



Metodologías de medición y complejidades enfrentadas en la norma de Centrales Termoeléctricas"

Francisco Alegre De La Fuente

Junio 2021



Objetivos

- Conocer las metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma.
- Conocer de manera general los Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) y su proceso de validación.
- Conocer a grandes rasgos los Métodos de Referencia
- Conocer grandes rasgos los Métodos Alternativos
- Nuevas tecnologías

Metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma (D.S.13/2011 MMA)

- La norma establece en la Tabla N°1 y 2 límites [mg/Nm³] para **MP, SO₂ y NO_x**

Combustible	Material Particulado (MP)	Dióxido de azufre (SO ₂)	Oxidos de Nitrógeno (NO _x)
Sólido	50	400	500
Líquido	30	30	200
Gas	n.a.	n.a.	50

Combustible	Material Particulado (MP)	Dióxido de azufre (SO ₂)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)
Sólido	30	200	200
Líquido	30	10	120
Gas	n.a.	n.a.	50

Los límites de las Tablas N° 1, 2 y 3 se deben corregir por oxígeno (O₂) en base seca,

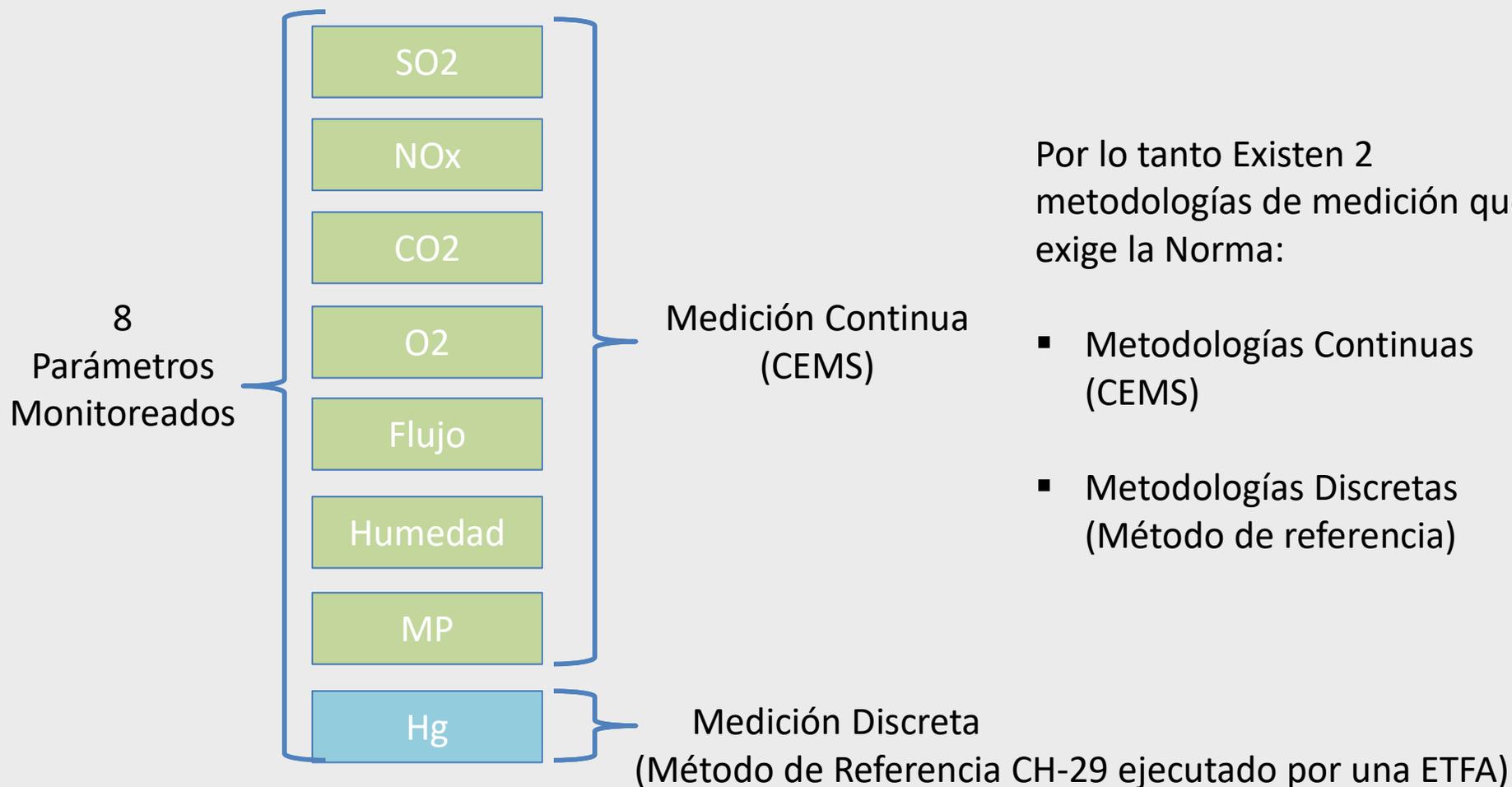
Medir además: O₂ y Humedad

Art.12: medir Flujo y CO₂

- La norma establece en la Tabla N° 3 limite [mg/Nm³] para **Mercurio**

Combustible	Mercurio (Hg)
Carbón y/o petcoke	0,1

Metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma (D.S.13/2011 MMA)



Metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma (D.S.13/2011 MMA)

- Artículo 8º. **Las fuentes emisoras existentes y nuevas deberán instalar y certificar un sistema de monitoreo continuo de emisiones** para: Material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y de otros parámetros de interés, **de acuerdo a lo indicado en la Parte 75, volumen 40 del Código de Regulaciones Federales (CFR) de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).** El sistema de monitoreo continuo de emisiones será aprobado mediante resolución fundada de la Superintendencia.
- Lo anterior nos permitió como Superintendencia, sentar las bases técnicas y metodológicas para poder desarrollar el **“Protocolo para validación, aseguramiento y control de calidad de CEMS”** (Resolución Exenta N° 1743/2019 SMA) y que se ajustan a las metodologías de validación establecidas por la US-EPA para estos equipos.
- No obstante, existen centrales termoeléctricas que tienen condiciones operacionales especiales como por ejemplo **Centrales Termoeléctricas que son de respaldo y que califican como unidades Peak, dual petróleo gas y aquellas que operan con combustibles de muy bajo contenido de azufre** y que son técnicamente inviables de instalar y validar un CEMS.

Metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma (D.S.13/2011 MMA)

- Considerando que la norma **no hace diferencia entre este tipo de fuentes, exigiendo la instalación y validación de CEMS para todas las Centrales Termoeléctricas por igual.**
- Esta situación fue una de las primeras complejidades que tuvimos que abordar como Superintendencia, sobre las metodologías de medición establecidas por la norma, y como poder cubrir aquellas centrales afectas a la norma y que, por su condición operacional, no eran técnicamente viables de instalar y validar un CEMS, quedando en incumplimiento con la norma.
- No obstante, el artículo 8 de la norma permitió **“abrir el horizonte”** para poder investigar e incluir como parte del monitoreo continuo, las **“Metodologías Alternativas”** que existen en la parte 75 del CFR 40 de la US-EPA y que permitió cubrir aquellas **Centrales Termoeléctricas que son de respaldo y que califican como unidades Peak, dual petróleo gas y aquellas que operan con combustibles de muy bajo contenido de azufre** y que son técnicamente inviables de instalar y validar un CEMS.

Metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma (D.S.13/2011 MMA)

- Por lo cual, el artículo 8 de la norma, permitió también sentar las bases técnicas para abordar estas fuentes a través de la elaboración del **“Protocolo para aplicación de monitoreo de emisiones con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S.13/11 MMA y otros ICA específicos para estas fuentes”** (Resolución Exenta N° 1909/2019 SMA).

Metodologías de medición existentes para los contaminantes regulados en la norma (D.S.13/2011 MMA)

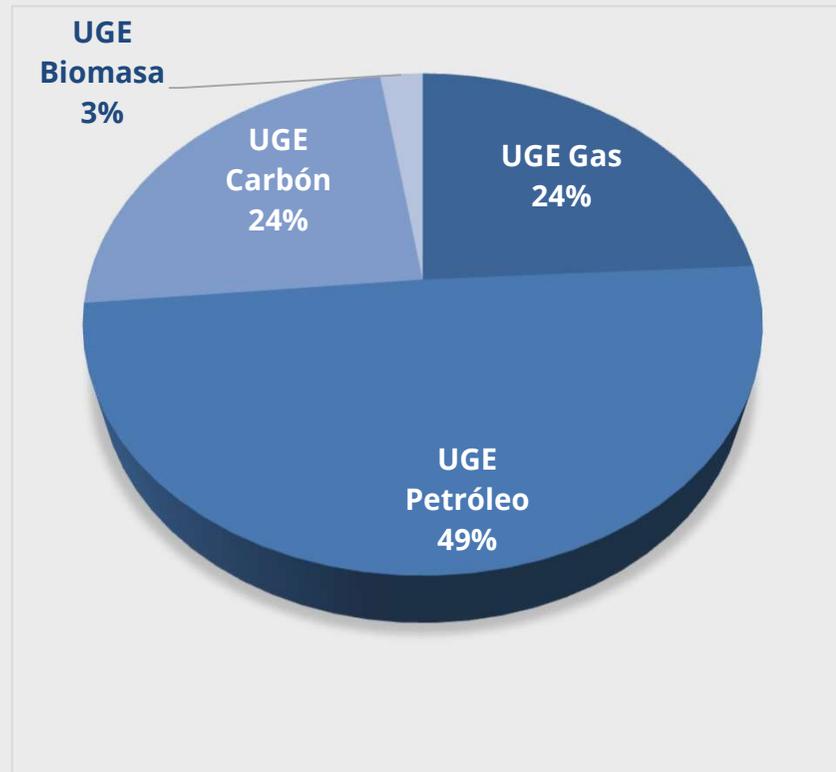
Finalmente y por lo anteriormente expuesto, se observan 3 metodologías de medición involucradas en esta norma:

Metodologías
continuas
CEMS

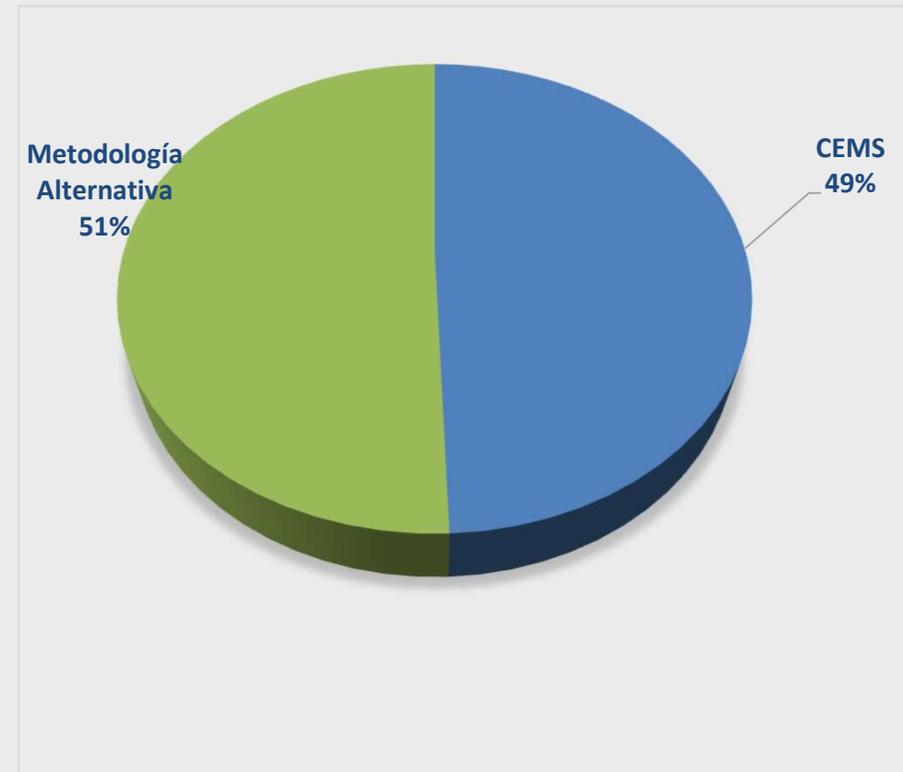
Metodologías Discretas
(Métodos de Referencia)

Métodos
Alternativos

Unidades de Generación Eléctrica (UGE) afectas Año 2020 - Tipo de Combustible



Catastro Metodologías de Cuantificación UGE afectas Año 2020 D.S.13/2011 MMA



Metodologías Continuas “CEMS”

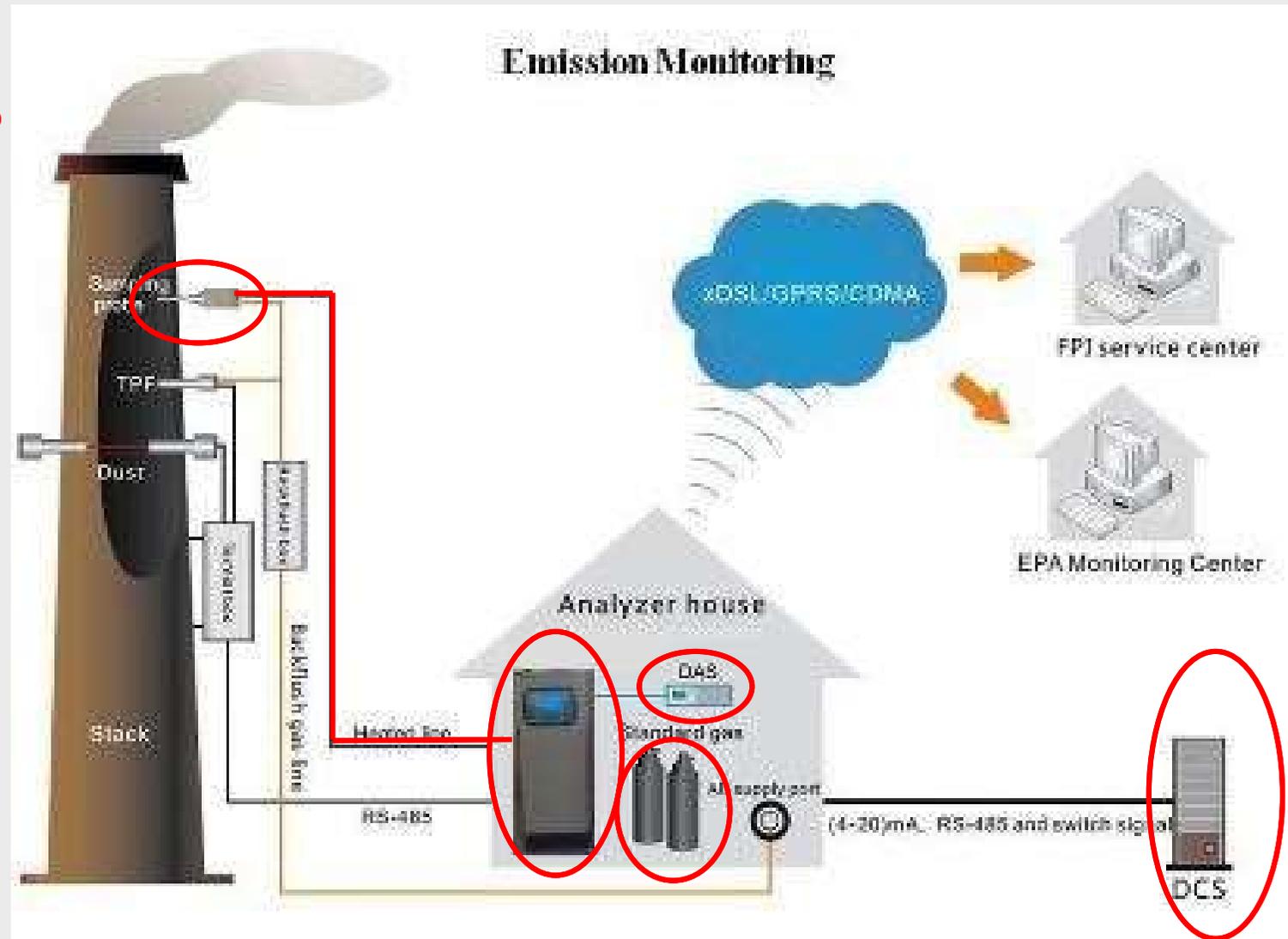
Esquema General de un CEMS

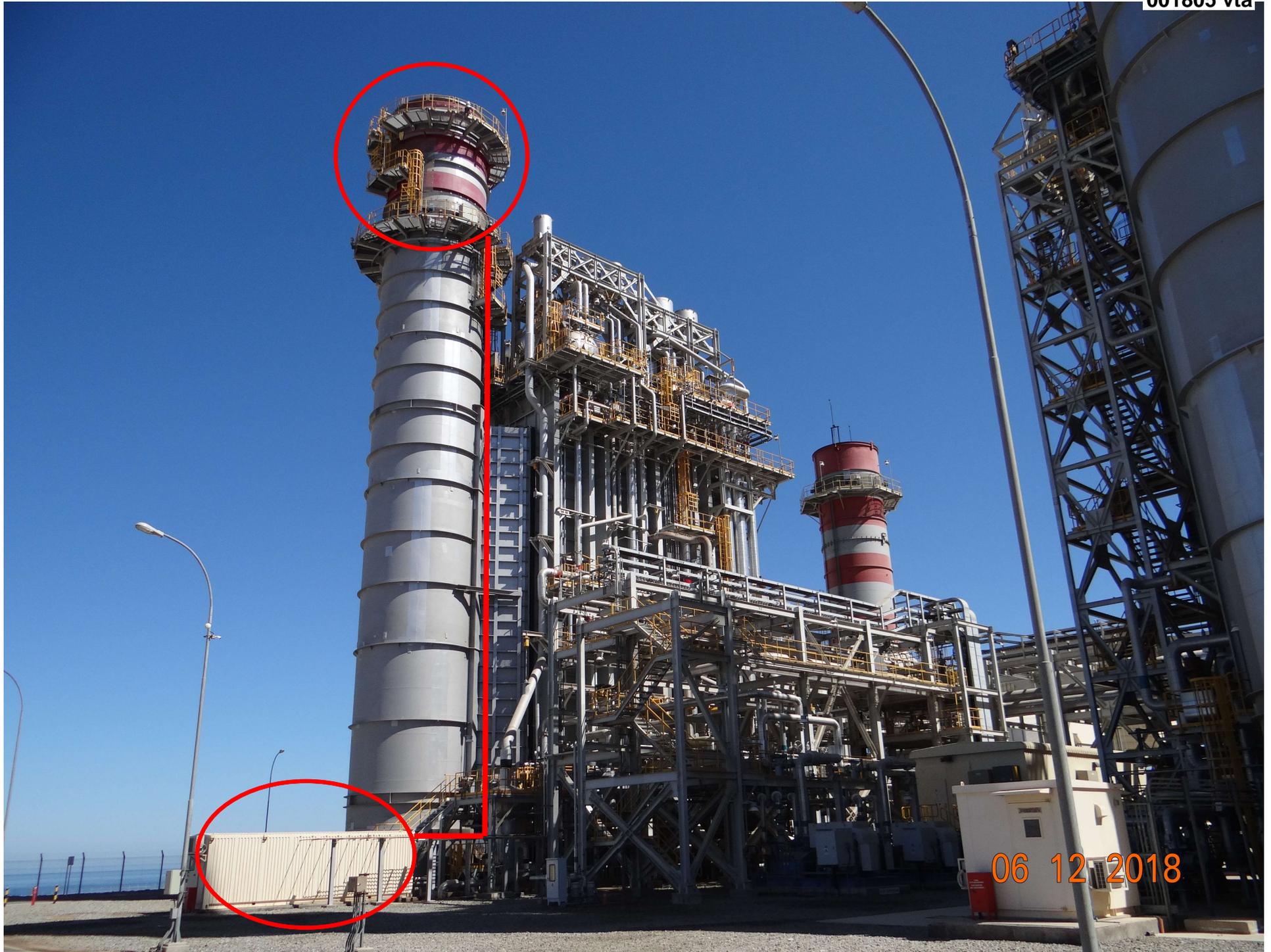
Sonda

Línea de muestreo

Analizador

Sistema DAHS





06 12 2018

Las casetas deben cumplir con una serie de especificaciones que se establecen en el protocolo tales como:

- Materiales resistentes a las condiciones climáticas,
- Aire acondicionado funcionando las 24 horas del día,
- Sensor de P, T° y Humedad y fuga de gases al interior de la caseta)
- Acceso restringido (debe permanecer cerrada),
- Cierre hermético de las puertas
- Espacio adecuado al interior de la caseta (que permita el acceso como de 1 o dos personas al interior)
- Libre de elementos ajenos a los CEMS y escombros o suciedad (MP)

06 12 2018

- Almacenamiento de Cilindros de gases patrones al costado exterior de la caseta de los analizadores, en forma ordenada, encadenados o con reja metálica, bajo techo y sobre piso.

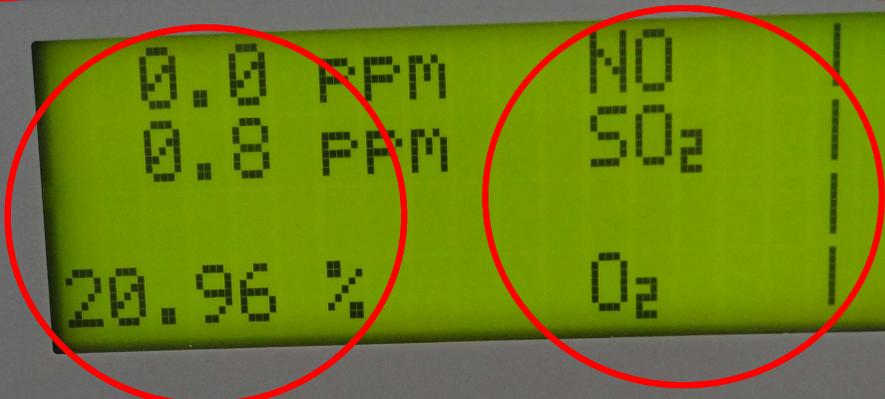




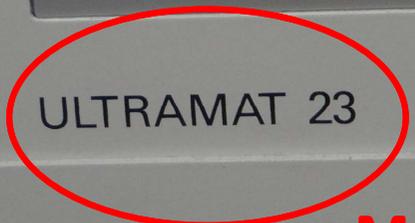
MARCA



Parámetros medidos



Valores registrados

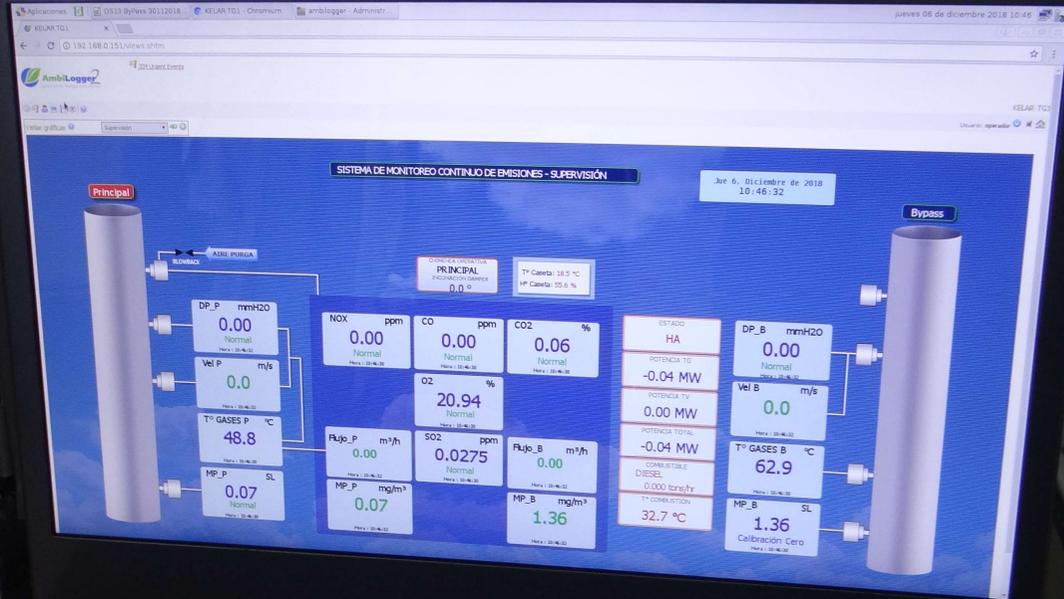


MODELO

06 12 2018

DAHS

1080p Full HD

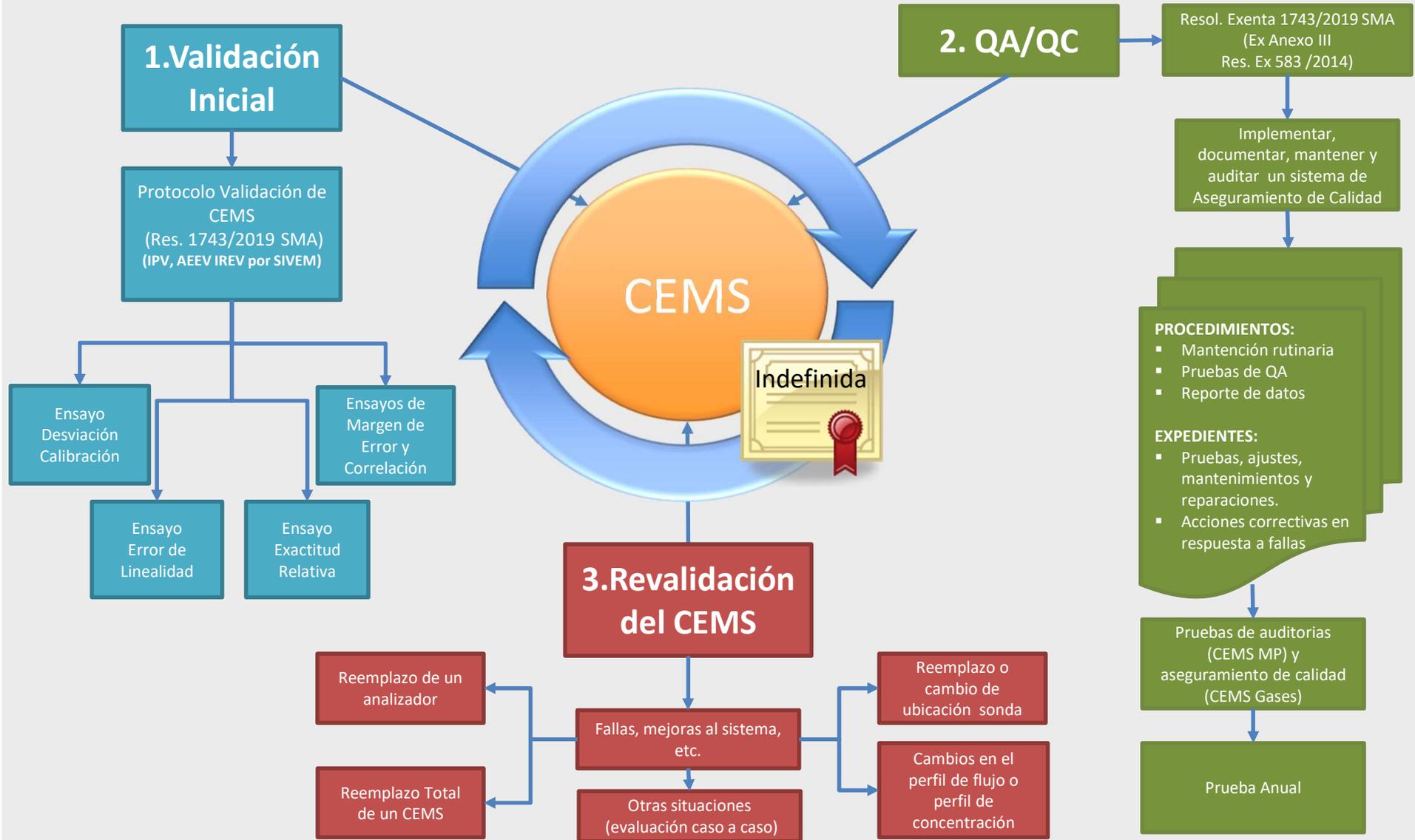


06 12 2018

¿Como se Valida un CEMS?



CICLO GENERAL DEL PROCESO DE VALIDACIÓN DE CEMS



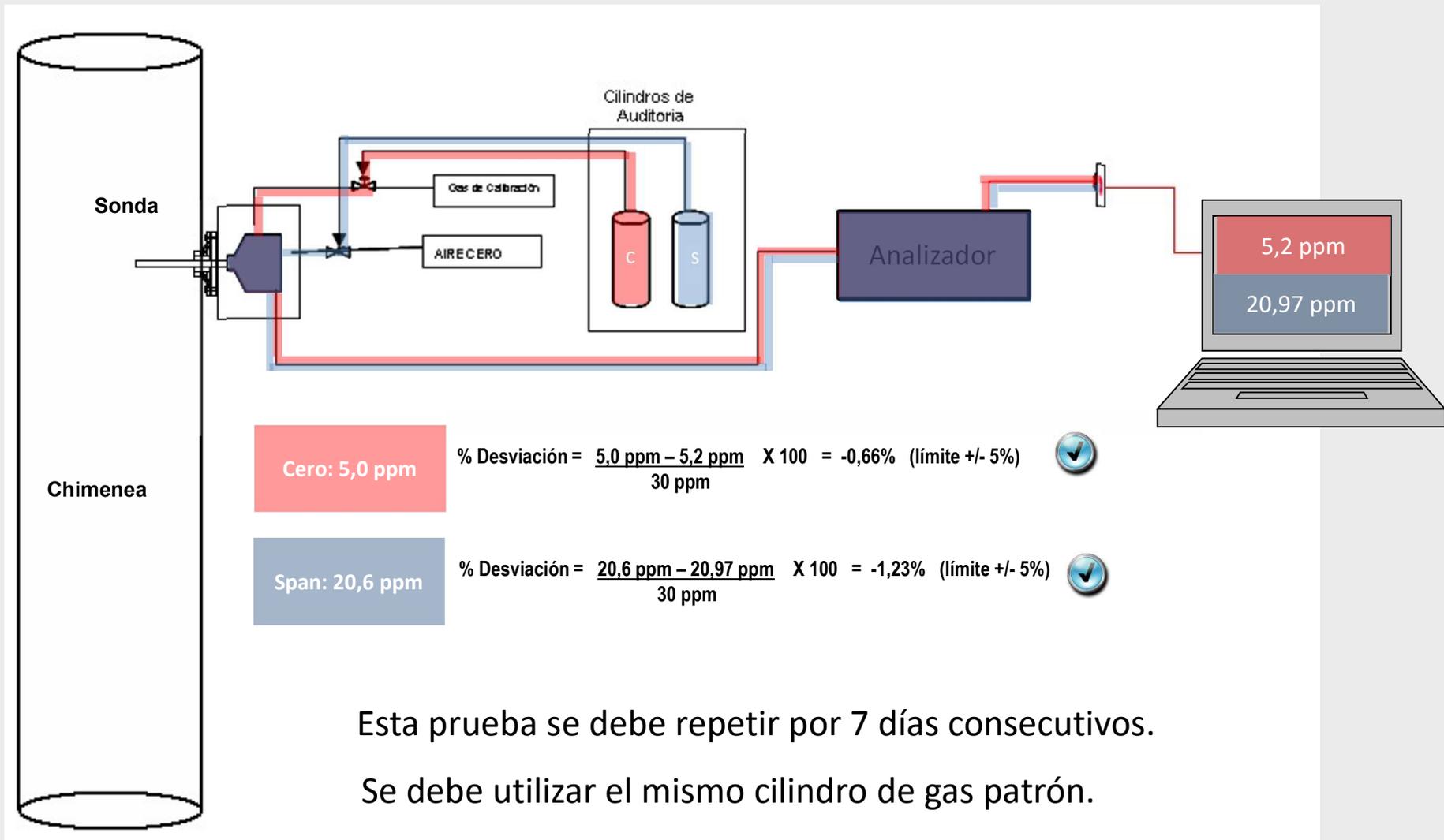
Ejemplo Ensayos de Validación de CEMS Gases

1.- Ensayo de Desviación de la Calibración (DC)

2.- Ensayo de Error de Linealidad (EL)

3. Ensayo de Exactitud Relativa (ER)

1.- Ensayo de Desviación de la Calibración (DC) - 7 días

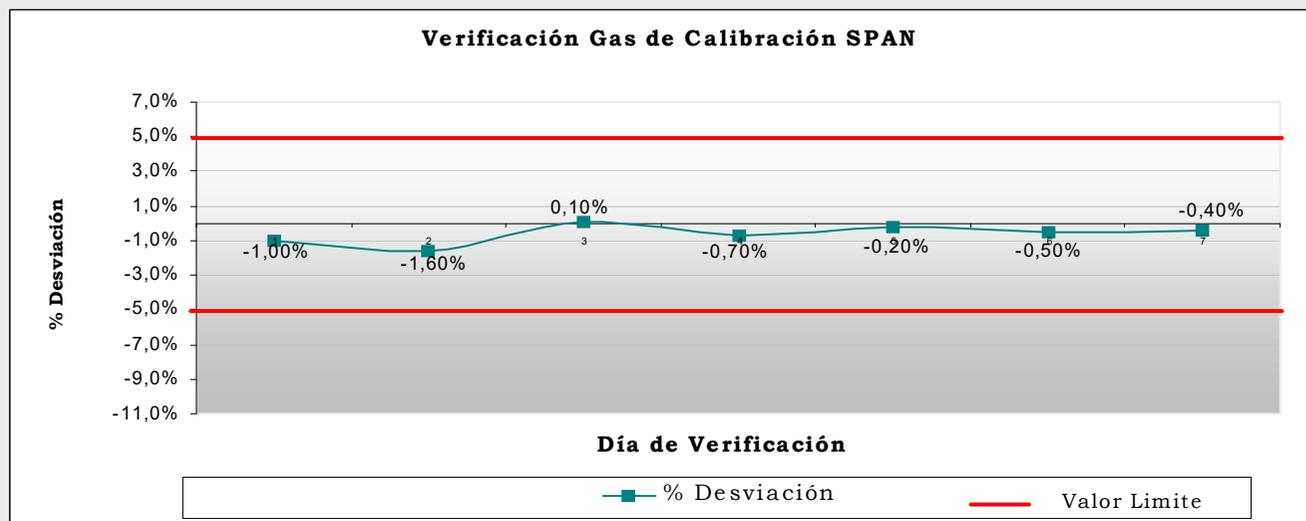


PROCEDIMIENTO DE VALIDACION CEMS (Gases)

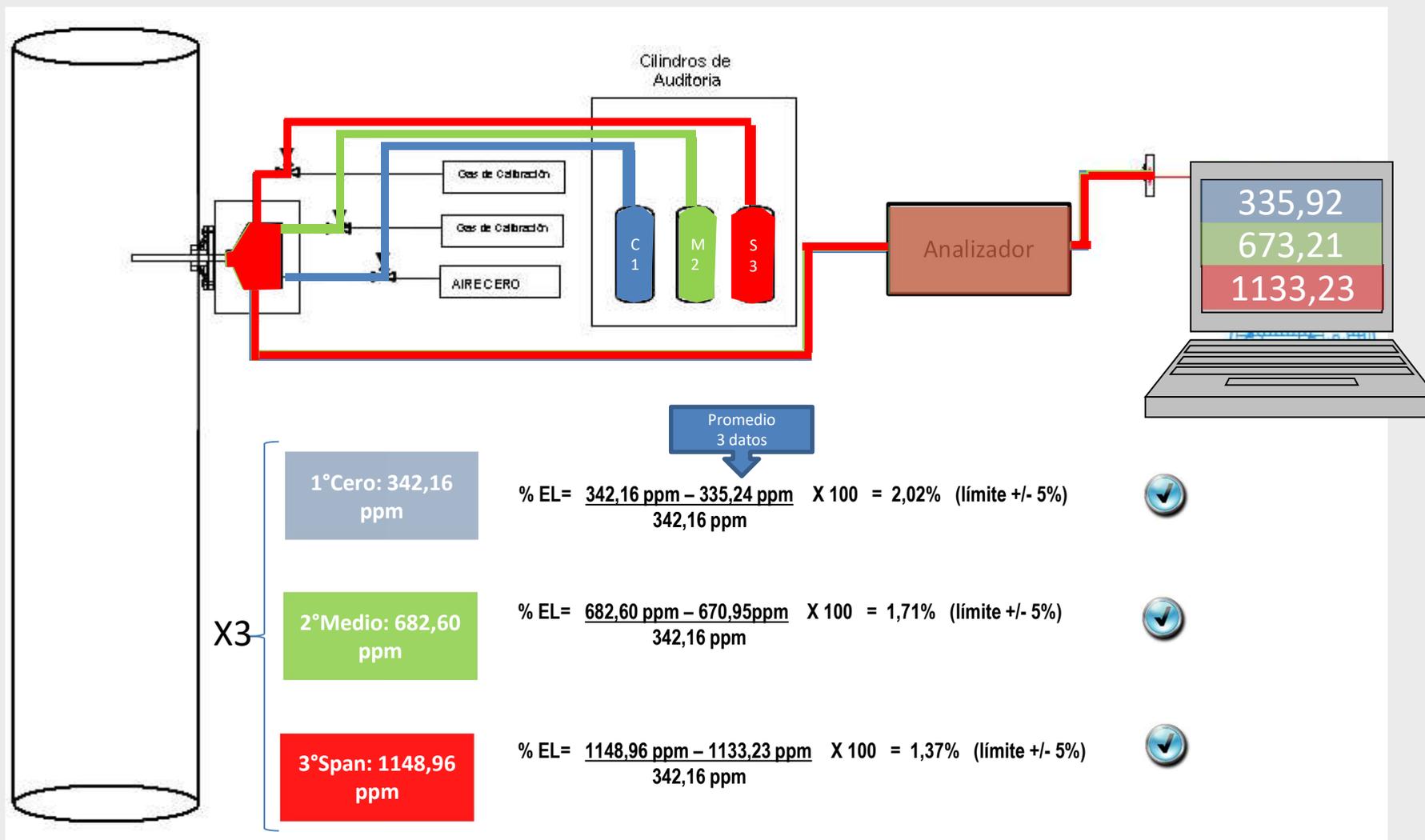
Ejemplo de Resultados: Parámetro H₂S - Span

VERIFICACIÓN GAS DE CALIBRACIÓN SPAN						
Día	Fecha	Hora	Lecturas (ppb)	CEMs (ppm)	Gas Cal - CEMs	% Desviación
1	16/06/08	12:21	715	35,75	-0,5	-1,00%
2	17/06/08	12:53	721	36,05	-0,8	-1,60%
3	18/06/08	12:14	704	35,20	0,1	0,10%
4	19/06/08	11:38	712	35,60	-0,4	-0,70%
5	20/06/08	12:01	707	35,35	-0,1	-0,20%
6	21/06/08	12:12	710	35,50	-0,3	-0,50%
7	22/06/08	9:42	709	35,45	-0,2	-0,40%

Parámetro	Límite de desviación de la calibración según PS
H ₂ S	Menor a 5 % del valor Span

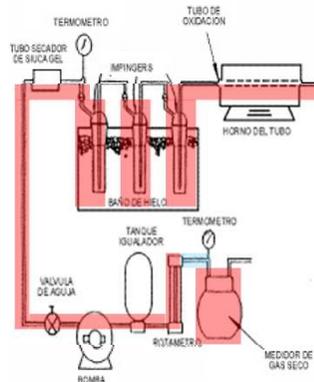


2.- Ensayo de Error de Linealidad (EL) – 1 día (menos de 24 horas)

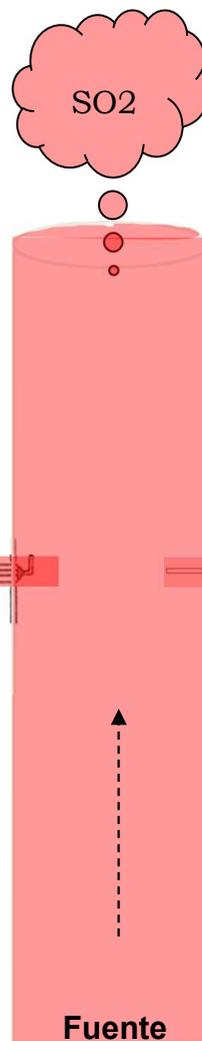


3. Ensayo de Exactitud Relativa (ER) – 1 hasta 3 o 4 días

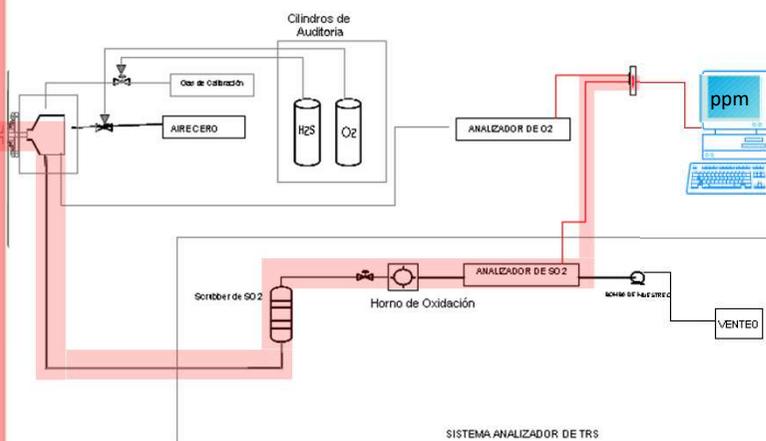
ETFA Medición por Método de Referencia (RM)



Resultado RM: 2,117 ppm SO₂



Medición por CEMS



Resultado CEM's: 2,183 ppm SO₂

N° Corridas 9

Corrida N°	RM	CEM's	RM-CEM's	
	TRS (ppmv)correg.	TRS (ppmv)correg.	di	di ²
1	3,073	2,812	0,261	0,07
2	1,930	1,765	0,165	0,03
3	2,417	2,183	0,234	0,05
4	1,740	1,743	-0,003	0,00
5	0,547	0,522	0,025	0,00
6	0,893	1,043	-0,150	0,02
7	2,126	2,668	-0,542	0,29
8	0,430	0,494	-0,064	0,00
9	1,198	1,114	0,084	0,01

Promedios **1,595** **1,594** **0,001**

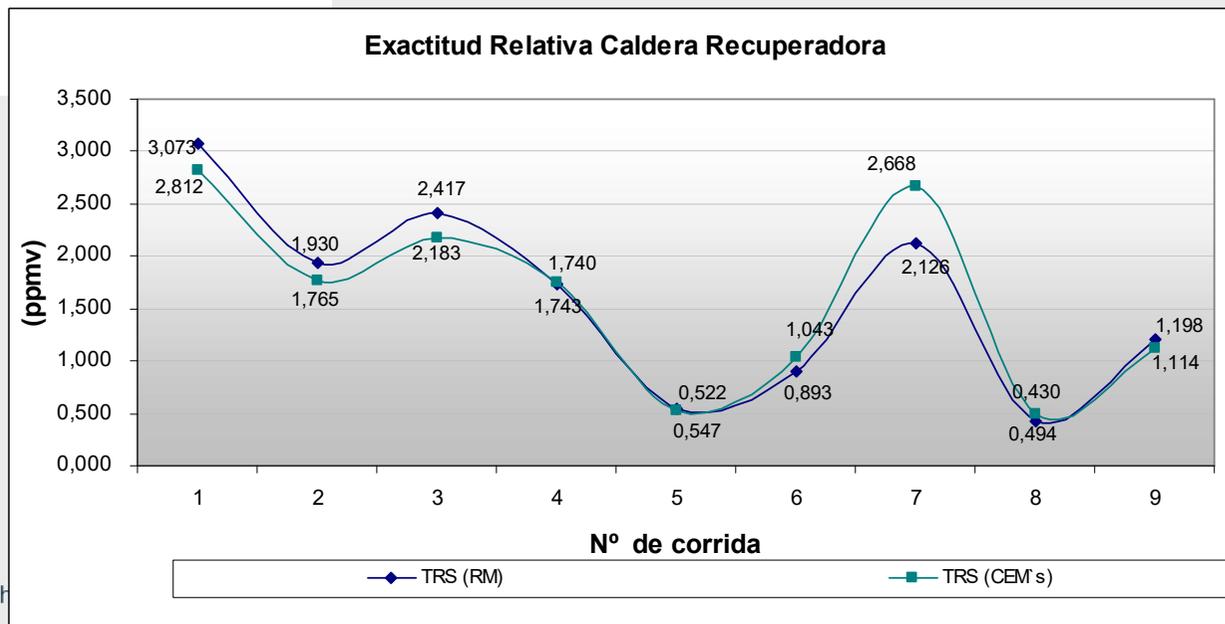
Desviación Estándar: **0,242**

Nivel de Confianza eval.: **2,306**

Coficiente de Confidencia: **0,19**

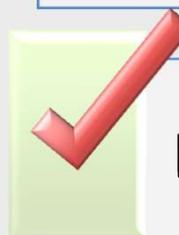
Exactitud Relativa: **3,8%**

Parámetro	Límite de Exactitud Relativa según PS
TRS	Menor a 20% o 10% (pto 13.2 PS5)
O2	Menor a 1% de O2 (pto 13.2 PS3)





Desviación de la Calibración



Error de Linealidad



Exactitud Relativa



Los resultados del CEMS son confiables y se corroboran con la metodología de referencia utilizada.

Complejidades Enfrentadas

- Una de las primeras complejidades enfrentadas fue que la norma exige instalar CEMS a todas las fuentes por igual, y no se hace cargo de las “centrales especiales” lo que finalmente sentó las bases para elaborar el protocolo de monitoreos alternativos que establece la parte 75 del CFR.
- Muchos de los equipos que los titulares adquirieron en un comienzo o que ya tenían instalados de antes de la norma, no eran compatibles con los procesos de validación de la EPA ya que eran equipos traídos de Europa, por lo que cumplían solo con las especificaciones de rendimiento Europeos y no las norteamericanas.
- Lo anterior significó que algunos titulares debieron cambiar sus equipos por equipos nuevos que permitan cumplir con los procesos de validación estándar EPA, considerando que la línea regulatoria fue mantener el estándar de calidad EPA (no obstante, hoy en día, la tecnología que se desarrolla en los CEMS tanto en Europa como en EE.UU. permite cumplir con ambos estándares, tanto Europeo como EPA.
- Son equipos caros y que requieren de una constante mantención. (66.000 a 110.000 USD, 50 a 80 millones de pesos)
- No se pueden utilizar en fuentes que tengan una chimenea pequeña o que no cumpla con las características mínimas necesarias (altura y diámetro).

Métodos de Referencia

Métodos de Referencia



- Los Métodos de Referencia, son los procedimientos oficiales que permiten, paso a paso, determinar la concentración de un determinado contaminante, en una muestra de gas obtenida desde una fuente fija.
- Los Métodos de Referencia fueron elaborados por la US-EPA, específicamente por el “Air Emission Measurement Center” (EMC).
- Estos métodos han sido propuestos y promulgados en el Código de Regulación Federal de los EE.UU, encontrándose regulados bajo la parte 60 del CFR 40 de la US-EPA.
- En Chile, estos Métodos de Referencia fueron homologados por el Ministerio de Salud, específicamente, por el Instituto de Salud pública (ISP) en conjunto con el Servicio de Salud del Ambiente RM adoptando la nomenclatura “CH” y su número correspondiente y siendo publicadas bajo la **Resolución Exenta N°1349/97**, que *“Aprueba Normas técnicas que indica sobre metodologías de medición y análisis de emisiones de fuentes estacionarias”*.
- En la actualidad, la SMA publicó bajo el anexo 4 de la Res.Ex. N° 126/2019, el listado completo de los Métodos de Referencias oficiales aprobado.

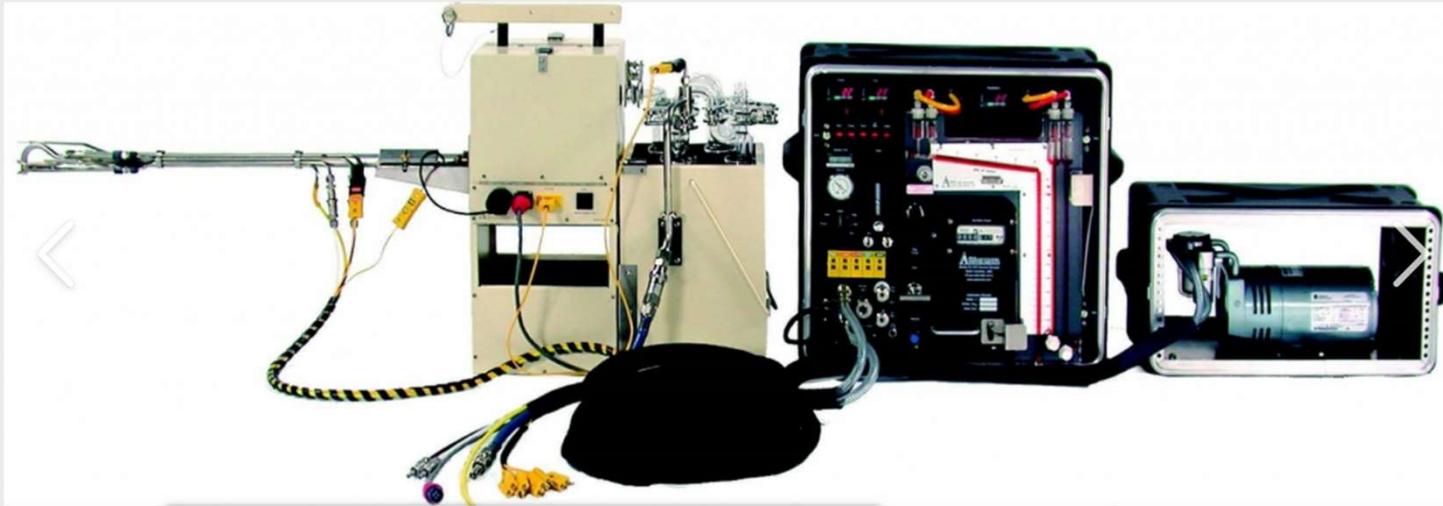


Método	Descripción	Actividad		
		Muestreo	Análisis	M
Método CH-1	Localización de puntos de muestreo y de medición de velocidad para fuentes fijas.	X	-	
Método CH-1A	Transversas de muestreo y velocidad para chimeneas o ductos pequeños.	X	-	
Método CH-2	Determinación de la velocidad y del flujo volumétrico en gases de chimenea (tubo pitot tipo s).	X	-	
Método CH-2A	Mediciones directas del volumen del gas en chimeneas y ductos pequeños.	X	-	
Método CH-2C	Determinación de la velocidad y del flujo volumétrico en chimeneas pequeñas y ductos (tubo pitot estándar).	X	-	
Método CH-2D	Mediciones del flujo volumétrico del gas en chimeneas y ductos pequeños.	X	-	
Método CH-3	Análisis de gas para la determinación del peso molecular seco.	X	-	
Método CH-3A	Determinación de las concentraciones de oxígeno, anhídrido carbónico y monóxido de carbono en las emisiones de fuentes fijas (procedimiento con analizador instrumental).	-	-	
Método CH-3B	Análisis del gas para determinar el factor de corrección de la velocidad de emisión o el exceso de aire.	X	-	
Método CH-4	Determinación del contenido de humedad en gases de chimenea.	X	X	
Método CH-5	Determinación de las emisiones de partículas desde fuentes estacionarias.	X	X	

Método CH-6C	Determinación de las emisiones de dióxido de azufre desde fuentes fijas (procedimiento con analizador instrumental).	-	-	
Método CH-6	Determinación de emisiones de dióxido de azufre provenientes de fuentes estacionarias.	x	x	
Método CH-7	Determinación de las emisiones de óxido de nitrógeno en fuentes estacionarias.	x	x	
Método CH-7A	Determinación de óxido de nitrógeno desde fuentes estacionarias - Método Cromatográfico*	x	x	
Método CH-7B	Determinación de las emisiones de óxido de nitrógeno desde fuentes estacionarias - Espectrofotometría UV.	x	x	
Método CH-7C	Determinación de las emisiones de óxido de nitrógeno de fuentes estacionarias – Método Colorimétrico/Alcalino Permanganato.	x	x	
Método CH-7D	Determinación de las emisiones de óxido de nitrógeno desde fuentes estacionarias - Método de Permanganato Alcalino/Ion Cromatográfico*	x	x	
Método CH-7E	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno desde fuentes estacionarias (Procedimiento con Analizador Instrumental).	-	-	
Método CH-10	Determinación de las emisiones de monóxido de carbono desde fuentes estacionarias.	-	-	
Método CH-18	Determinación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles desde fuentes estacionarias por cromatografía de gases.	x	x	
Método CH-23	Determinación de policlorados dibenzo-p-dioxinas y policlorados dibenzofuranos de combustión de residuos municipales.	x	x	
Método CH-25A	Determinación de la concentración de los compuestos orgánicos volátiles totales mediante un analizador de ionización de flama**	-	-	

Método	Descripción	Actividad		
		Muestreo	Análisis	Medición
Método CH-26A	Determinación de emisiones de haluros de hidrógeno y halógenos de una fuente estacionaria, método isocinético.	X	X	-
Método CH-29	Determinación de emisiones de metales desde fuentes estacionarias.	X	X	-
Método EPA 8	Medición dióxido de azufre, trióxido de azufre, ácido sulfúrico.	X	X	-
Método EPA 16A	Determinación de emisiones de azufre reducido total TRS (con impinger)	X	X	-
Método EPA 16B	Determinación de emisiones de azufre reducido total TRS	X	X	-
Método EPA 17	Determinación de emisiones de material particulado desde fuentes estacionarias	X	X	-
Método EPA 0031	Muestreo de compuestos orgánicos volátiles (nueva versión del método EPA-0030)	X	X	-
Método EPA 201-A	Muestreo y medición PM10 y MP2.5 en material particulado	X	X	-
Método OTM 27	Determinación de las emisiones de MP10 y MP2.5	X	X	-
Método OTM 28	Determinación de material particulado condensable	X	X	-

Métodos de Referencia Discretos



Métodos de Referencia Continuos (con analizador instrumental)

Superintendencia
del Medio Ambiente
de Chile



Complejidades Enfrentadas

- Una de las primeras complejidades enfrentadas fue **la escases de laboratorios** capaces de realizar la totalidad de estos ensayos, lo que genero un cuello de botella en los procesos de validación de los CEMS.
- En este sentido, los ensayos de validación debían ser ejecutados por laboratorios de mediciones de fuentes fijas autorizados por la seremi de salud, los que después al pasar a manos de la SMA, se comenzaron a llamar “ETFAs” tras su correspondiente autorización. No obstante, existen pocas ETFAs que realizan la totalidad de estas mediciones, **la mayoría en Santiago** y a la fecha han postulado unos pocos laboratorios nuevos los cuales aun están en proceso de autorización por parte de la SMA en los respectivos alcances. Aun así, se requiere de un mayor numero de ETFAs para cubrir la creciente demanda actual.
- Las actividades de muestreo y medición tienen costos elevados. (lo anterior también obedece a la baja disponibilidad de ETFAS)

Métodos Alternativos

Sistemas de Monitoreo Alternativos (Estimación de Emisiones)

- Los Métodos de Monitoreo Alternativos fueron elaborados por la EPA con el objetivo de abordar aquellas Centrales Termoeléctricas que, por sus condiciones operacionales resultan técnicamente inviables para instalar y validar CEMS.
- Estos métodos están regulados por la Parte 75 del CFR 40 específicamente por los apéndices D, E, F y G además del método LME.
- La metodología establece que el titular de una fuente podrá acogerse a monitoreos alternativos en vez de instalar un CEMS para estimar las emisiones de los parámetros SO₂, NO_x, y CO₂ de acuerdo a lo establecido en la Parte 75, volumen 40 del CFR bajo los apéndices D, E, F y G, y bajo Low Mass Emission (LME) para lo cual se deberá **demostrar previamente que la fuente califica, de acuerdo a sus condiciones operacionales para el uso de un monitoreo alternativo.**
- En este sentido, y basándose en las condiciones operacionales de la UGE se pueden clasificar en 5 categorías:

- 1. Unidad dual petróleo gas:** opera solo a base de petróleo y/o gas, por lo que puede aplicar apéndice D para estimar emisiones de SO₂

- 2. Unidad peak dual petróleo gas:** puede aplicar apéndice D, E, G y LME para estimar emisiones de SO₂, NO_x y CO₂
Para calificar como peak, dual petróleo gas, debe demostrar que:
Tiene un factor de capacidad promedio de no mas del 10% durante los últimos 3 años y
Tiene un FC de nos mas de 20% en cada uno de esos tres años
Solo quema combustible líquidos y gaseosos.

- 3. Unidad LME y dual petróleo gas:**
Para calificar como LME debe demostrar que las emisiones anuales de SO₂, NO_x y CO₂ están por debajo de:
≤ 25 ton de SO₂ por año.
< 100 ton de NO_x por año.

- 4. Unidad que Quema combustible con muy bajo contenido de azufre:** podrá aplicar la ecuación F23 del apéndice F para estimar emisiones de SO₂.
Para calificar debe demostrar que:
El contenido de azufre (S) no supera el 0.05% en peso de azufre.
Combustiona gas natural
Combustiona gas con un contenido de azufre que no supera los 0.2 gr/m³ estandarizados.

- 5. Unidades que pueden utilizar el apéndice G:** para estimar emisiones de CO₂, califican aquellas unidades a base de carbón , petróleo gas y peak.

Resumen Métodos Alternativos

Tipo de Unidad	Opciones de Monitoreo Alternativos				
	Método apéndice D (SO ₂)	Método apéndice E (NO _x)	Método LME (SO ₂ , NO _x , CO ₂)	Método apéndice G (CO ₂)	Ecuación F – 23 (SO ₂)
Unidad que opera a carbón u otro combustible sólido.				X	
Unidad dual petróleo-gas o unidad a gas y que no es unidad peak	X			X	
Unidad dual petróleo-gas o unidad a gas y que es unidad peak	X	X	X	X	
Unidad de combustible con muy bajo azufre y está equipada con monitores de diluyente de gas y de tasa de flujo.					X

Para el caso del parámetro MP, se utilizan los factores de emisión del **AP-42** de la US-EPA (la cual no es materia de la parte 75 del CFR 40, sino de la parte 60)

Complejidades de Enfrentadas



- Los métodos alternativos regulados por la parte 75 del CFR40 son solo para los parámetros **SO₂**, **NO_x** y **CO₂**. No están regulados bajo estas metodologías los parámetros MP, O₂, flujo de gases y humedad los cuales son requeridos por la norma de termoeléctricas.
- En este sentido, para poder cubrir la medición de estos parámetros requeridos por la norma, se tuvo que recurrir, para el caso del **MP**, al uso de los factores de emisión establecidos en **el AP-42 de la US-EPA** (el cual no está regulado bajo la parte 75 del CFR 40 sino más bien por la parte 60).
- Para el caso del **O₂**, se debieron adoptar criterios (los que fueron consensuados con la EPA) y que fueron establecidos en el protocolo, estos son: (i) instalar y validar un CEMS de O₂, (ii) instalar un sensor de O₂ en cuyo caso se deberá calibrar de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, (iii) usar un valor histórico de O₂ medido bajo el método de referencia ejecutado por una ETFA y (iv) proponer a la SMA alguna metodología de medición basada en la EPA o la UE que pueda ser aprobado por la SMA.
- Para el **Flujo de gases**: (i) instalar y validar un CEMS de flujo de gases, (ii) usar un valor histórico de flujo de gases medido bajo el método de referencia por una ETFA, (iii) utilizar el apéndice F de la parte 75 (tabla del factor F) para su estimación, (iv) proponer a la SMA alguna metodología de medición basada en la EPA o la UE.



Complejidades de Enfrentadas

- Para el caso de la **Humedad**, se acogió en el protocolo los siguientes criterios:
 - (i) Usar un método continuo con analizador de humedad (CEMS de Humedad).
 - (ii) Utilizar un sensor de Humedad, calibrado de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.
 - (iii) Usar un método continuo con analizador de O₂ (o analizadores) capaces de medir en base húmeda y base seca.
 - (iv) Usar un valor específico de referencia (por defecto) de humedad del combustible utilizado en el proceso de combustión,
 - (v) Usar un valor de referencia para la humedad previa aprobación de la Superintendencia, demostrando que ese valor es constante. Se podrá considerar entre otros, valores históricos (de los últimos tres años) obtenidos de mediciones con el Método de Referencia (EPA 4 ó CH-4) ejecutado por una ETFA.

- Otra de las complejidades que existe con el uso de los métodos alternativos, es que algunas de estas metodologías como el apéndice D y otras para medir SO₂ y CO₂, la metodología de la parte 75, requieren el uso de “**flujómetros**” para medir de manera continua el **consumo de combustible**. (Ya que este valor se utiliza en la formula junto con el valor del contenido de azufre par estimar la emisión de SO₂.)
- Por lo tanto, la metodología requiere que estos flujómetros deben ser sometidos a una “certificación” que consiste en una “**Prueba de precisión del medidor de flujo**”, utilizando para ello cualquiera de las siguientes metodologías aprobadas.

- ASME MFC-3M-2004; ASME MFC-4M -1986; ASME MFC-5M-1985; ASME MFC-6M-1998; ASME MFC-7M-1987; ISO 8316: 1987 (E); American Petroleum Institute (API); ASME MFC-9M-1988, o cualquier otro señalado en el punto 2.1.5.1 del apéndice D.
- El valor de “Precisión” del medidor del flujo de combustible deberá estar dentro del 2% del valor del rango superior.
- Si la precisión del medidor del flujo de combustible es superior al 2%, el medidor de flujo no podrá ser utilizado.

- Existe solo 1 empresa en Chile que puede aplicar uno de los métodos indicados: **ASME MFC-6M-1998**, y se encuentra en la ciudad de Iquique.
- No obstante, durante el año 2019, esta empresa perdió su acreditación para esta metodología, por lo cual ya no puede realizar esta actividad.
- El problema es que en Chile hoy en día, no existen entidades que certifiquen un flujómetro conforme a las metodologías señaladas.
- Al no existir empresas en Chile que permitan cumplir con este requisito, finalmente se tuvo que eliminar del protocolo la exigencia sobre este tipo de certificación requerida por la metodología para los flujómetros.
- Otra complejidad es la naturaleza de estas metodologías, que hace engorrosa la fiscalización, a diferencia de los CEMS donde se debe verificar equipos en terreno y su óptimo funcionamiento (bajo pruebas QA/QC), para los métodos alternativos se requiere la revisión de una serie de datos históricos de diferentes variables operacionales los cuales en algunos casos, es difícil de corroborar y solo queda confiar en que la información presentada por el titular es la real. (se dificulta establecer la trazabilidad de la información).
- Para mejorar esta situación, la SMA publicó bajo **Resolución Exenta N° 2452/2020** SMA el Protocolo de Conexión y Reporte de Variables Operacionales para la Verificación de Compromisos Ambientales.

Conexión en línea

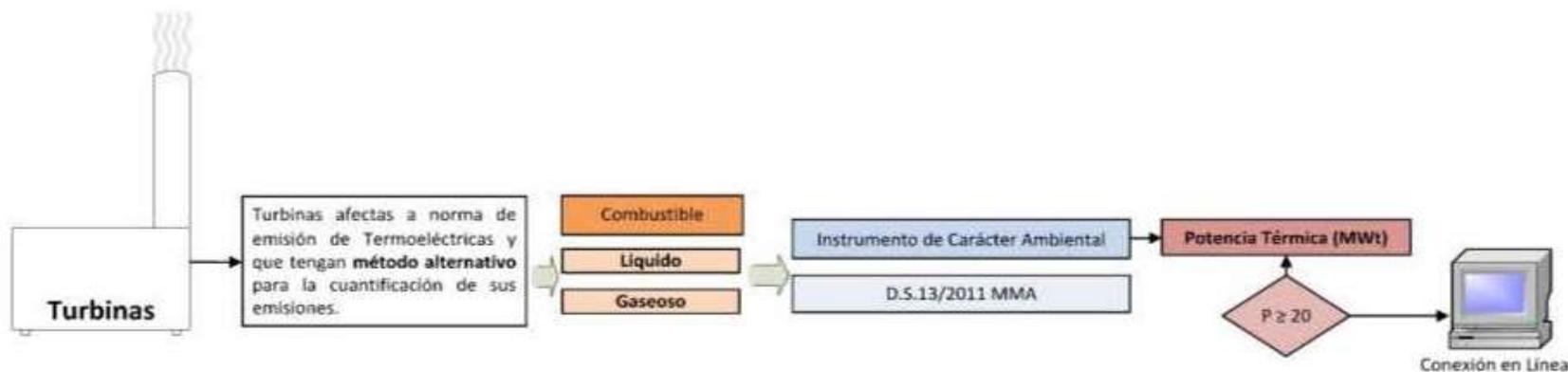


APRUEBA “PROTOCOLO DE CONEXIÓN Y REPORTE DE VARIABLES OPERACIONALES PARA LA VERIFICACIÓN DE COMPROMISOS AMBIENTALES”, Y DEJA SIN EFECTO LA RESOLUCIÓN EXENTA N°2051, DE FECHA 13 DE OCTUBRE DE 2020, DE LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.

RESOLUCIÓN EXENTA N°2452

Santiago, 10 de diciembre de 2020.

VISTOS:



Nuevas Tecnologías

Nuevas Tecnologías

- El inicio del uso de los CEMS se da a fines de la década de los 70 y comienzos de los 80, desde entonces, la tecnología en cuanto a los principios de funcionamiento de estos equipos se ha venido mejorando continuamente al punto de disponer de CEMS mas sofisticados y robustos, por lo que el uso de CEMS sigue siendo la alternativa mas confiable a la hora de monitorear de manera continua las emisiones.
- Una tecnología recientemente desarrollada que busca posicionarse como una alternativa a los CEMS es la de los “**Sistemas de Monitoreo Predictivo de Emisiones**” (**PEMS**) los cuales, a diferencia de los CEMS, son dispositivos basados en software capaces de proporcionar **estimaciones** de las emisiones en tiempo real. Estos software utilizan modelos matemáticos, a partir de parámetros de proceso (por ejemplo, presión, temperaturas, flujo, etc.) como variables de entrada.
- Son de menor costo que los CEMS y no requieren de tantas mantenciones.

Nuevas Tecnologías

- Si bien los PEMS son autorizados hoy en día en los EE.UU, desde la EPA nos han comentado que, la forma de validación de un PEMS ha resultado ser más compleja que la de los CEMS y en general no los recomiendan.
- En la actualidad la EPA tienen unos pocos PEMS validados y han sido solo bajo peticiones especiales para estimar emisiones de NOx en fuentes (turbinas y calderas) que operan solo a base de gas y se encuentra regulado dentro del marco de la **Parte 60, 61 y 63 del CFR 40**.
- En Chile no hay experiencias en el uso de PEMS y existe poca información acerca de su uso y validación mas allá de la única reportada por la EPA para PEMS del parámetro NOx.

Nuevas Tecnologías

- A nivel mundial, tanto en Europa como en los EE.UU además de China y Japon, se están desarrollando nuevos CEMS del tipo “in situ” para el monitoreo de parámetros gaseosos, lo que permitirá contar con equipos mas robustos, mas precisos y con menores tiempos de respuesta, que no requieren de la implementación de casetas, ni líneas de muestreo calefaccionadas, lo que permite ahorrar de manera considerable en costos asociados a esta implementación.

- Como antecedente para la discusión:

Art. 4 D.S.13: En la próxima revisión de la norma como se va a evaluar el Vanadio y el Níquel



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Criterios de Evaluación para Cumplimiento de Norma - Muestreo de Hg.

- **Art.4° D.S.13/2011 , Tabla N°3** Límite de emisión para fuentes emisoras existentes y nuevas que utilicen carbón y/o petcoke (mg/m³N)

Combustible	Mercurio (Hg) (mg/m ³ N)
Carbón y/o petcoke	0,1

(N) 25°C , 1 Atm

- **Art. 4° D.S.13/2011(..)** El valor límite de emisión de la tabla N°3 se evaluará a lo menos una vez cada seis meses durante un año calendario y se considerará sobrepasado cuando alguno de los valores exceda el valor límite de emisión.

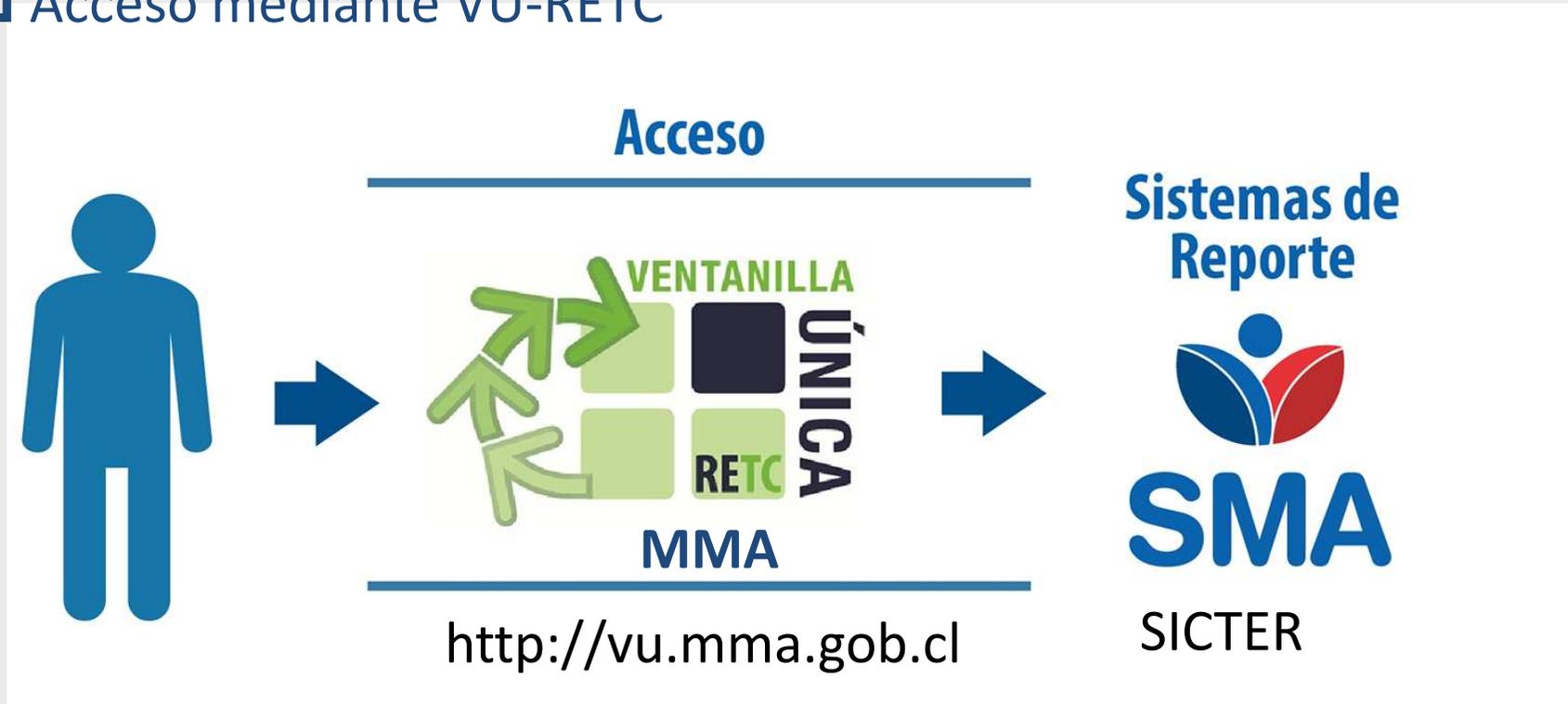
No pueden transcurrir más de 6 meses sin realizar al menos una medición

Sistemas de reporte

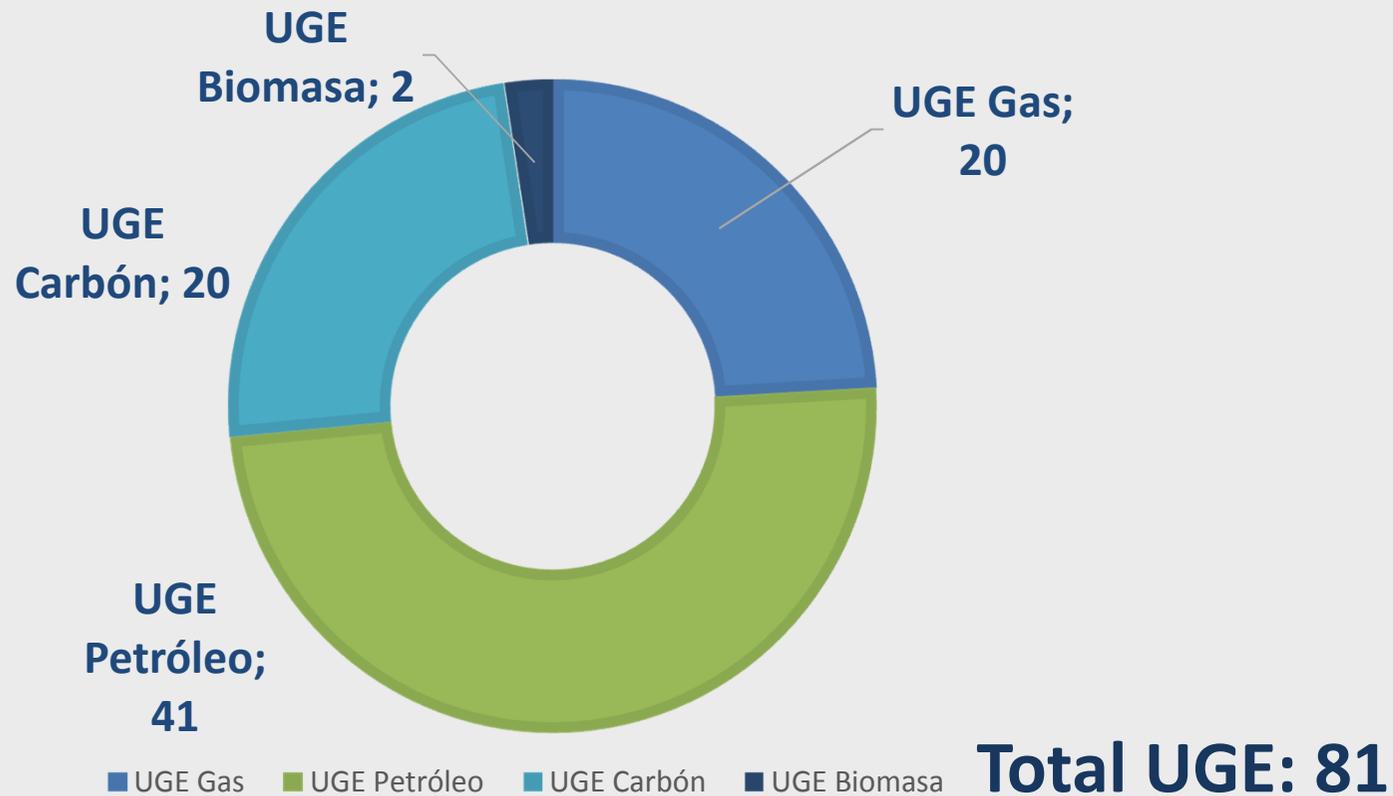
SICTER



- ☐ Acceso mediante VU-RETC



Unidades de Generación Eléctrica (UGE) de acuerdo al tipo de Combustible - Año 2020



❑ Instrucción SMA y Método de referencia

Método de Referencia CH-29

Libro de Metodologías Aprobadas

Código : Método CH-29
Revisión: 1
Fecha : Junio 2010
Página : 1 de 65

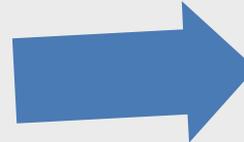
MÉTODO CH-29: DETERMINACIÓN DE EMISIÓN DE METALES DESDE FUENTES ESTACIONARIAS

NOTA: Este método no incluye la totalidad de las especificaciones (por ejemplo, equipo y suministros) y los procedimientos (por ejemplo, toma de muestras y análisis) indispensable para su desempeño. En esta parte algún material es incorporado por referencia de otros métodos. Por lo tanto, para obtener resultados confiables, las personas que utilizan este método debería tener un conocimiento profundo de al menos los siguientes métodos adicionales de ensayo: Método CH-5 y Método EPA-12.

1. APLICACIÓN Y ALCANCE

1.1. Analitos

Analito	Nº CAS
Antimonio Sb	7440-36-0
Arsénico As	7440-38-2
Bario Ba	7440-39-3
Berilio Be	7440-41-7
Cadmio Cd	7440-43-9
Cromo Cr	7440-47-3
Cobalto Co	7440-48-4
Cobre Cu	7440-50-8
Plomo Pb	7439-92-1
Manganeso Mn	7439-96-5
Mercurio Hg	7439-97-6
Níquel Ni	7440-02-0



Instrucción ETFA Res. Ex 128/2019



DICTA INSTRUCCIÓN DE CARÁCTER GENERAL QUE ESTABLECE DIRECTRICES ESPECÍFICAS PARA LA OPERATIVIDAD DE LAS ENTIDADES TÉCNICAS DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL AUTORIZADAS EN EL COMPONENTE AMBIENTAL AIRE Y REVOCA RESOLUCIÓN QUE INDICA.

RESOLUCIÓN EXENTA N° 128

Santiago, 25 ENE 2019

VISTOS:

Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, fijada en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta RA 119123/58/2017, que renueva nombramiento en el cargo de jefe de División de Fiscalización a don Rubén Castillo Verdugo; en la Resolución Exenta N°424, de 12 de mayo de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija la Organización Interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N°559, de 14 de mayo de 2018, que modifica la resolución exenta N°424, de 2017; en la Resolución Exenta N°1623, de 26

FISCALIZACIÓN CUMPLIMIENTO NORMATIVO TERMOELÉCTRICAS

Examen de Información

1. Verificar los límites de emisión vigentes,

Fuente emisora	Método de Cuantificación	Método de referencia	Parámetro
Unidad Generadora (UGE)	Mediciones Discreta	CH-29	Hg

2. Analizar la información asociada a la obtención de los datos de emisión.

Informe de Resultados del Muestreo
ETFA que realiza el muestro y análisis
Condiciones operaciones de la fuente emisora en momento de la medición
Control de calidad del método
Trazabilidad entre informe de la ETFA y datos de emisión informados en SICTER

Dificultades presentadas en la ejecución de los muestreos de Hg



• A causa de la incorporación de energías renovables, las centrales termoeléctricas operan en horario nocturno.

• Coordinación del Despacho de la UGE y disponibilidad de la ETFA para ejecutar el muestreo.

• Unidad limitada por despacho económico

• Alcanzar el 80% de carga en unidades que comparten chimenea

Artículo 12º.

Los titulares de las fuentes emisoras presentarán a la Superintendencia un reporte del monitoreo **continuo de emisiones, trimestralmente, durante un año calendario, el que considerará a lo menos la siguiente información: Reportar sobre la composición química del carbón y/o petcoke utilizados, en cuanto a: Contenido de azufre, cenizas, mercurio, vanadio, níquel, poder calorífico y densidad del combustible.**

Composición química del carbón y/o petcoke

De acuerdo al art. 12 del D.S 13/2011, las fuentes emisoras existentes y nuevas que usen carbón y/o petcoke, deben reportar trimestralmente la composición química del carbón y/o petcoke utilizados, respecto al contenido de: azufre (S), mercurio (Hg), vanadio (V), cenizas, poder calorífico y densidad del combustible.

El reporte trimestral ya fue enviado o el período actual se encuentra cerrado. La información es de sólo lectura.

▼ UGE: NT01

Azufre [PPM]	<input type="text" value="4900"/>
Mercurio [PPM]	<input type="text" value="0.02"/>
Vanadio [PPM]	<input type="text" value="16"/>
Níquel [PPM]	<input type="text" value="6"/>
Cenizas [PPM]	<input type="text" value="104500"/>
Poder calorífico superior [MWh/t]	<input type="text" value="6.678"/>
Densidad del combustible [kg/m3]	<input type="text" value="0"/>
Adjuntar Certificado de análisis de laboratorio	<input type="button" value="Seleccionar archivo"/> Ningún archivo seleccionado
Certificado de análisis de laboratorio	<input type="button" value="Descargar"/>

Para tener presente

Artículo 4º. Los límites máximos de emisión se indican a continuación:

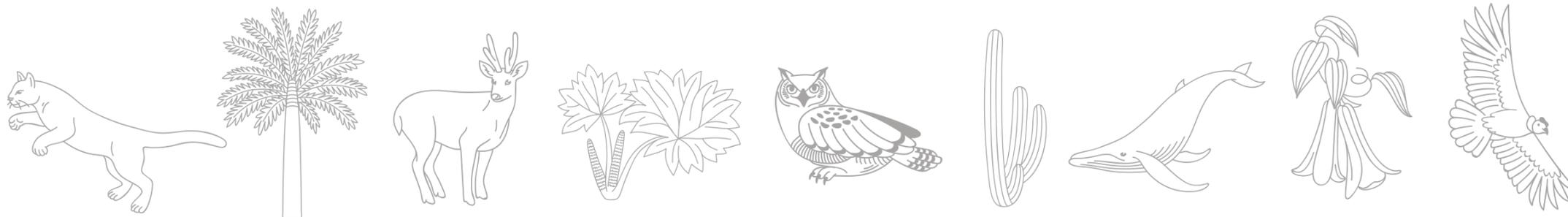
En relación al Níquel y Vanadio, y sin perjuicio de la obligación para las fuentes emisoras de reportar sus emisiones establecida en la presente norma, los valores límites de emisión para estos metales se establecerán en la primera revisión de la norma que se realice de conformidad al inciso 4º del artículo 32 de la ley N° 19.300.



Evolución de la calidad del aire en comunas con Centrales Termoeléctricas

Quinta reunión Comité Operativo
Revisión de la Norma de emisión de Centrales Termoeléctricas

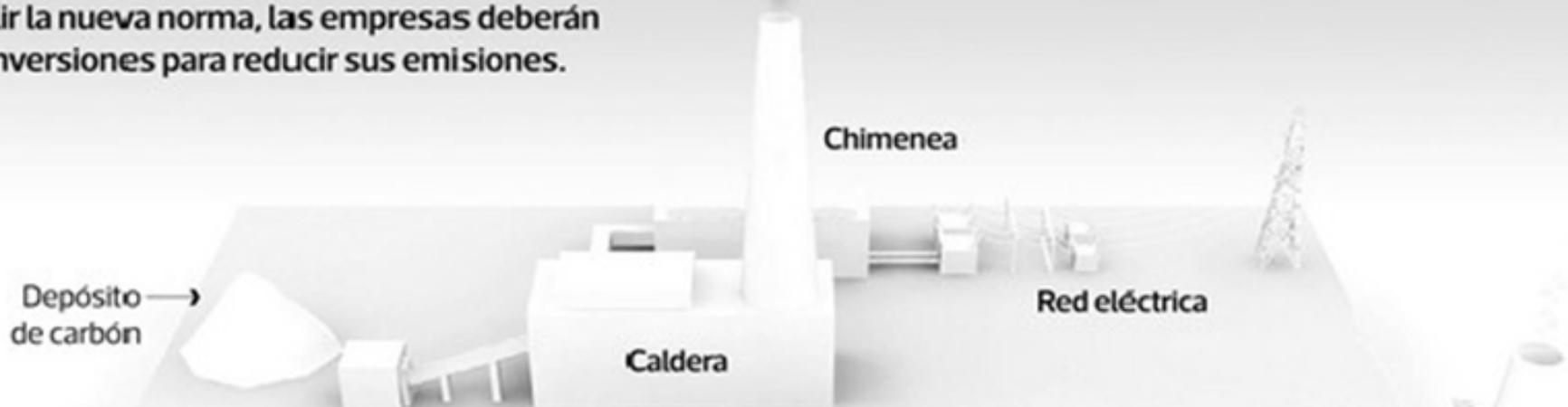
8 de junio de 2021



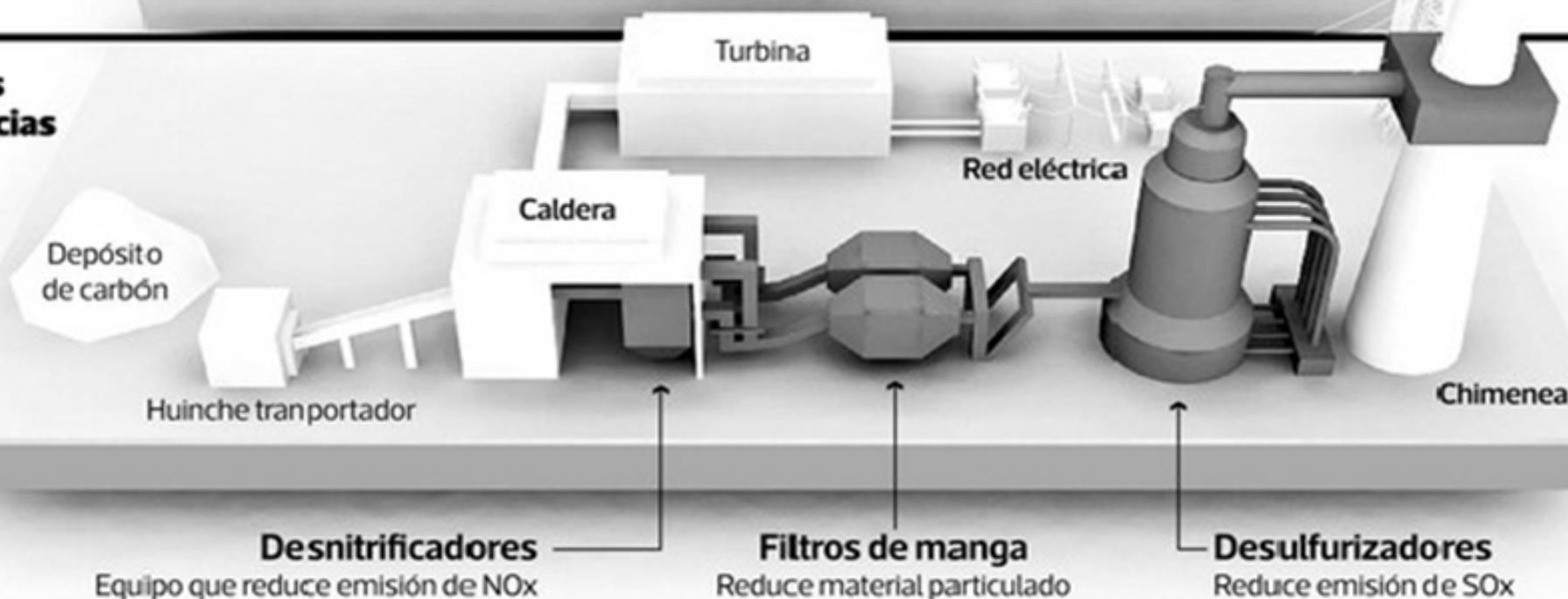
Contexto Norma de emisión de Centrales Termoeléctricas D.S. N° 13/2011

Para cumplir la nueva norma, las empresas deberán concretar inversiones para reducir sus emisiones.

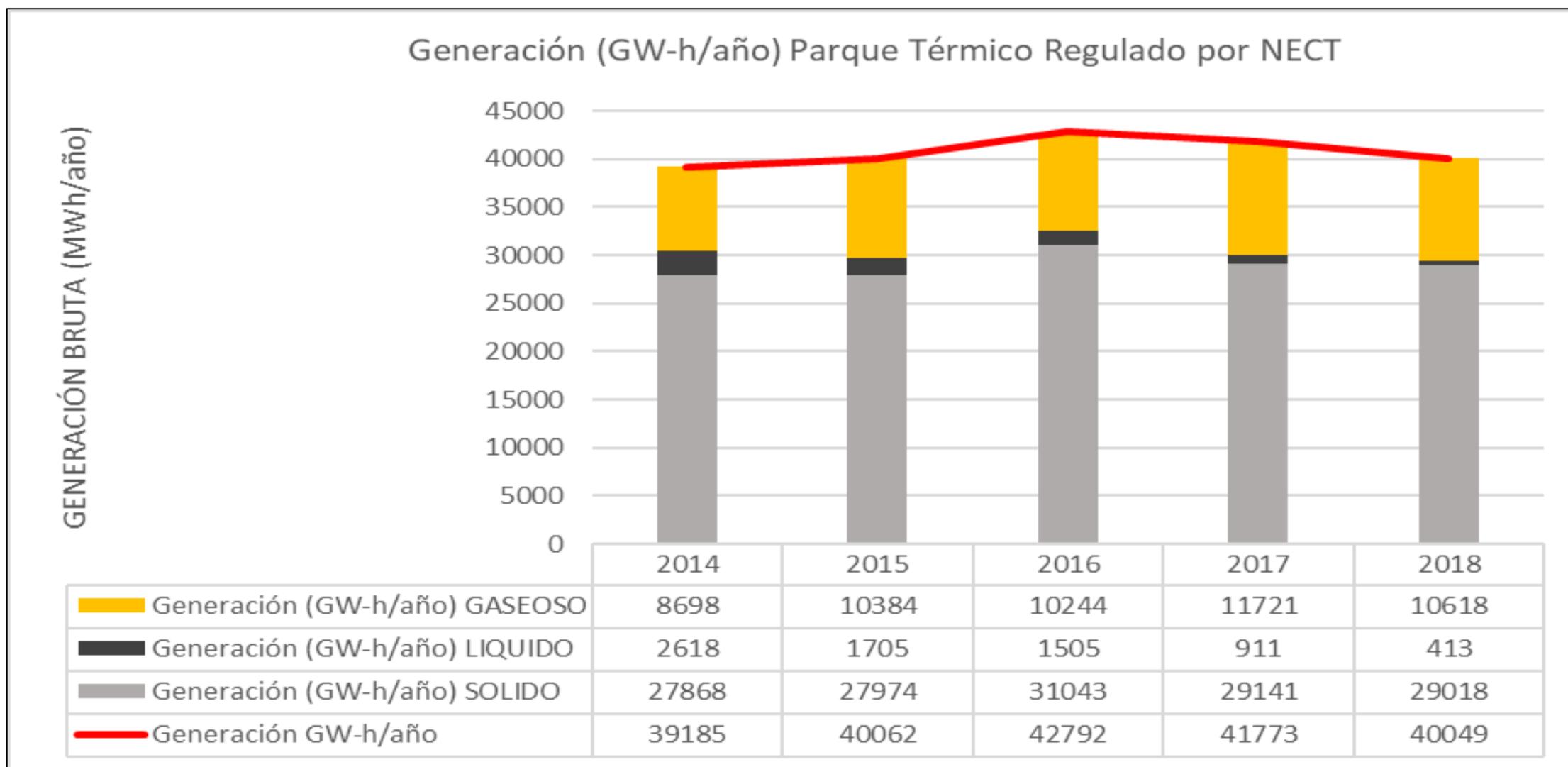
Diseño actual



Nuevas exigencias

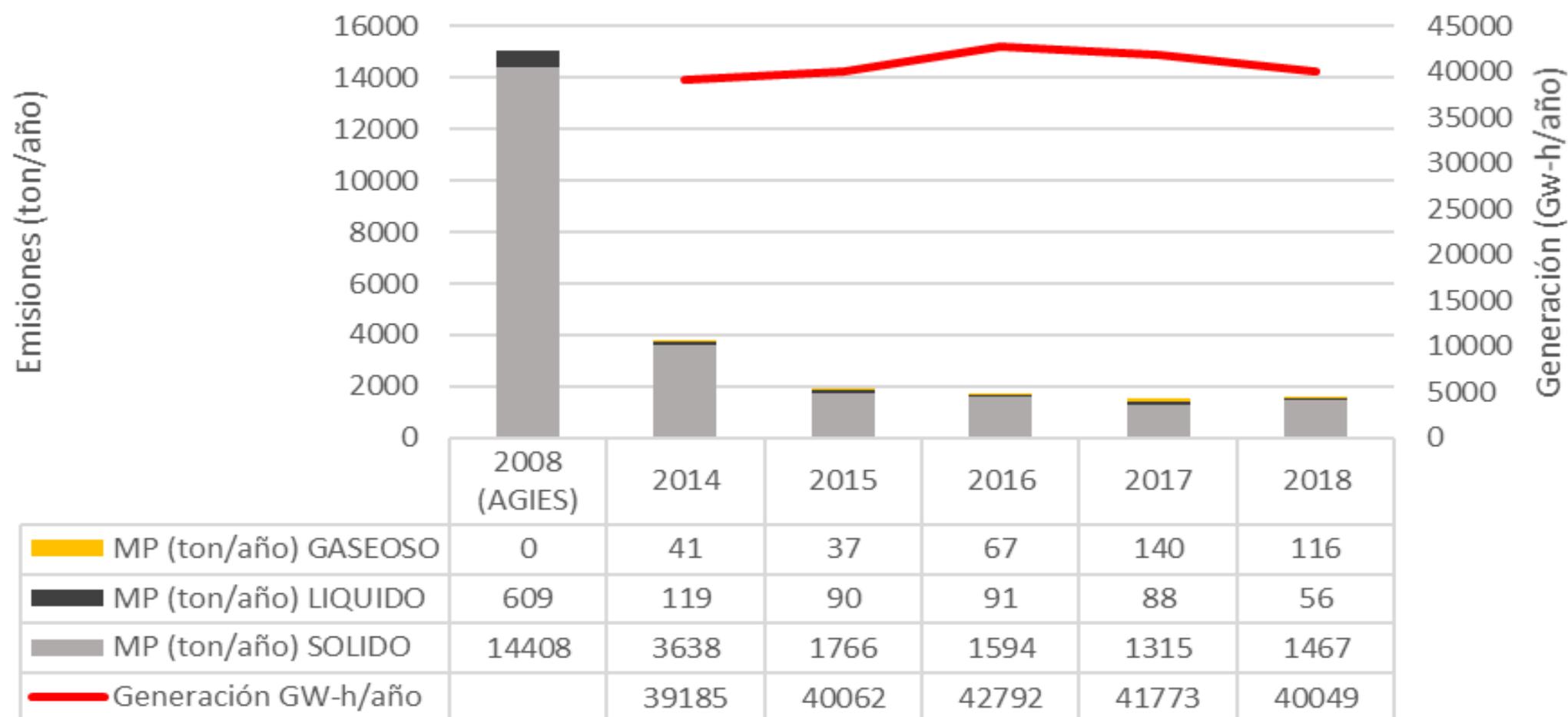


Parque térmico regulado por la NECT 2014-2018

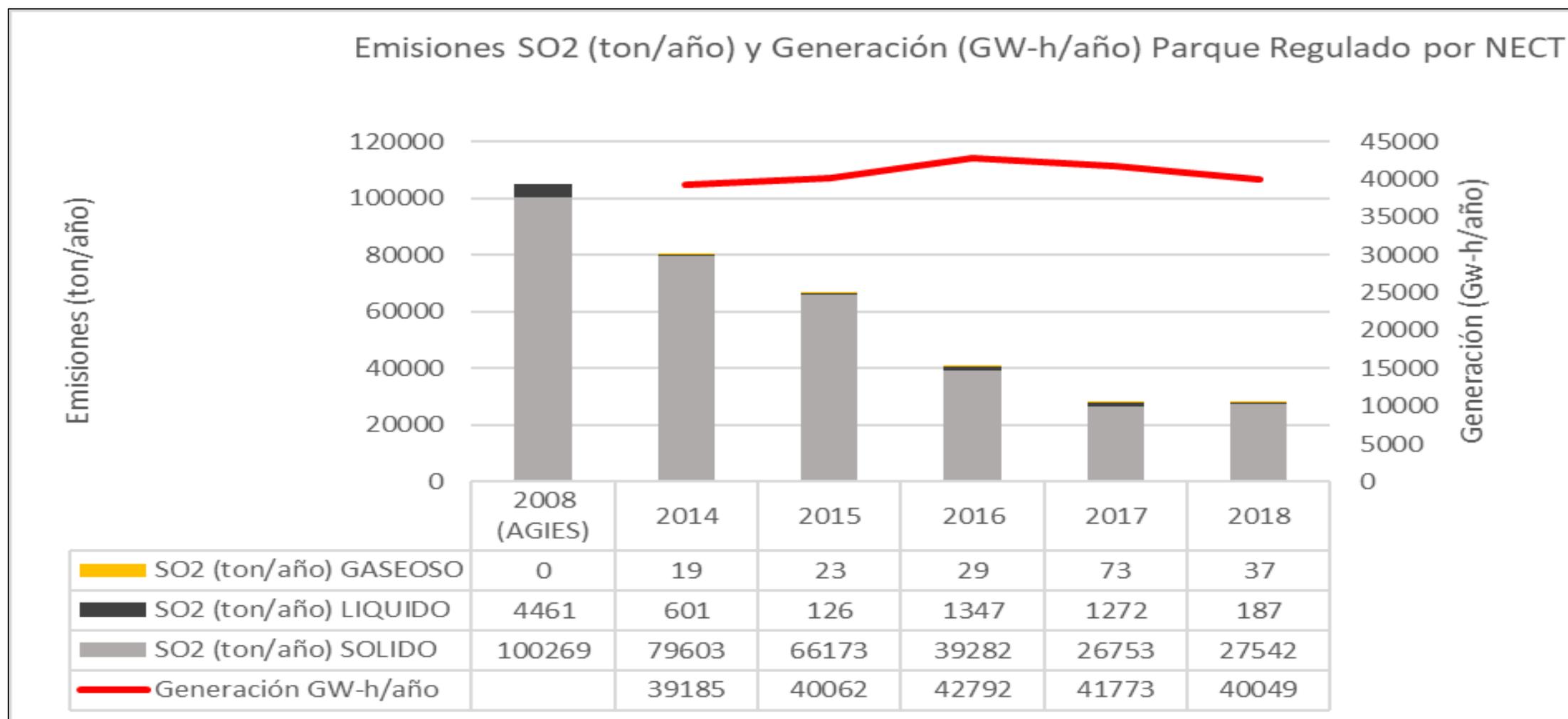


Reducción de MP

Emisiones MP (ton/año) y Generación (GW-h/año) Parque Regulado por NECT

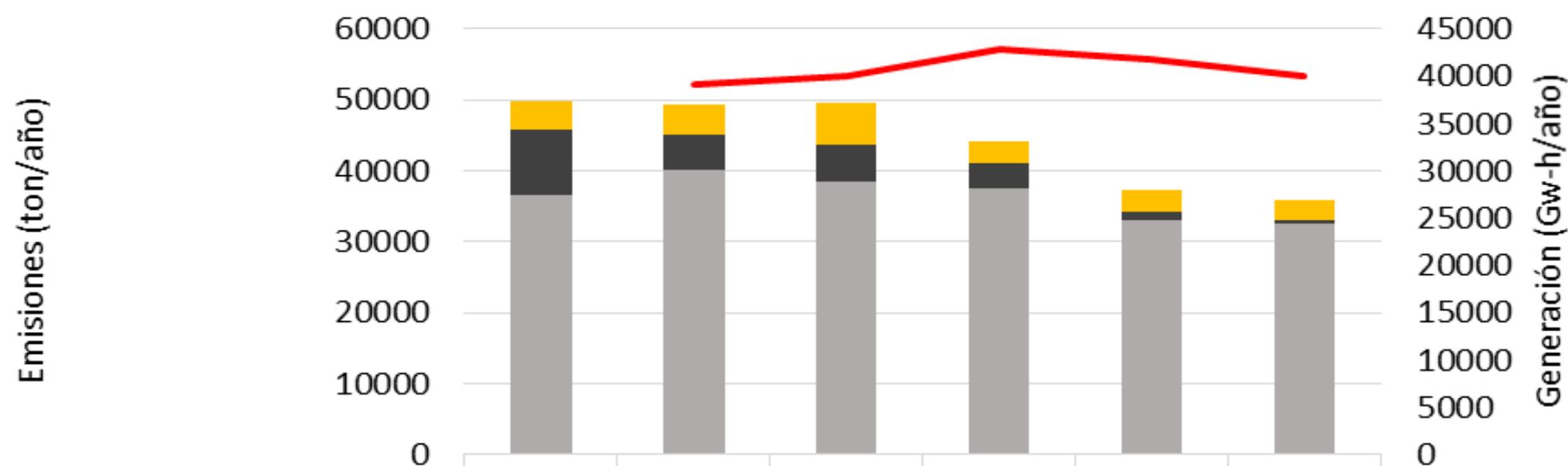


Reducción de SO₂



Reducción de NOx

Emisiones NOx (ton/año) y Generación (GW-h/año) Parque Regulado por NECT

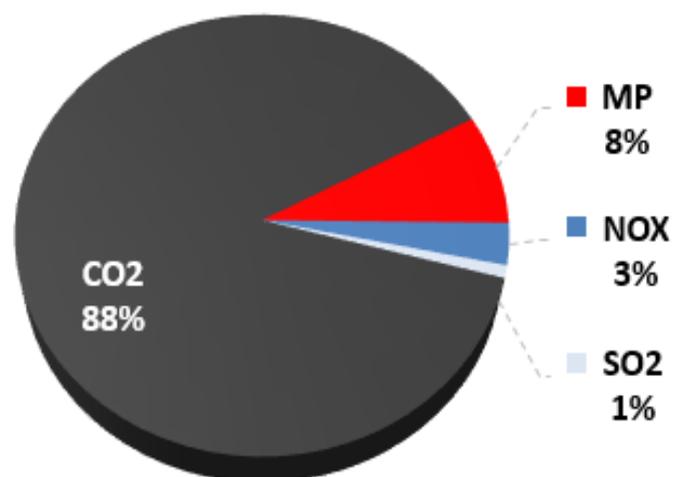


	2008 (AGIES)	2014	2015	2016	2017	2018
■ Nox (ton/año) GASEOSO	4024	4280	5843	2974	3053	2857
■ Nox (ton/año) LIQUIDO	9211	4928	5124	3602	1243	609
■ Nox (ton/año) SOLIDO	36543	40126	38580	37558	33015	32489
— Generación GW-h/año		39185	40062	42792	41773	40049

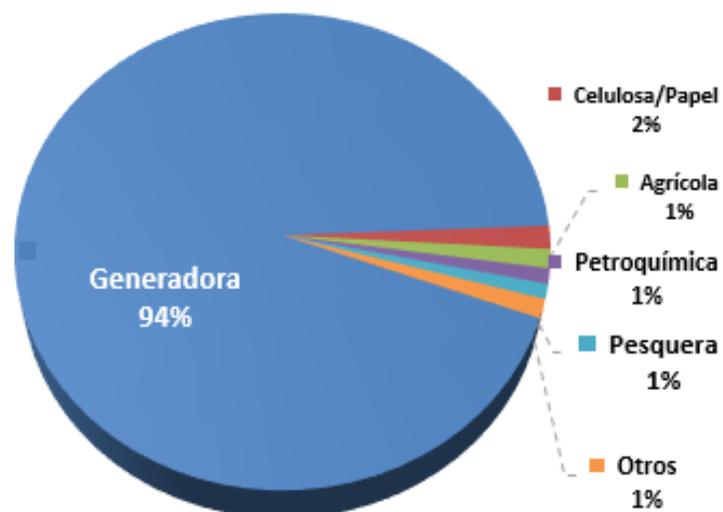
Impuesto Verde: Generadoras USD 176,6 MM

Recaudación oficial 2018:
USD 188,3 MM

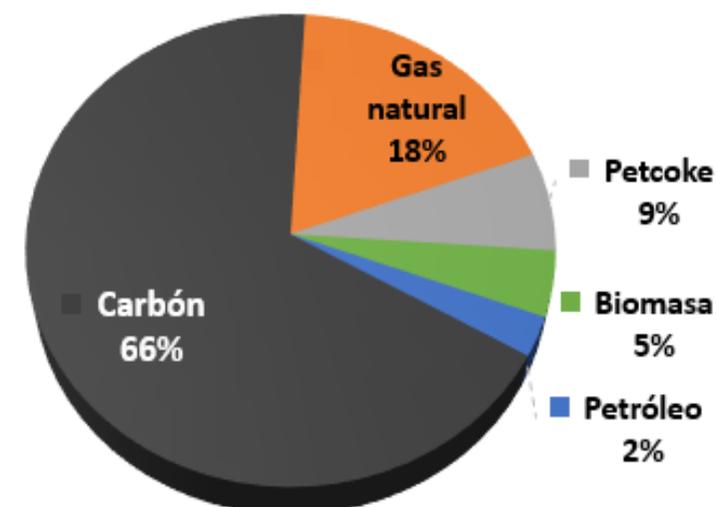
Según Contaminante



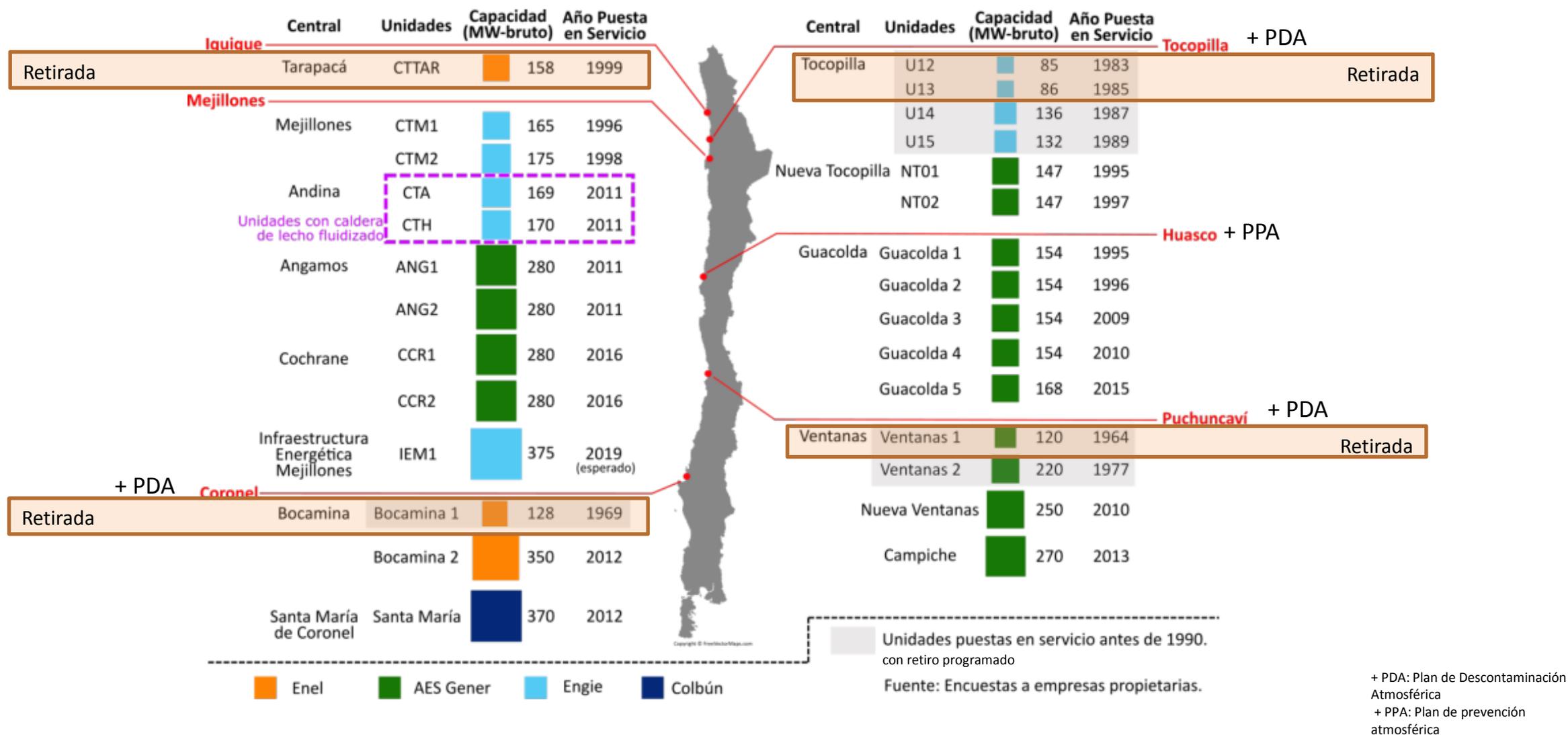
Según sector económico



Según combustible



Ubicación de Centrales a Carbón



“Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión Programada y gradual de generación eléctrica a carbón”, realizado por Inodú, para Ministerio de Energía, Diciembre de 2018 (Informe final - licitación ID: 584105-9-LE18)

Cambios en la calidad del aire

Zonas a evaluar fueron:

- Tocopilla
- Mejillones
- Huasco
- Quintero-Puchuncaví
- Coronel

El periodo de análisis es entre 2010 a 2019 de las estaciones que posean EMRP, entre lo que se solicita evaluar:

- MP_{10} : Normas Diaria y Anual
- $MP_{2,5}$: Normas Diaria y Anual
- SO_2 : Normas Horaria, Diaria y Anual

Hitos de la Norma vigente

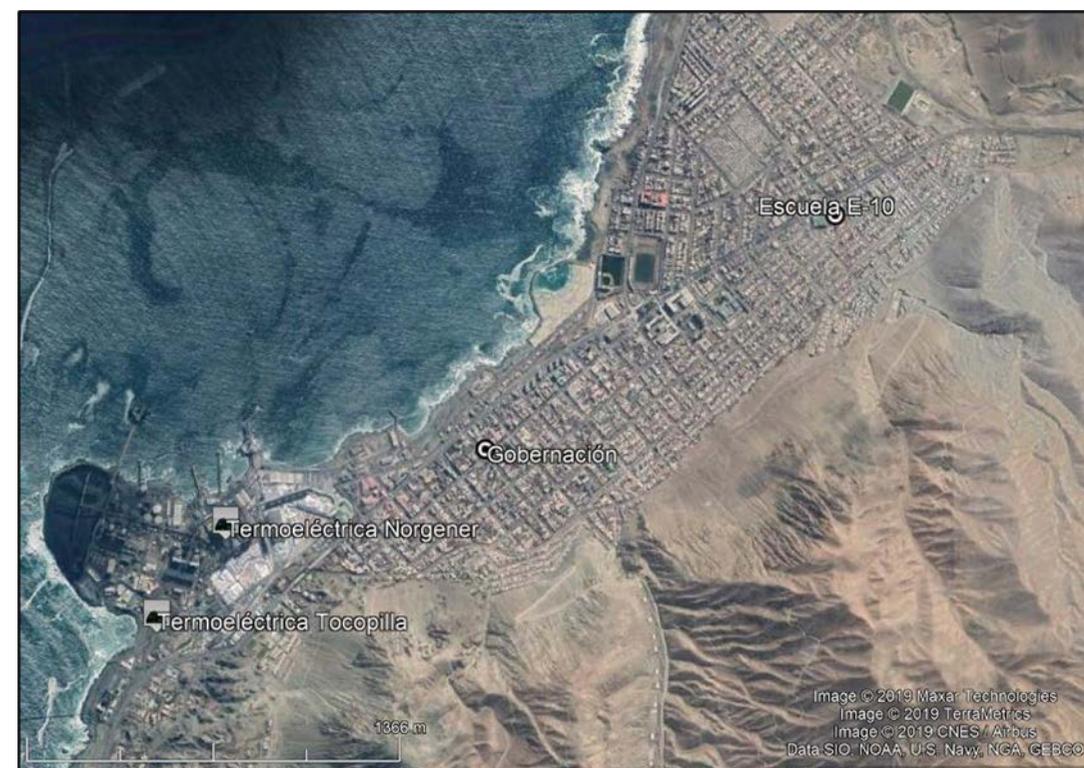
- Decreto N°13 de 2011 del MMA, publicado en el diario oficial el 23 de junio de 2011.
- Instalar y certificar CEMS: A 2 años (23 de junio de 2013)
- Límite de emisión MP:
 - A 2,5 años (23 de diciembre de 2013)
- Límite de emisión SO₂, NO_x y Hg:
 - A 4 años, zona latente/saturada (23 de junio de 2015)
 - A 5 años, zonas no saturada/latente (23 de junio de 2016)

Tocopilla

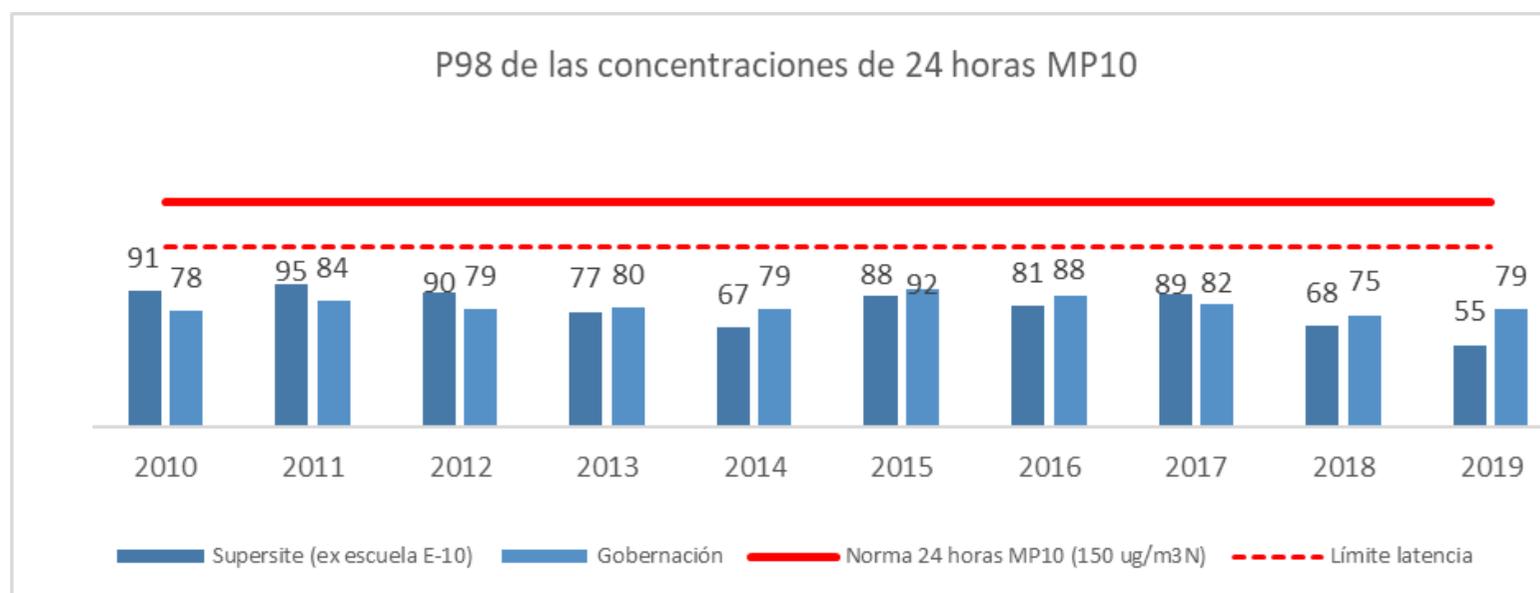
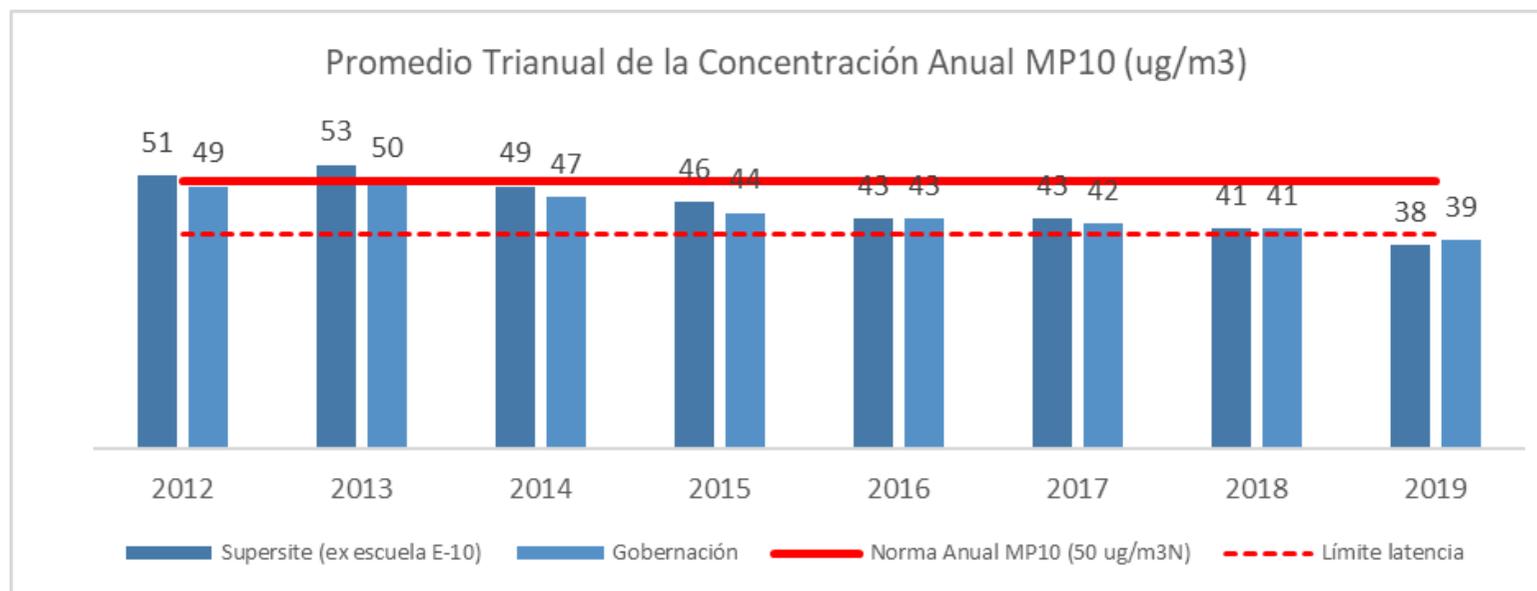


Complejo Termoeléctrico Tocopilla - Norgener

Estaciones de monitoreo de Tocopilla



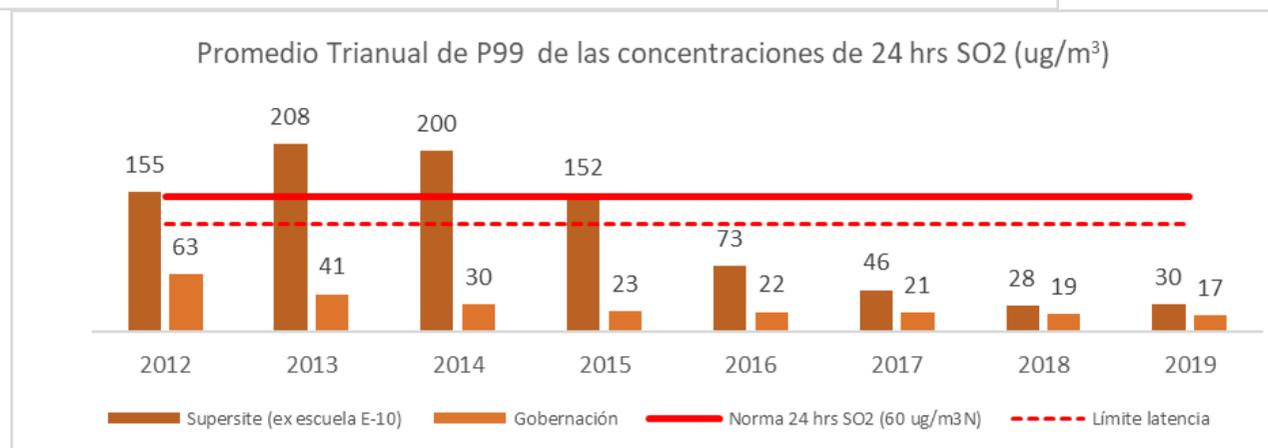
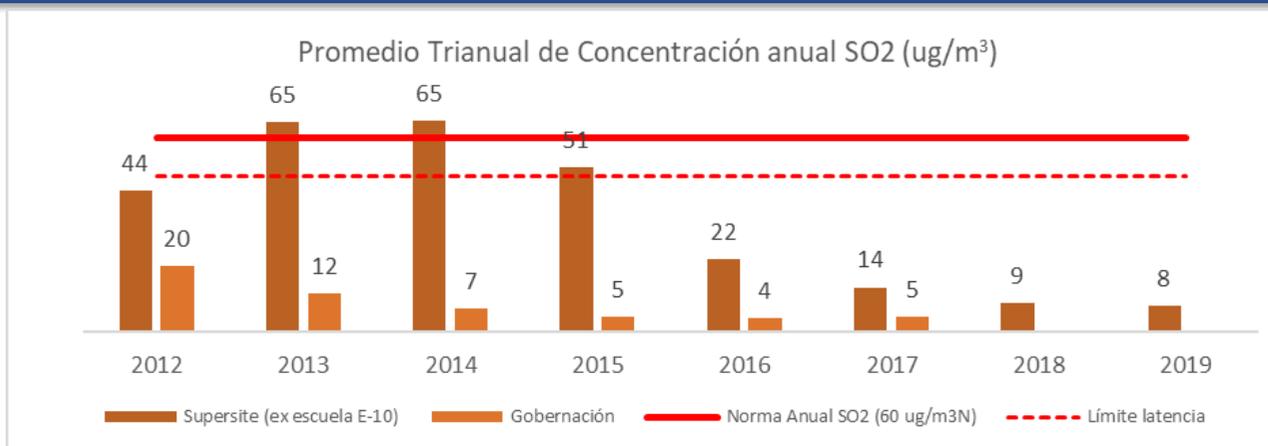
Material Particulado – Tocopilla



Norma MP10

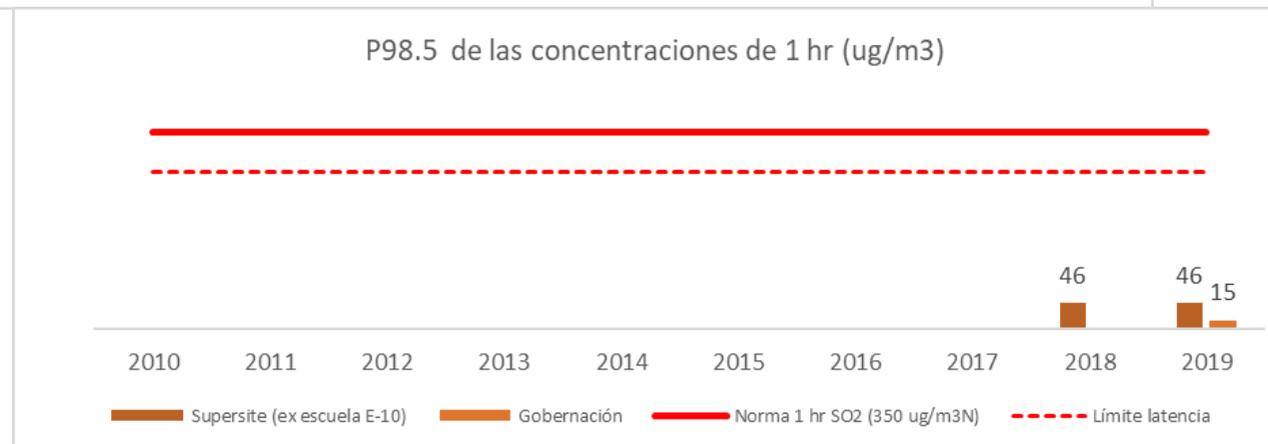
- Anual 50 ug/m3
- Diaria 150 ug/m3

Dióxido de Azufre - Tocopilla



Norma SO₂

- Anual 60 ug/m³
- Diaria 150 ug/m³
- Horaria 350 ug/m³



Mejillones



Figura 15: Complejo termoeléctrico Angamos – Cochrane.

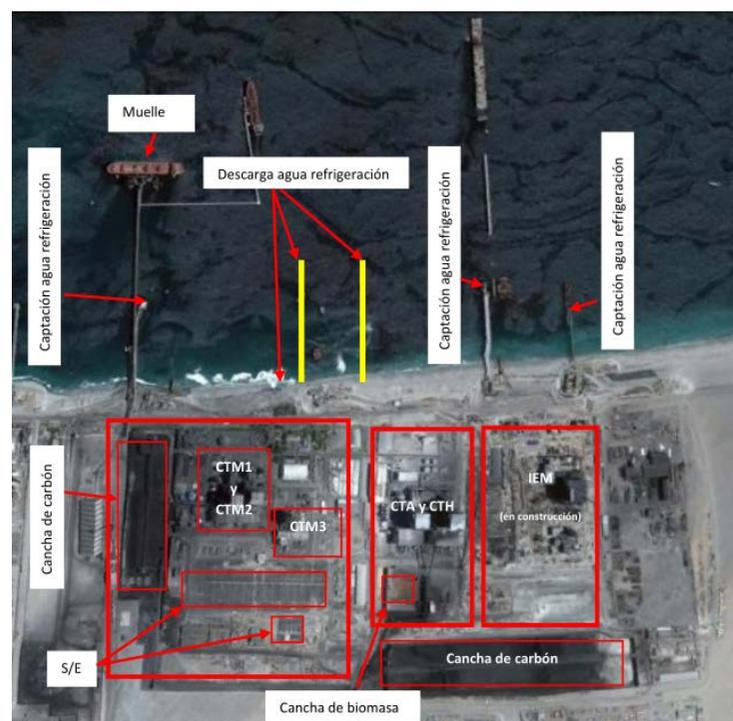
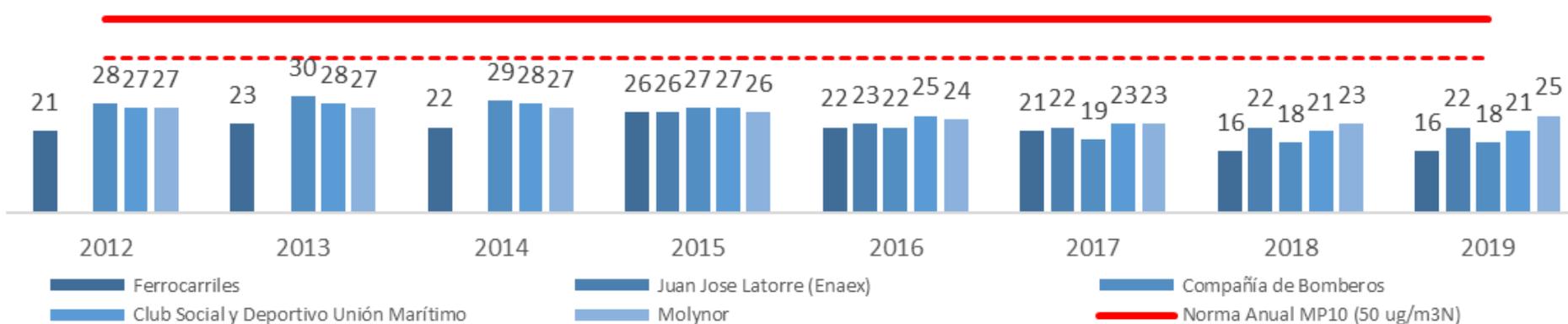


Figura 16: Complejo termoeléctrico Mejillones.

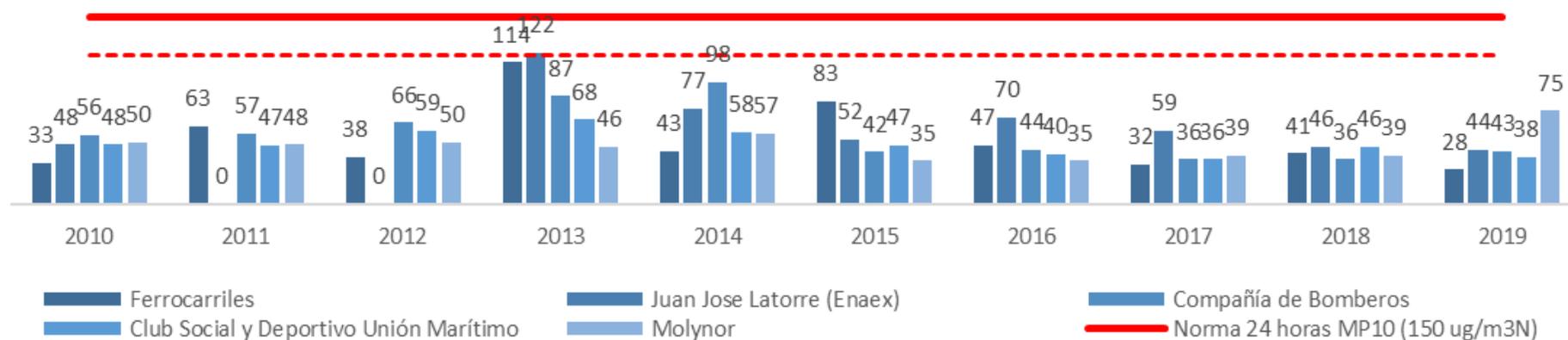


Material Particulado - Mejillones

Promedio Trianual de Concentración anual MP10



P98 de las concentraciones de 24 horas

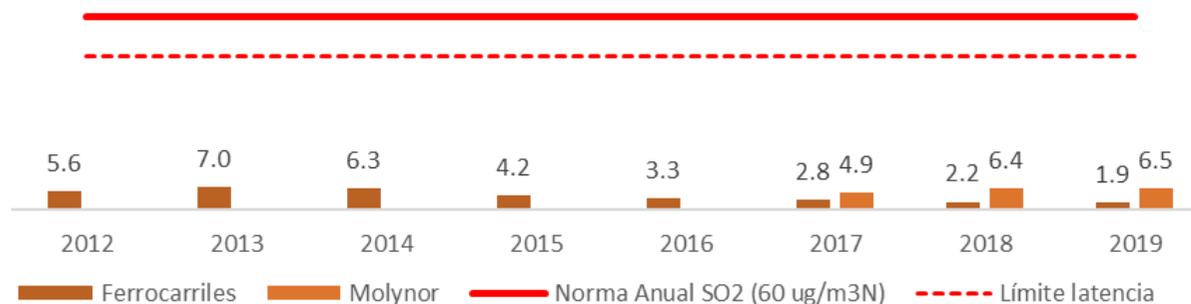


Norma MP10

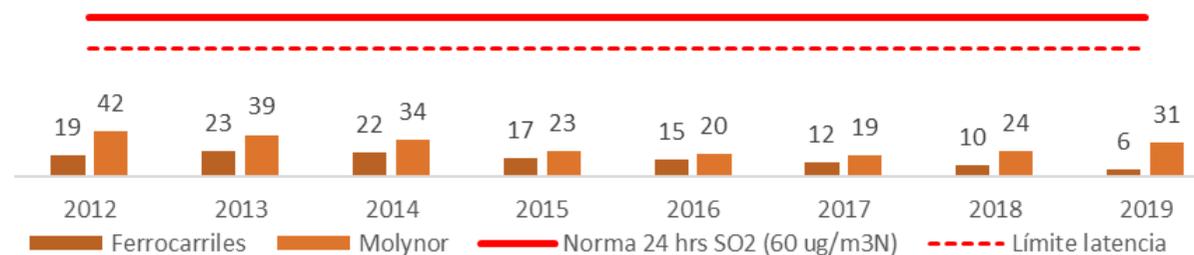
- Anual 50 ug/m³
- Diaria 150 ug/m³

Dióxido de Azufre - Mejillones

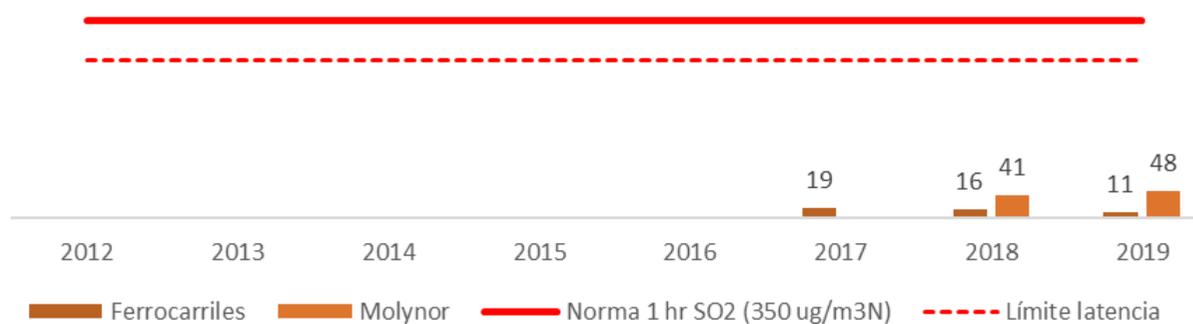
Promedio Trianual de la Concentración anual SO2



Promedio Trianual P99 de las concentraciones de 24 horas SO2 (ug/m3N)



Promedio Trianual P98.5 de las concentraciones de 1 hora SO2 (ug/m3N)



Norma SO2

- Anual 60 ug/m3
- Diaria 150 ug/m3
- Horaria 350 ug/m3

Huasco



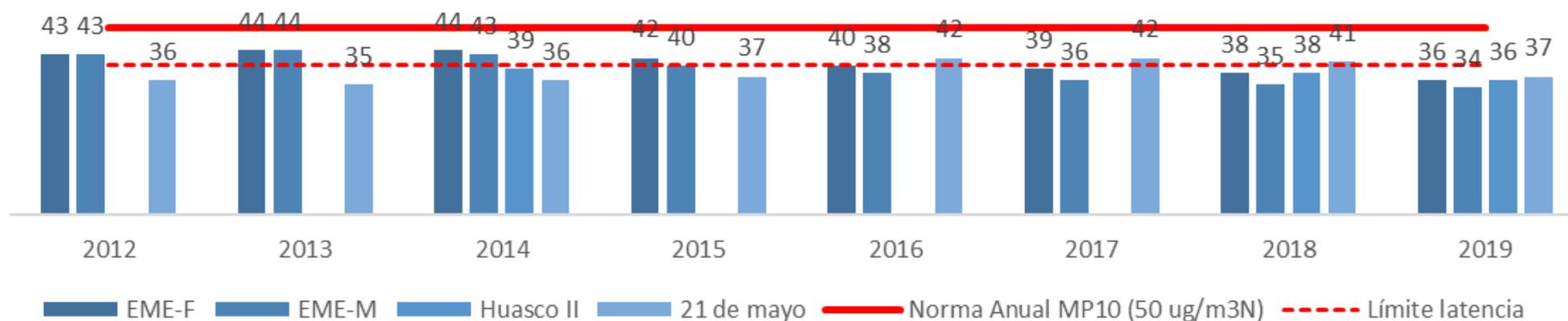
Figura 17: Complejo termoeléctrico Guacolda.

Figura 3-20: Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valle del Huasco

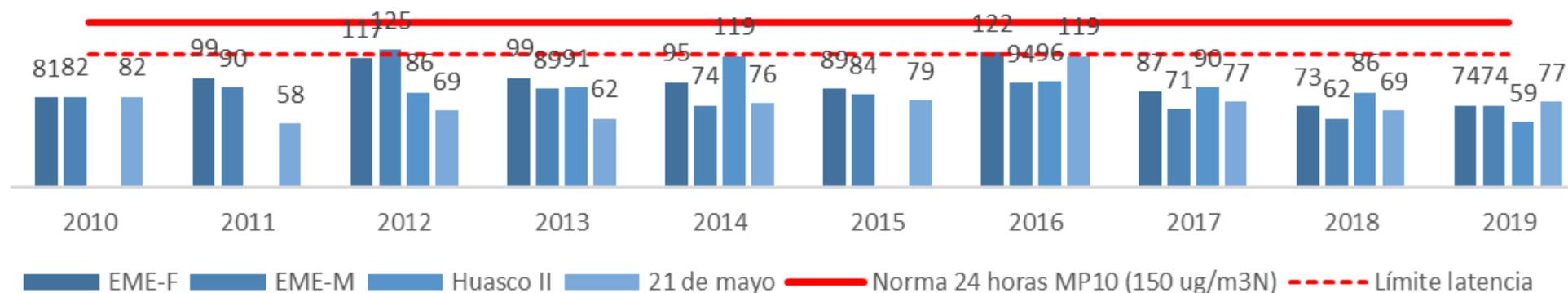


Material Particulado - Huasco

Promedio Trianual de la concentración anual MP10 (ug/m3)



P98 de las concentraciones de 24 horas (ug/m3)

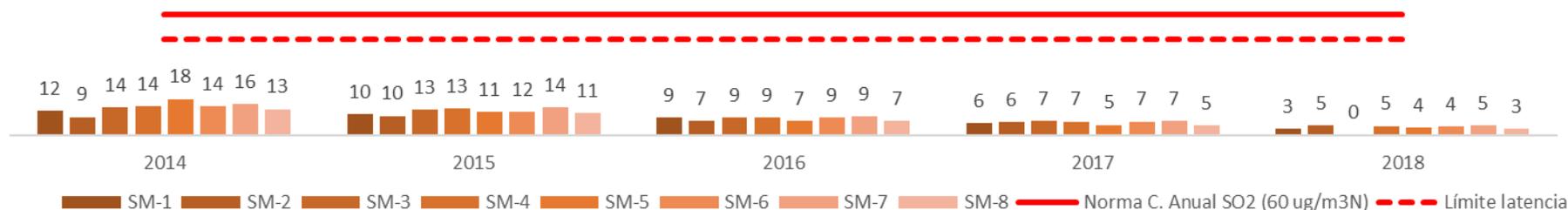


Norma MP10

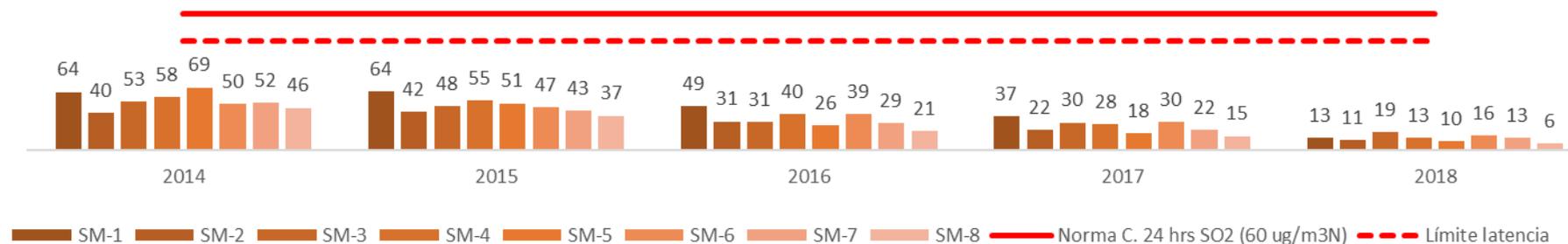
- Anual 50 ug/m3
- Diaria 150 ug/m3

Dióxido de Azufre - Huasco

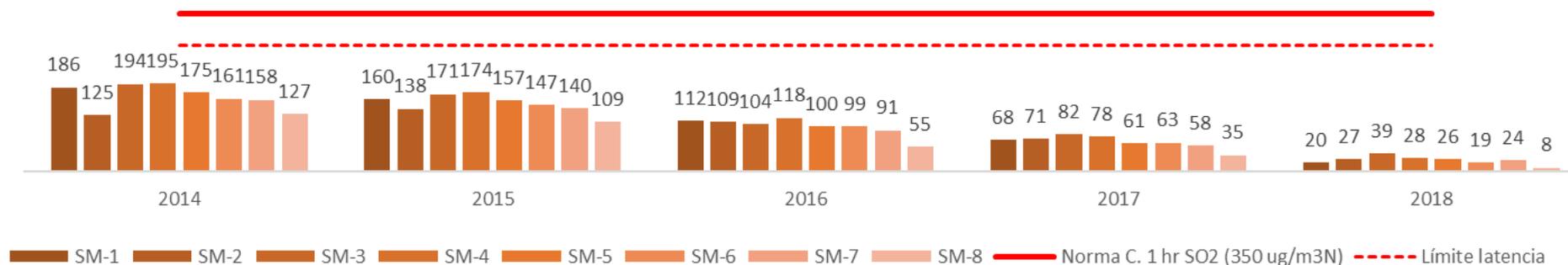
Promedio Trianual de Concentración anual SO2



Promedio Trianual P99,7 de las concentraciones de 24 horas (ug/m3)



Promedio Trianual P99,73 de las concentraciones de 1 hora (ug/m3)



Norma SO2

- Anual 60 ug/m3
- Diaria 150 ug/m3
- Horaria 350 ug/m3

Puchuncaví

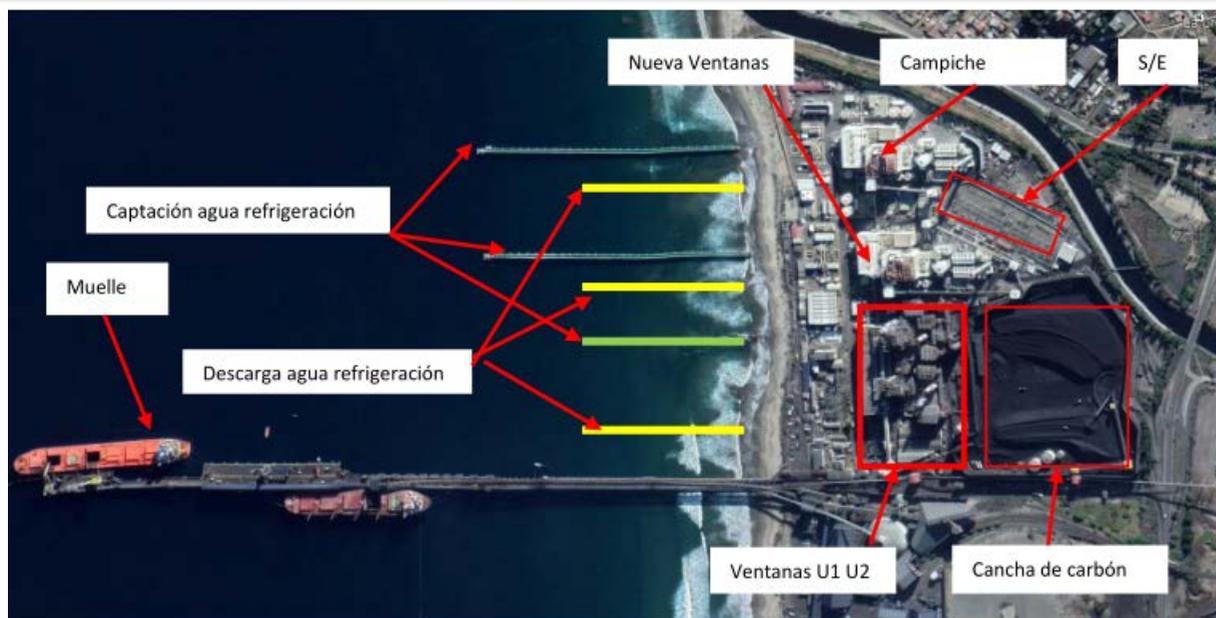
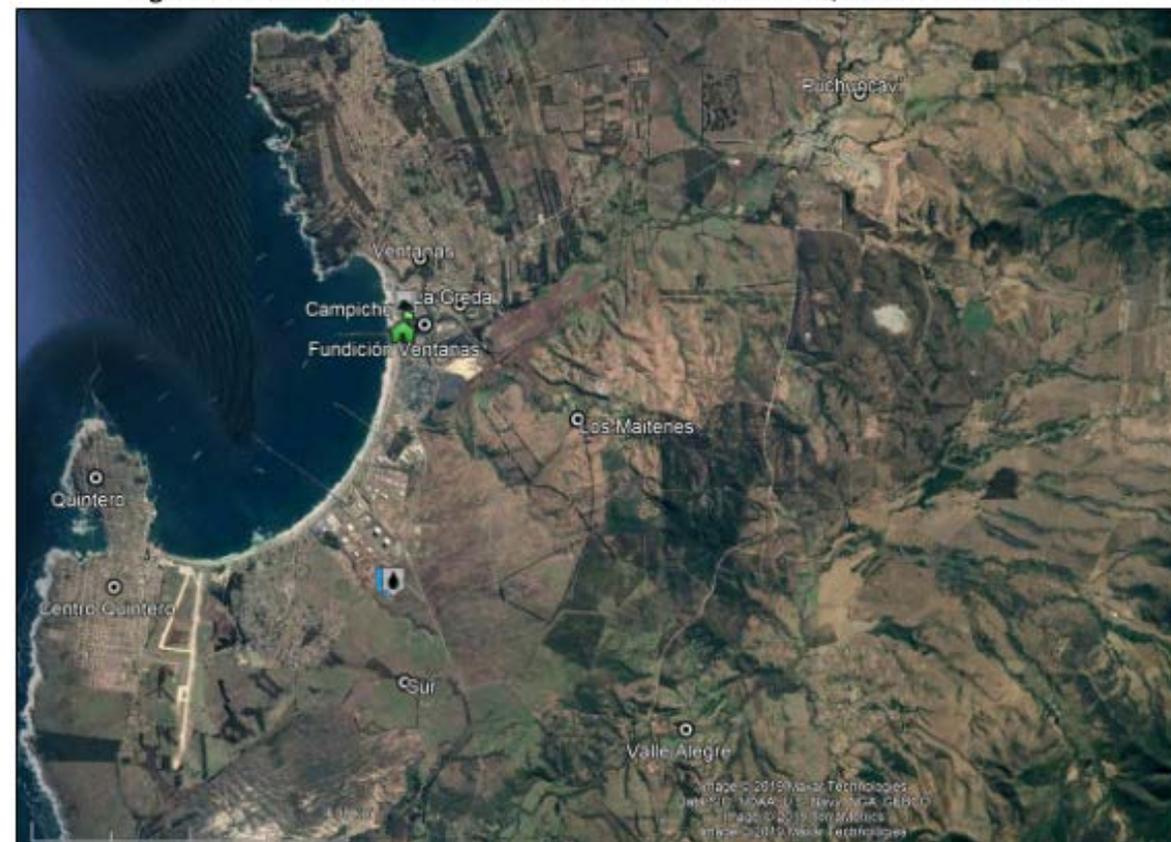
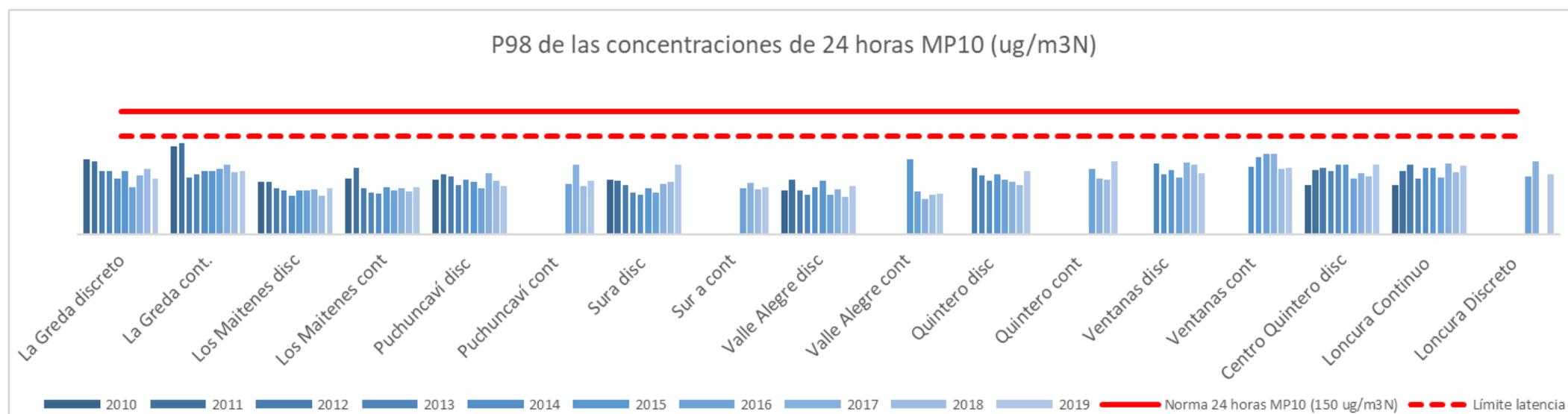
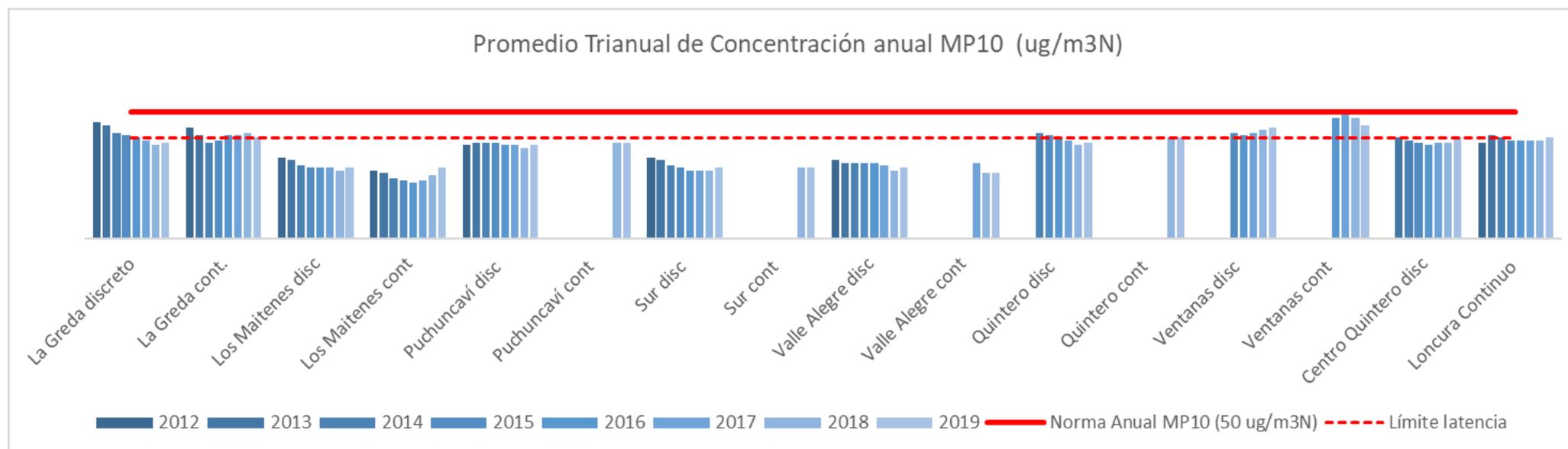


Figura 18: Complejo termoeléctrico Ventanas.

Figura 3-24: Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quintero-Puchuncaví



Material Particulado MP10 - Puchuncaví

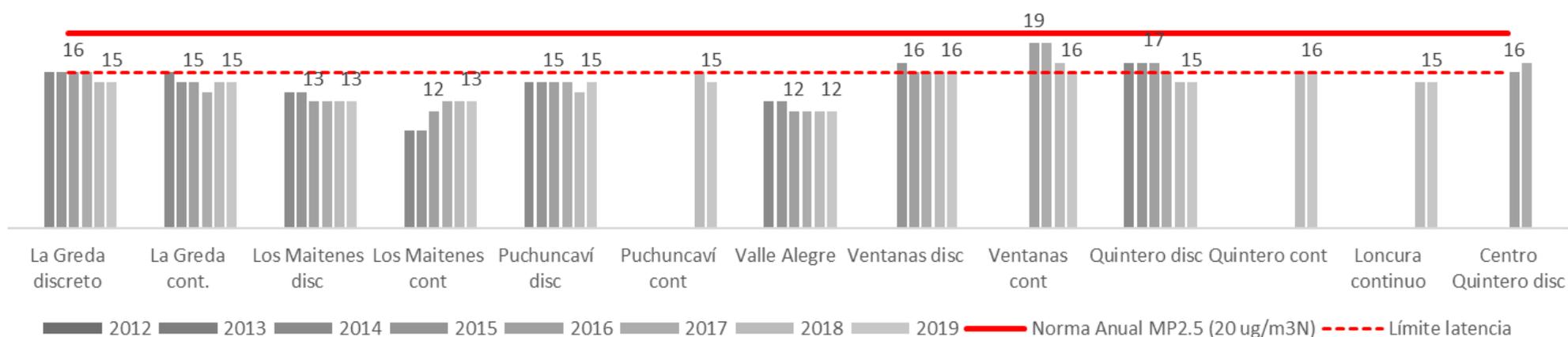


Norma MP10

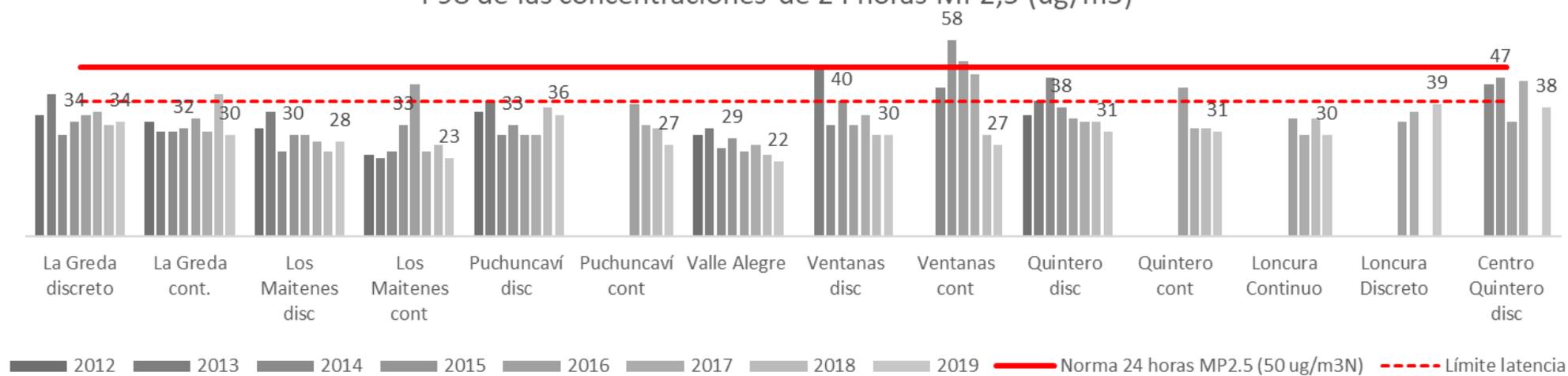
- Anual $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Diaria $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Material Particulado MP2,5 - Puchuncaví

Promedio Trianual de Concentración anual MP2,5 (ug/m3)



P98 de las concentraciones de 24 horas MP2,5 (ug/m3)

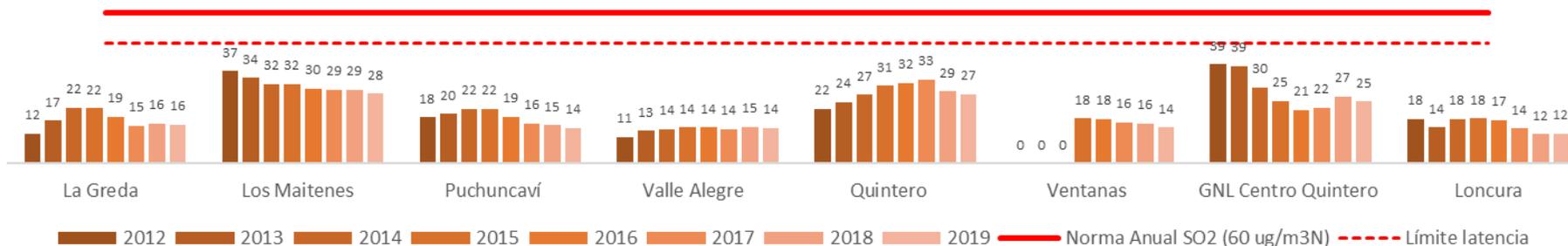


Norma MP2,5

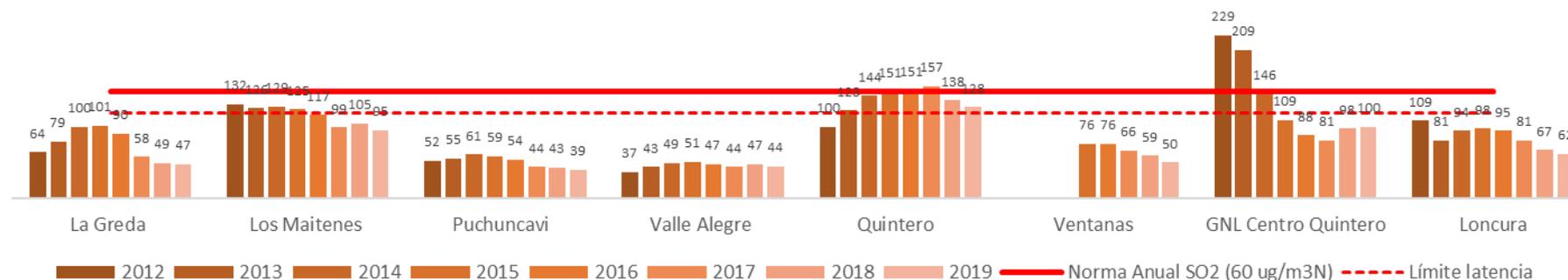
- Anual 20 ug/m3
- Diaria 50 ug/m3

Dióxido de Azufre - Puchuncaví

Promedio Trianual de Concentración anual SO₂ (ug/m³N)



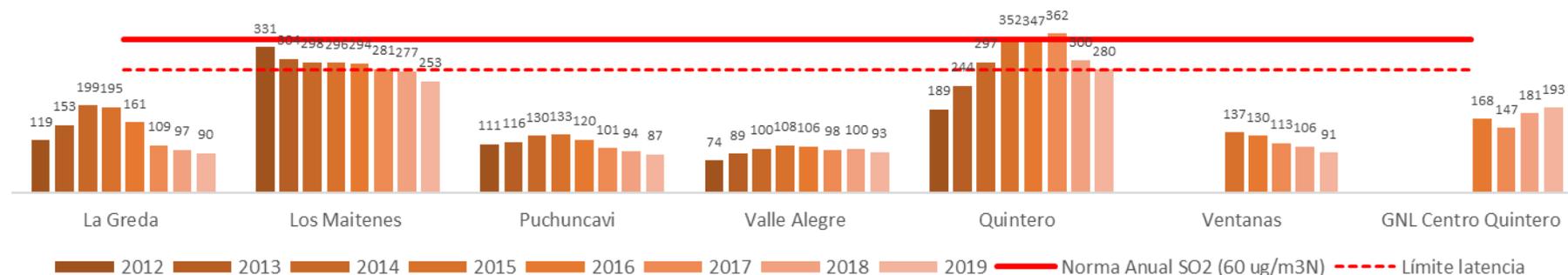
Promedio Trianual P99 de las concentraciones de 24 horas SO₂ (ug/m³N)



Norma SO₂

- Anual 60 ug/m³
- Diaria 150 ug/m³
- Horaria 350 ug/m³

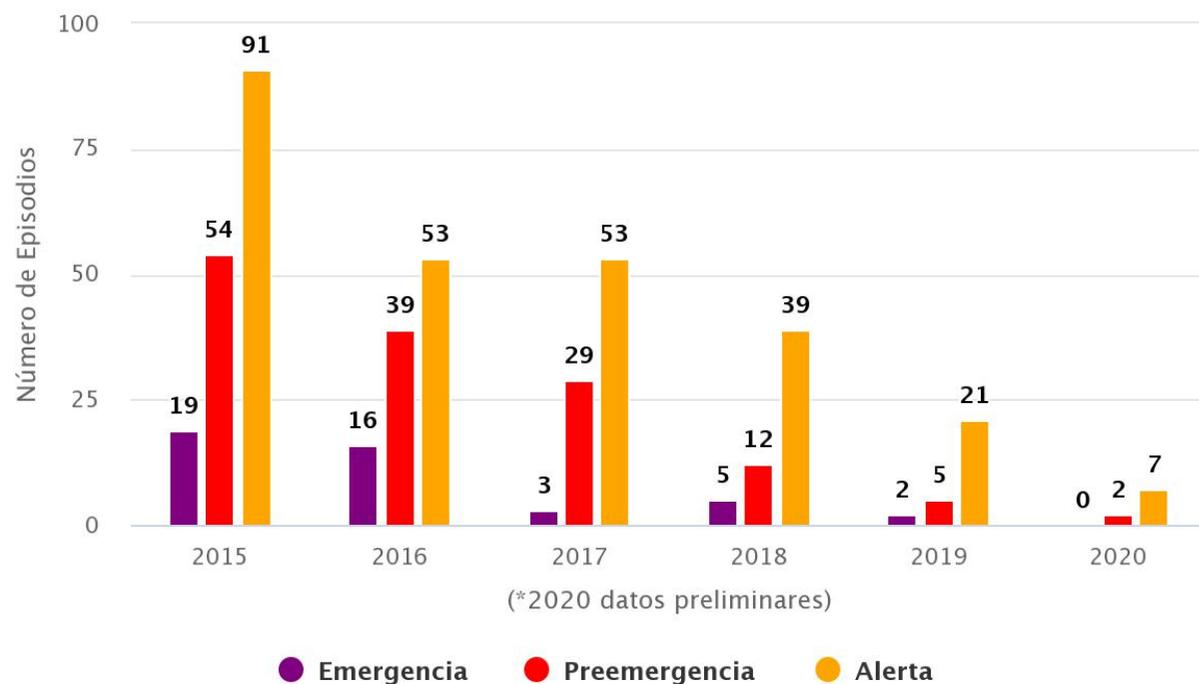
Promedio Trianual P98.5 de las concentraciones de 1 hora SO₂ (ug/m³N)



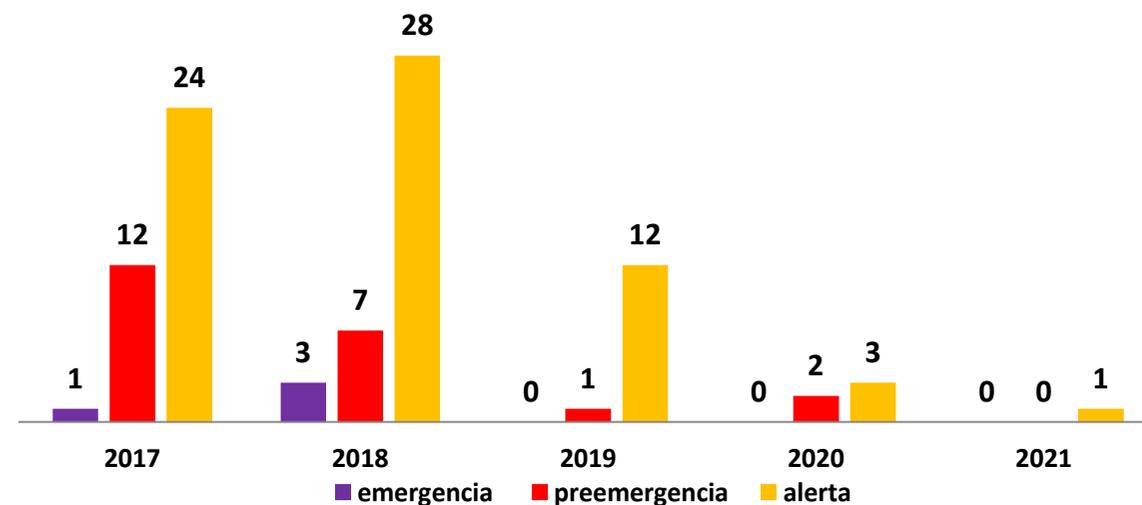
Dióxido de Azufre – Puchuncaví (Episodios)

SO2: Episodios Horarios en CQP

Datos oficiales de la SMA*



SO2: Episodios al 7 de junio



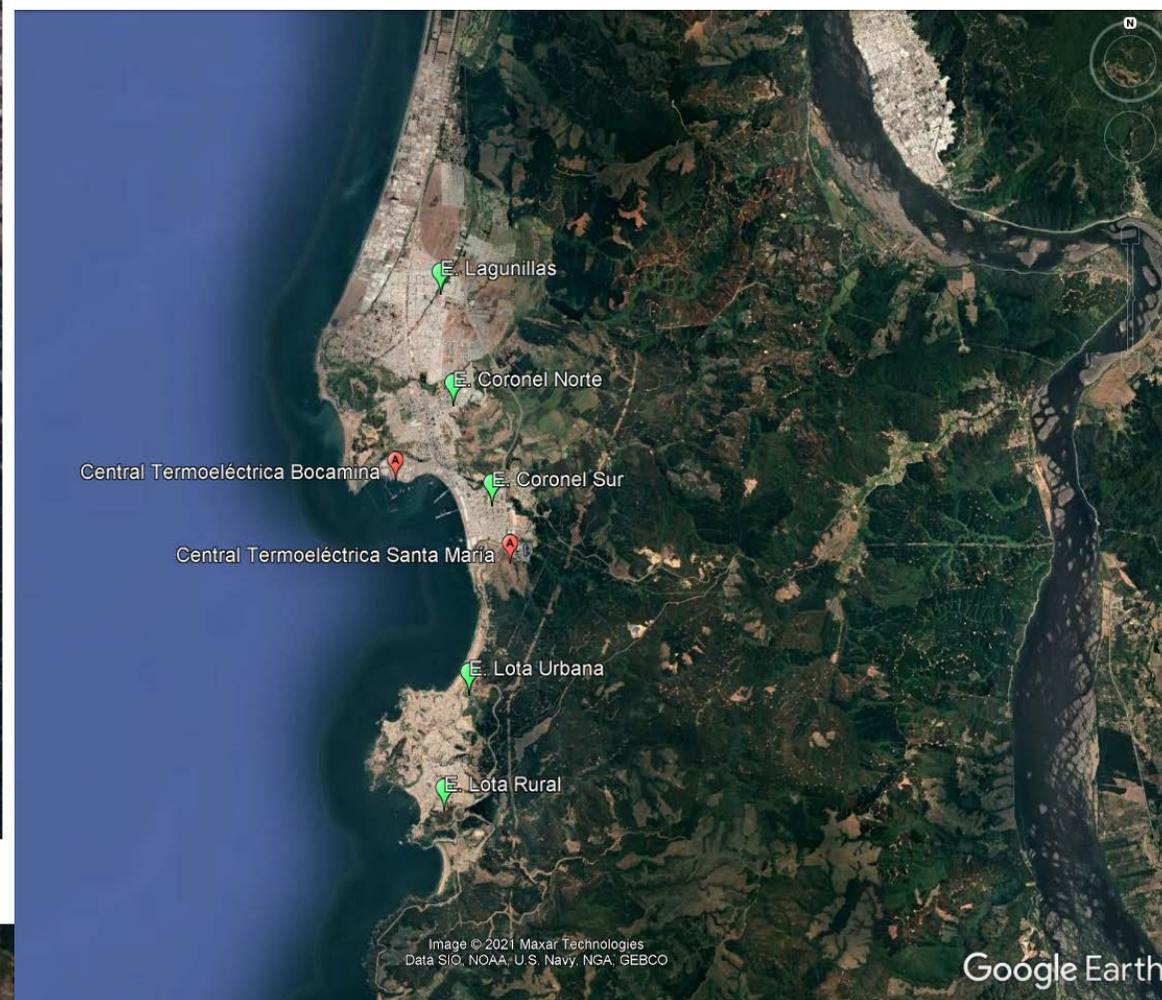
Coronel



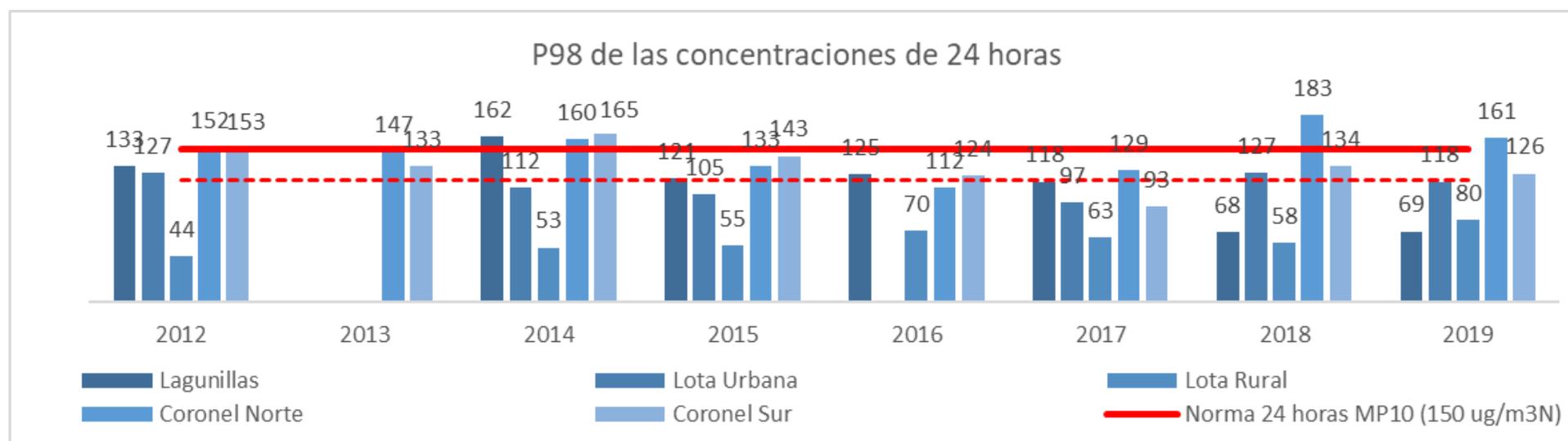
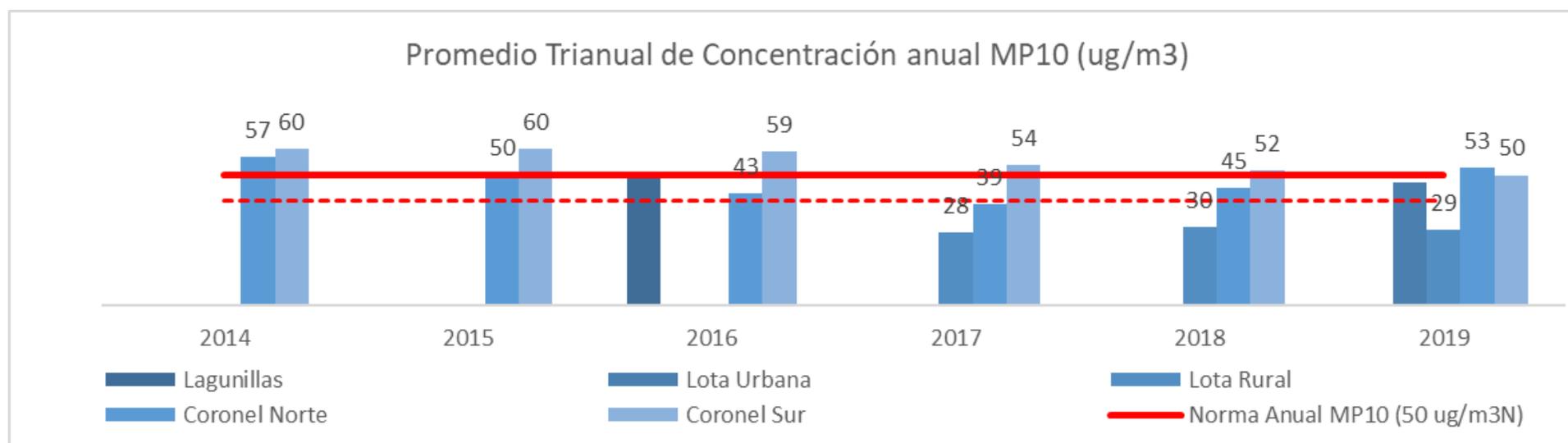
Figura 19: Complejo termoeléctrico Bocamina.



Figura 20: Complejo termoeléctrico Santa María.



Material Particulado - Coronel

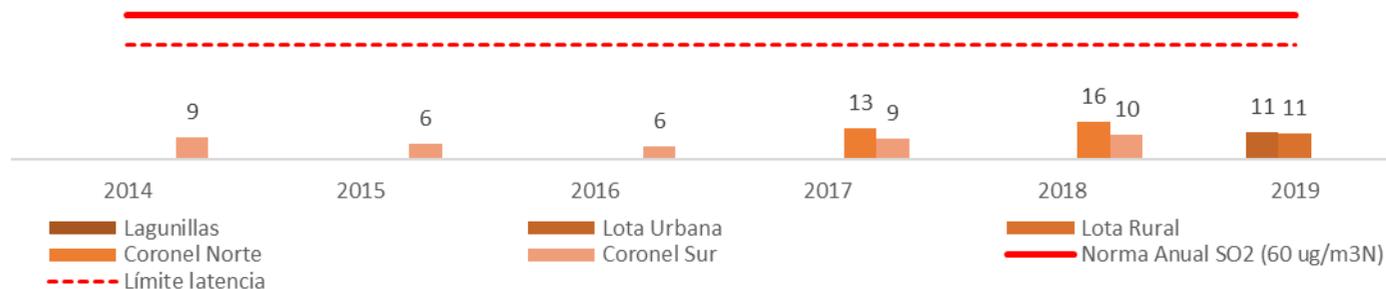


Norma MP10

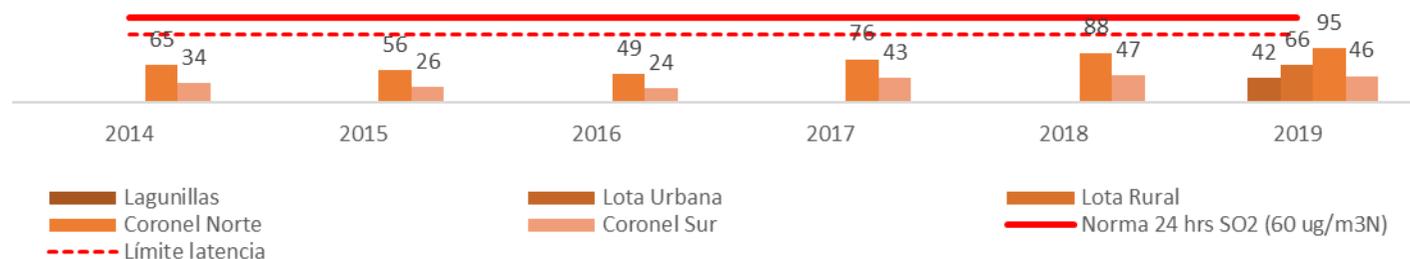
- Anual 50 ug/m3
- Diaria 150 ug/m3

Dióxido de Azufre – Coronel

Promedio Trianual de Concentración Anual SO₂ (ug/m³)



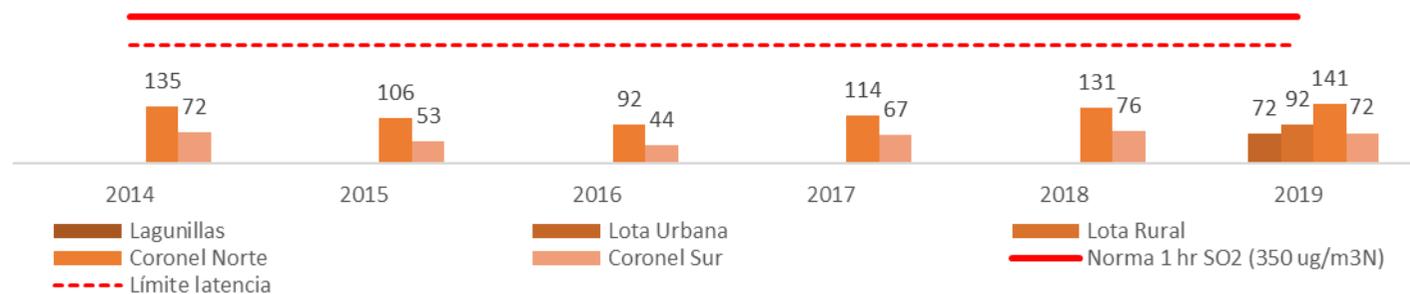
Promedio Trianual P99 de Concentraciones 24 horas SO₂ (ug/m³)



Norma SO₂

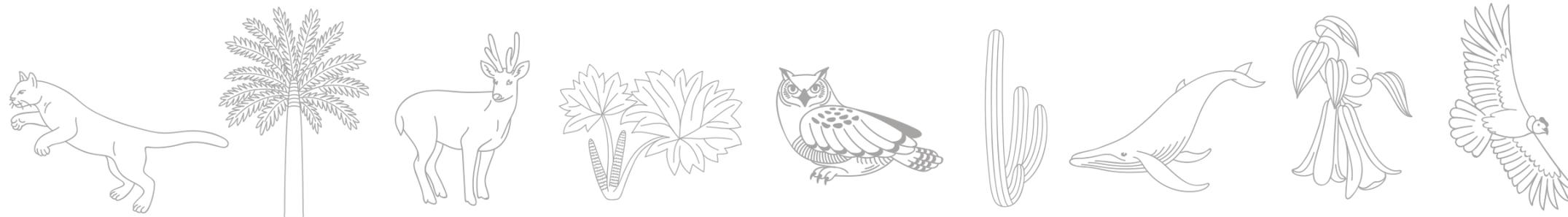
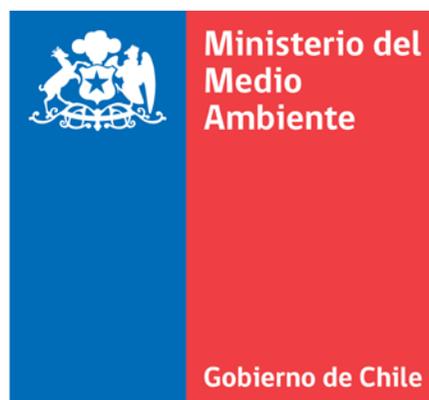
- Anual 60 ug/m³
- Diaria 150 ug/m³
- Horaria 350 ug/m³

Promedio Trianual P98.5 de Concentraciones 1 hora SO₂ (ug/m³)



Conclusiones

- Zonas donde se emplazan termoeléctricas, principalmente, las concentraciones de MP y SO₂ se han reducido de manera importante a partir del año 2015, producto de la entrada de vigencia del DS 13/2011.
- La norma de termoeléctricas, la norma de fundiciones y los planes de prevención y/o descontaminación, han sido herramientas relevantes en la gestión de calidad del aire, que han permitido ir disminuyendo las emisiones de MP, SO₂ y NO_x en forma gradual, logrando en zonas del país cumplir con las normas de calidad del aire vigentes.



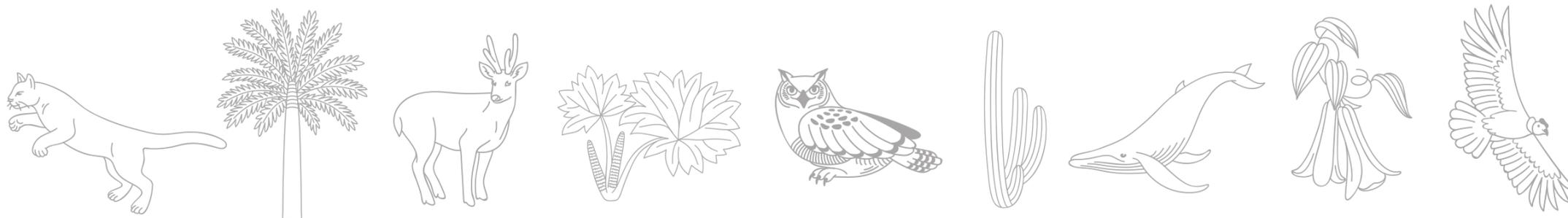


Comité Operativo Ampliado

Revisión de la Norma de emisión de Centrales Termoeléctricas

División de Calidad del Aire

8 de junio 2021



Convocatoria COA

- Carta N° 210275 del 22 de enero de 2021, MMA
- Despacho se realizó:
 - oficinadepartesmma@mma.gob.cl, 28 de enero de 2021
 - German.Venegas@mma.gob.cl, del 22 de marzo de 2021.

Resumen

Focalización de actores	Cupos acordados en comité operativo	Respuesta a Carta N° 210275
Sector regulado y afines	11	9 Coordinador Eléctrico Nacional, Generadoras de Chile, GPM AG, Aes Gener, Enel Generación, Colbún, Engie, Generadora Metropolitana y Bioenergías Forestales.
Municipalidades	2	1 Asociación Chilena de Municipios (AChM):
Sociedad civil territorial	6	5 CRAS- Huasco, CRAS Coronel, Organizaciones Sociedad Civil Zona Norte, Centro y Sur
ONGs	4	2 Fundación Terram y Programa Chile Sustentable
Academia	5	1 Pontificia Universidad Católica de Chile - Departamento de Salud Pública y Medicina Familiar
Consultoras	1	0

Integrantes

- Coordinador Eléctrico Nacional: Marco Quezada
- Generadoras de Chile: Nicolás Westenenk
- GPM AG: Danilo Zurita
- AES GENER: Cristian A. Araneda Oyaneder y en su reemplazo Pablo Bonert Devia
- ENEL GENERACIÓN : Claudia Cerda Luco
- COLBÚN: Rodolfo Granifo Vásquez
- ENGIE : Daniel Horta
- Generadora Metropolitana: Juan Eduardo Gallardo
- BIOENERGÍAS FORESTALES: Sandra Riquelme
- Asociación Chilena de Municipios (AChM): Victor Vilche
- Organizaciones Sociedad Civil Zona Norte: Víctor Silva Gallardo (Antofagasta) y Manuel Carvajal (Mejillones).
- Organizaciones Sociedad Civil Zona Centro (Llay-Llay): Ariel Muñoz, ariel.munoz@pucv.cl y en su reemplazo Ana María Córdova o Marcelo Mena.
- Organizaciones Sociedad Civil Zona Sur (Cabrero) y Consejo para la Recuperación Ambiental y Social (CRAS) de Coronel: Manuel Gutierrez Aburto
- Fundación Terram: Christian Paredes Letelier
- Programa Chile Sustentable: Claudia Fuentes y en su reemplazo Pamela Poo
- Pontificia Universidad Católica de Chile - Departamento de Salud Pública y Medicina Familiar: Sandra Cortes, scortesn@uc.cl
- Organización Mejiambiente: Maria Brevis como titular y Luis Díaz como suplente.

No se cuenta con respuesta de:

- TAMAKA ENERGÍA
- ARAUCO BIOENERGÍA
- Asociación de Municipalidades de Chile (AMUCH)
- Consejo para la Recuperación Ambiental y Social (CRAS) de Quintero y Puchuncaví
- Red de Acción por los Derechos Ambientales “RADA”
- Universidad de Chile – Escuela de Salud Pública Dr. Salvador Allende
- Centro de Desarrollo Urbano Sostenible CEDEUS, Centro de Innovación Energética (CIE)
- Centro de Energía de la Universidad Católica
- Inodú Chile.

