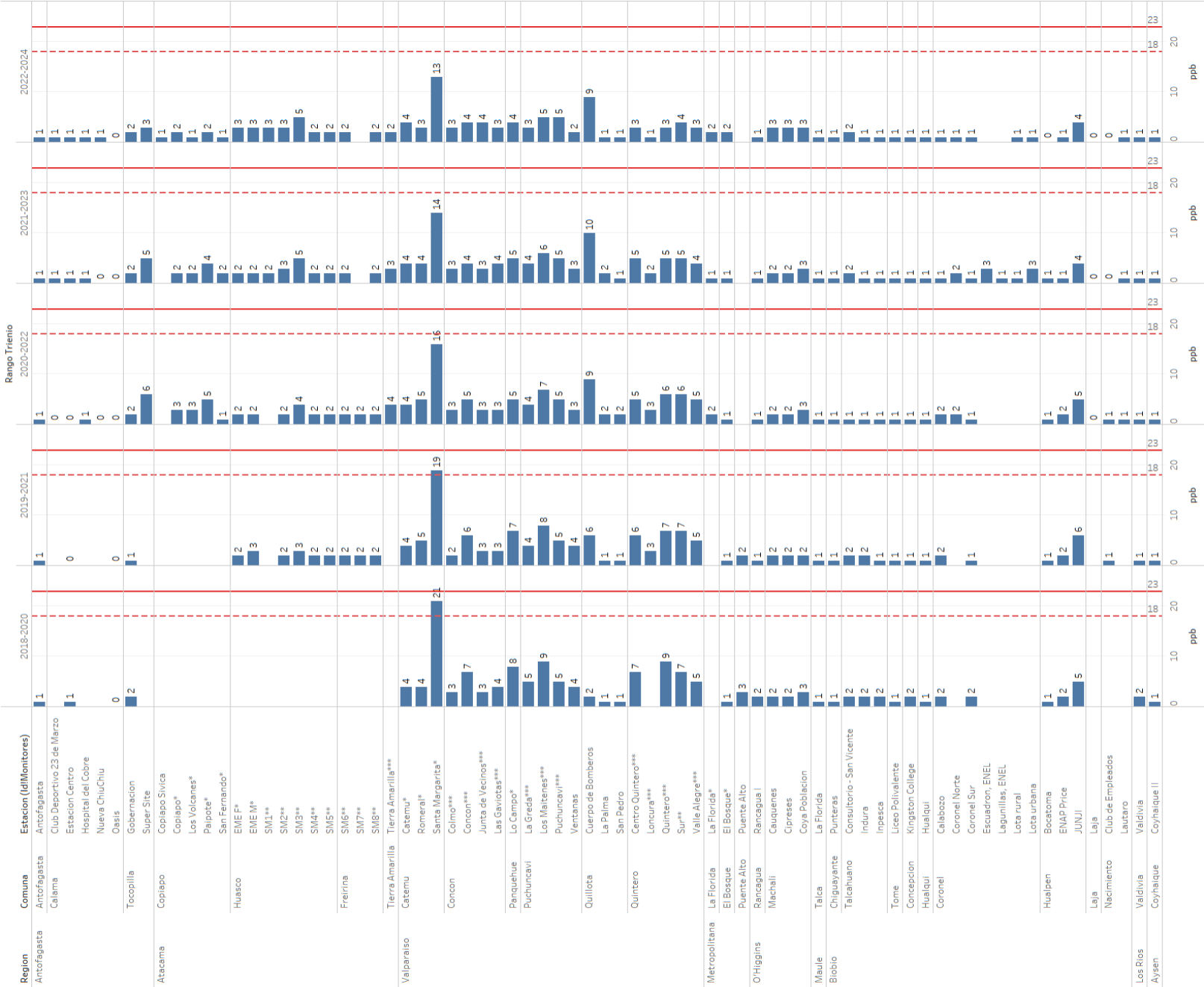
000423

Norma Anual

23 ppbv
60 µg/Nm³

* Corresponde a una estación monitora con representatividad poblacional.
** Corresponde a una estación monitora con representatividad de recursos naturales.
*** Corresponde a una estación monitora con representatividad poblacional y también con representatividad de recursos naturales.

Promedio trianual de SO2 (ppb)



Fuente: estudio de antecedentes

Normativa Nacional e Internacional NPCA SO₂

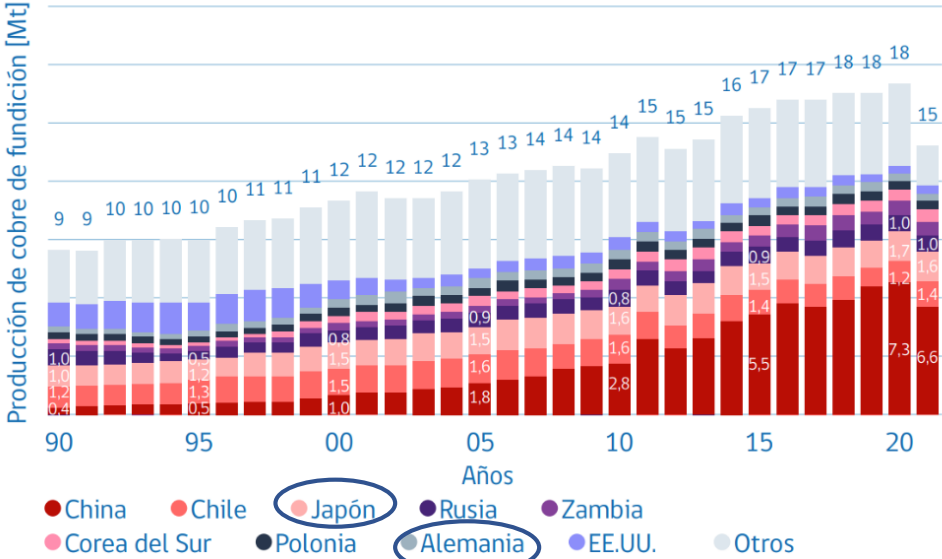
Resumen valores límite o de referencia para el Dióxido de Azufre [µg/m³]

Tipo norma	País/Organización	Media 10 min	Media 30min	Media 1h	Media 24h	Media anual
Primaria	Chile ⁽¹⁾			350	150	60
	Alemania			350	125	50
	Argentina				365	80
	Brasil				50	30
	Canadá			183		13
	China			500	150	60
	Colombia			100	50	
	España			350	125	
	US EPA Estados Unidos			197		
	Italia			350	125	
	Japón			262	105	
	México			197	105	
	OMS 2021	500		125 NI1 50 NI2 40 VG		
	Perú				250	
	Reino Unido			350	125	
	Suecia			200	100	
	Suiza		100		100	30
	Unión Europea			350	125	
	Unión Europea (al 2030)			350	50	20

(1): En Chile se normaliza a condiciones estándar (presión 1 atm, temperatura 25 °C).

Fuente: Elaboración propia

Producción mundial de cobre fundido por país, 1990-2021



Fuente: Estrategia FURE Min. Minería



Propuesta Escenarios Normativos

Contaminante	Escenario	Fuente	Max 1h	Media 24h	Media anual
SO ₂ primaria (µg/m ³)	Base	NPCA	350 (134 ppbv)	150 (57 ppbv)	60 (23 ppbv)
	Propuesta 1	Entre Japón y EPA-USA OMS-OI1 Alemania	250 (95 ppbv)	125 (48 ppbv)	50 (19 ppbv)
	Propuesta 2	EPA-USA OMS-VG UE2030	197 (75 ppbv)	40 (15 ppbv)	20 (8 ppbv)
	Propuesta Preliminar presentada al CO	EPA-USA OMS-OI1 Alemania	197 (75 ppbv)	125 (48 ppbv)	50 (19 ppbv)
	Propuesta 3	Japón Japón Alemania	262 (100 ppbv)	105 (40 ppbv)	50 (19 ppbv)



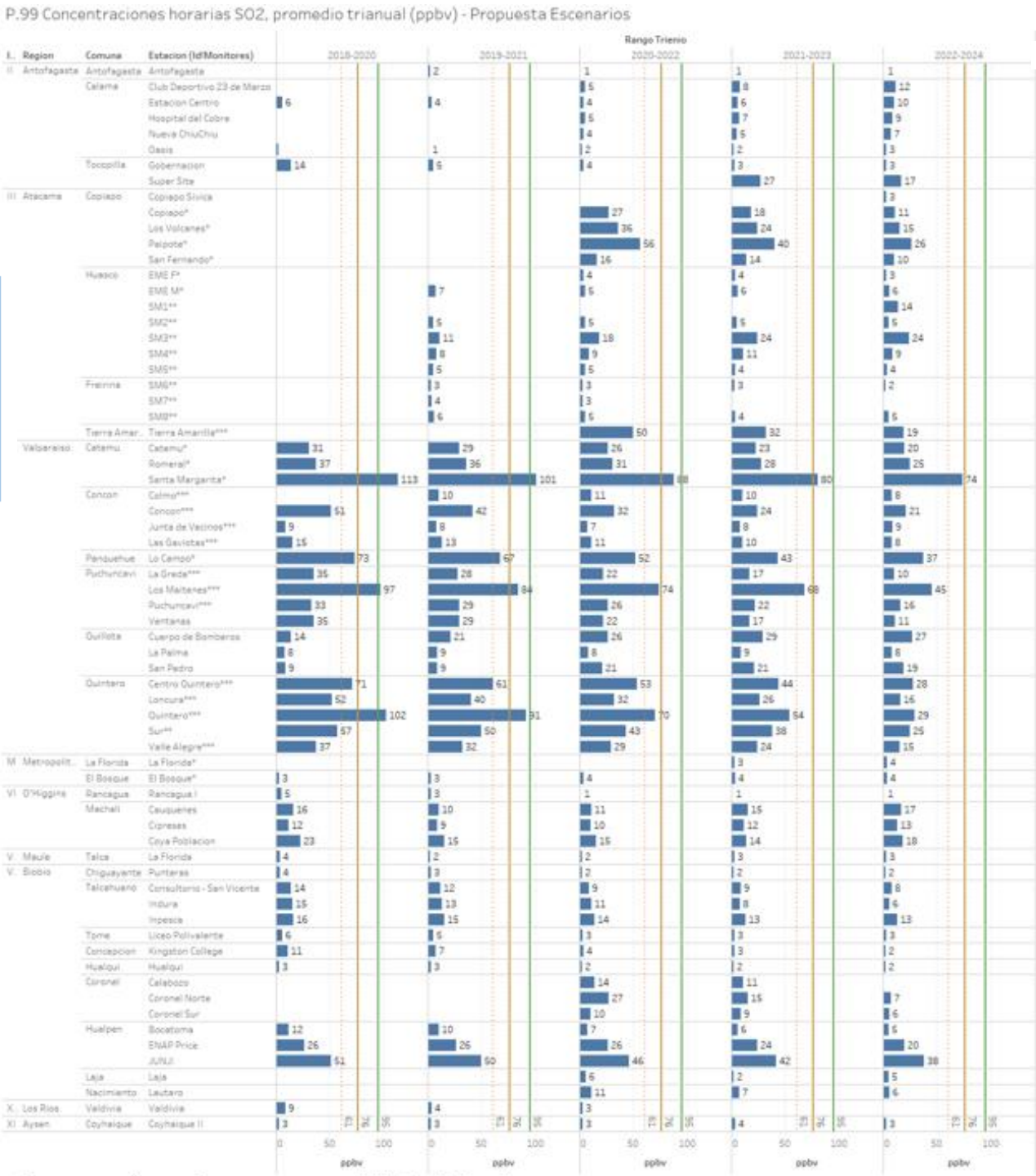
Propuesta Escenarios Norma Horaria

Contaminante	Escenario	Fuente	Media 1h	Media 24h	Media anual
SO ₂ ppbv	Base	NPCA	134	57	23
	Propuesta 1	Avance OMS NI1 Alemania	95	48	19
	Propuesta 2	US EPA VG OMS UE 2030	76	15	8

Propuesta 3 NPCA SO ₂	Máx 1h	Media 24h	Media Anual
Japón	262 µg/Nm ³	105 µg/Nm ³	50 µg/Nm ³
Japón			
Alemania	100 ppbv	40 ppbv	19 ppbv

Valor latencia = 80 ppbv

Último informe SMA (DFZ-2025-1718-V-NC) señala una concentración de 74,47 ppbv en estación Santa Margarita



000424 vta

Propuesta Escenarios Norma Diaria

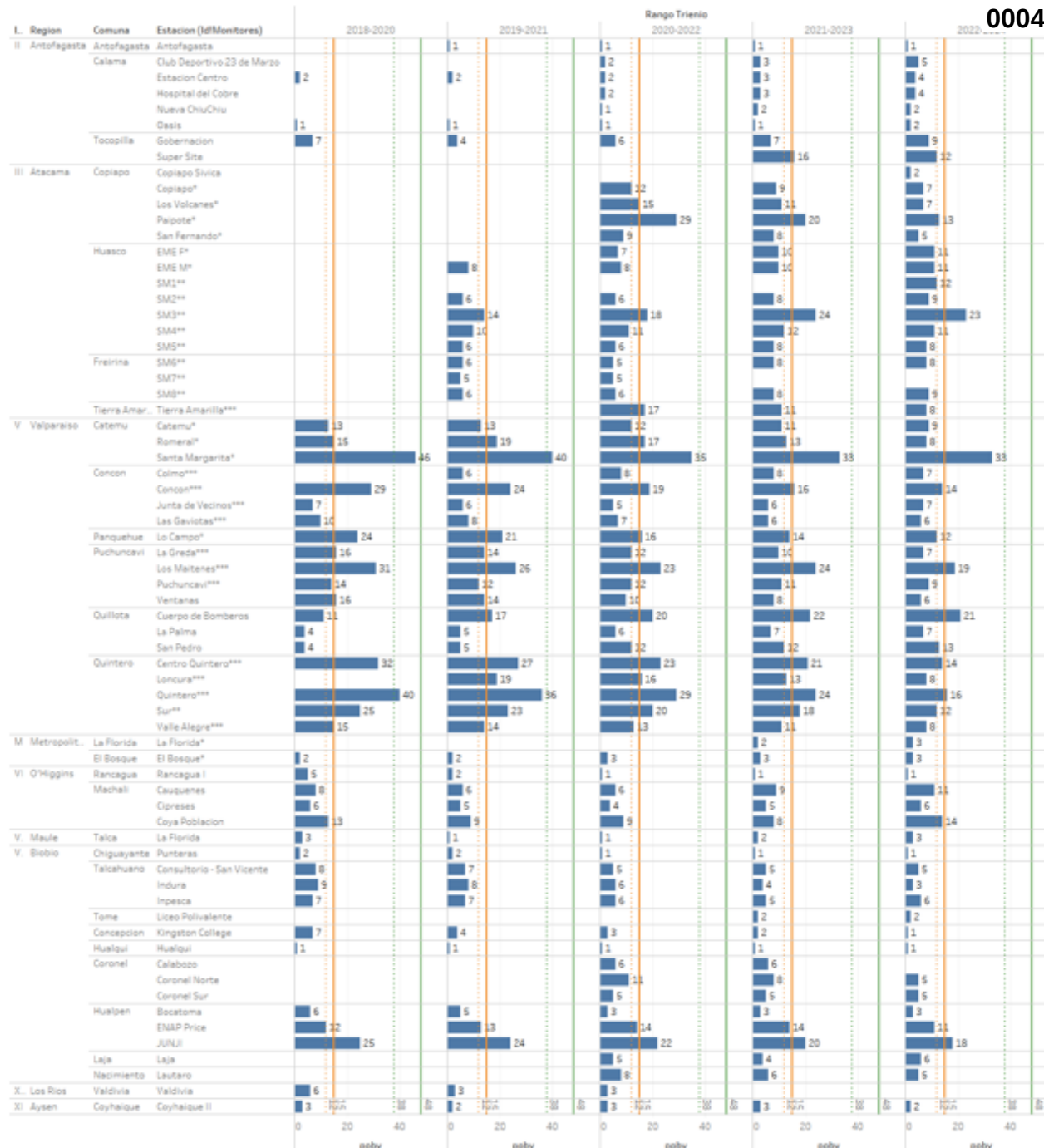
Contaminante	Escenario	Fuente	Media 1h	Media 24h	Media anual
SO ₂ ppbv	Base	NPCA	134	57	23
	Propuesta 1	Avance OMS NI1 Alemania	95	48	19
	Propuesta 2	US EPA VG OMS UE 2030	76	15	8

Propuesta 3 NPCA SO ₂	Máx 1h	Media 24h	Media Anual
Japón	262 µg/Nm ³	105 µg/Nm ³	50 µg/Nm ³
Japón	100 ppbv	40 ppbv	19 ppbv
Alemania			

Valor latencia = 32 ppbv

Último informe SMA (DFZ-2025-1718-V-NC) señala una concentración de 31,14 ppbv en estación Santa Margarita

P.99 Concentraciones diarias SO₂, promedio trianual (ppbv) - Propuesta Escenarios



000425

Propuesta Escenarios Norma Anual

Contaminante	Escenario	Fuente	Media 1h	Media 24h	Media anual
SO ₂ ppbv	Base	NPCA	134	57	23
	Propuesta 1	Avance OMS NI1 Alemania	95	48	19
	Propuesta 2	US EPA VG OMS UE 2030	76	15	8

Propuesta 3 NPCA SO ₂	Máx 1h	Media 24h	Media Anual
Japón	262 µg/Nm ³	105 µg/Nm ³	50 µg/Nm ³
Japón Alemania	100 ppbv	40 ppbv	19 ppbv

Valor latencia = 15 ppbv

Último informe SMA (DFZ-2025-1718-V-NC) señala una concentración de 13,62 ppbv en estación Santa Margarita

Promedio trianual (ppbv) - Propuesta Escenarios



Resumen de criterios para nueva actualización NPCA

Seguir avanzando principalmente en métricas que resguarden de los **efectos agudos del SO₂** (Norma 1h, 24 horas y Niveles de emergencia), y con más gradualidad valores para proteger de efectos crónicos (Norma anual)

- Seguir avanzando considerando las zonas de interés, **entorno de fundiciones con mayores concentraciones de SO₂**
- Considerar normativas internacionales **OMS, US-EPA, UE y de países con fundiciones**
- Avanzar consistentemente con otros instrumentos



Valores propuestos NPCA SO₂

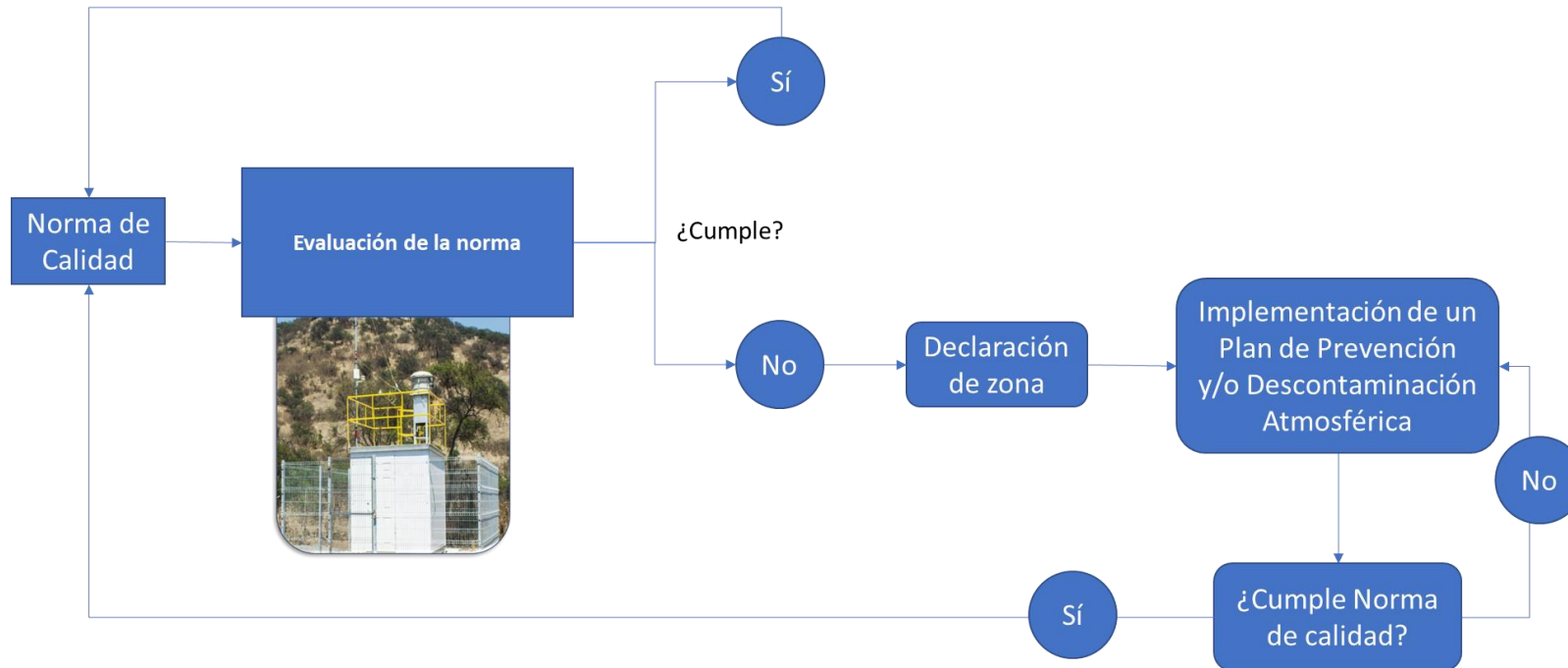
Escenario	Máximo 1 h	Media 24 h	Media Anual
Propuesta 3	262 µg/Nm ³ (100 ppbv)	105 µg/Nm ³ (40 ppbv)	50 µg/Nm ³ (19 ppbv)

Niveles de emergencia para NPCA SO₂

Nivel		Concentración de 1 hora en µg/Nm ³	Concentración de 1 hora en ppbv
1	Alerta	360-469	137-179
2	Preemergencia	470-689	180-263
3	Emergencia	690 o superior	264 o superior



Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES)



Al no existir superación de la propuesta normativa en ninguna estación calificada como EMRPG para SO_2 , no existen costos ni beneficios asociados.



Expediente electrónico

https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=942156



EXPEDIENTES ELECTRÓNICOS

Planes y Normas

[Normas de Calidad](#) [Normas de Emisión](#) [Planes](#) [Búsqueda](#)

Normas de Calidad > Norma Primaria de Calidad del Aire para SO2 > Expediente

Según el reglamento de las normas y planes es necesario cumplir con mantener un expediente en el cual se incluya toda la información generada en el proceso de elaboración o revisión de normas..

Ficha **Expediente**

Nombre Norma Primaria de Calidad del Aire para SO2

Estado En elaboración

Documentos Publicados

Nº	Nº Folio	Documento	Materia	Remitido por	Fecha de Publicación
1	1-2	Resolución Inicio Anteproyecto 	Res. Ex. N° 706	Ministerio del Medio Ambiente	20-07-2023
2	3	Publicación DO Res 706 	Publicación DO	Ministerio del Medio Ambiente	28-07-2023



